

Міністерство освіти і науки України

Центральноукраїнський національний технічний університет

Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

“Допустити до захисту”

Зав. кафедри БДМБ канд. техн. наук, проф.

_____ В.Настоящий

"____" _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ОСВІТНЬО-КВАЛІФІКАЦІЙНОГО РІВНЯ

«МАГІСТР»

на тему «Дослідження металевих конструкцій виробничого приміщення Полтавського ГЗК з метою оптимізації параметрів»

Виконав: магістрант 2 курсу, групи БІ-20М(1,4)
спеціальності 192 “Будівництво та цивільна
інженерія”

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Онипенко В.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник проф.Настоящий В.А.

(прізвище та ініціали)

Кропивницький

2021

Центральноукраїнський національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва та транспорту
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 192 “Будівництво та цивільна інженерія”
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри, проф.
В. Настоящий
“___” _____ 2021 року.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ

Онипенко Віталію Романовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Дослідження металевих конструкцій виробничого приміщення
Полтавського ГЗК з метою оптимізації параметрів
керівник проекту к.т.н., проф. Настоящий В.А.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “___” ___ 2021 __ року №_

2. Строк подання студентом проекту 5. 12 2021 року.

3. Вихідні дані до проекту

1. Район будівництва – м. Горишні Плавні Полтавської обл.

2. Об'єкт дослідження – металева ферма каркасу цеху ремонту видобувного та збагачувального обладнання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити).

1.Обґрунтування об'ємно-планувального та конструктивного рішення будівлі.

2. Аналітичне дослідження напруженого й деформованого стану металевої ферми каркасу будівлі цеху , комп'ютерне моделювання ферми в середовищі САПР «Solid works» визначення перерізів, вибір та проектування оптимального варіанту металевої ферми.

3.Техніко - економічне обґрунтування прийнятих рішень.

4.Розробка заходів з охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Генеральний план. 2.Розрахункові схеми та модель металевого каркасу,
що досліджується. 3.Результати досліджень металевої ферми в середовищі
Solid works. 4. Металевий каркас будівлі, що досліджується та оптимізується.
5.Креслення оптимізованої конструкції металевої ферми.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Архітектурно-будівельний	доц. Яцун В.В.		
Дослідницький	проф. Настоящий В.А.		
Економічний	к.е.н. доц.Харченко І.В.		
Охорона праці	к.т.н. доц.Лізунков О.В.		

7. Дата видачі завдання 5 09 2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	примітка
1.	Обґрунтування об'ємно-планувального та конструктивного рішення будівлі.	10 09.-14 09.	
2.	Моделювання та дослідження несучих конструкцій, визначення перерізів	15 09.-27 09.	
3.	Проектування будівельних конструкцій	28 09.- 7 10.	
4.	Розробка архітектурно-будівельних креслень	8 10.-19 10.	
5.	Розробка креслень з дослідницького розділу	20 10.-2 11.	
6.	Розробка креслень оптимізованих металевих конструкцій	3 11-14 11.	
7.	Складання кошторисів до економічного розділу.	15 11.-19 11.	
8.	Розробка заходів з охорони праці.	20 11.-22 11.	
9.	Оформлення альбому документів.	23 11.-1 12.	

Студент

(підпис)

В.Онипенко
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

В. Настоящий
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

В сучасних умовах розвиток вітчизняного гірничо-видобувного комплексу являється важливою складовою економічного розвитку нашої держави.

«Полтавський ГЗК» є одними з лідерів індустрії. Вже понад 50 років він є одним з найбільших в світі постачальників залізорудних окатків, які використовуються в чорній металургії при виробництві сталі.

З метою отримання конкурентних переваг ПрАТ «Полтавський ГЗК» на зовнішньому та внутрішньому ринках залізорудної сировини планується будівництво комплексу прес-фільтрації цеху виробництва окатів комплексу по фільтрації і складуванню залізорудного концентрату дробильно-збагачувальної фабрики та цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання».[1]

Враховуючи важки умови роботи видобувного обладнання навіть за невеликий термін потреба в ремонті набуває великої актуальності.

Тому об'єктом дослідження в даній кваліфікаційній магістерській роботі є несучі конструкції цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання на Полтавському ГЗК.

Наукова робота полягала в дослідженні металевих конструкцій цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання та визначенні нових конструктивних рішень і виборі варіантів поперечних перетинів несучих ферм покрівлі цеху.

					ДМК 017 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ Докум	Підпис	Дата					
Виконав	Онипенко				Дослідження металевих конструкцій виробничого приміщення Полтавського ГЗК Пояснювальна записка.				
Керівник	Настоящий								
Н. Контр.	Дарієнко				ЦНТУ зр. БІ-20М(1,4)				
Зав.кафед	Настоящий								
					Літ.	Лист	Листів		
					і		1		

Мета дослідження. Оцінити доцільність використання обраних сортаментних профілів ферм покрівлі цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання на Полтавському ГЗК за допомогою сучасних методів автоматичного проектування з використанням програмного комплексу SolidWorks.

Метою роботи є зменшення маси ферми зі збереженням допустимих параметрів стійкості та міцності металоконструкцій цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання на Полтавському ГЗК та порівняння розрахунків ферми з прямими та похилими поясами.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Обрана тема проектної роботи відповідає профілю спеціальності "Будівництво та цивільна інженерія", а дослідження й нормування навантажень на будівлі є одним з напрямів наукової роботи кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва.

Задачі дослідження:

- обґрунтувати й розробити архітектурно-конструктивне рішення об'єкта;
- визначити розрахункові значення навантаження на металеві конструкції ;
- запроектувати кроквяну ферму з урахуванням дії технологічних і кліматичних навантажень, визначених за ДБН для умов Горишних Плавнів;
- проаналізувати напружено-деформований стан елементів сталеві ферми аналітичними розрахунками та в середовищі САПР «Solid works 2013»;
- використати САПР «Solid works 2013» для визначення нових конструктивних рішень і вибору варіантів поперечних перетинів сталеві ферми покрівлі цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання в місті Горишні Плавні при збереженням допустимих параметрів стійкості та міцності.

Об'єкт дослідження – елементи сталевих конструкцій виробничого приміщення цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Предмет дослідження – визначення напружено-деформованого стану елементів сталевих конструкцій цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання.

Методи дослідження – розрахунок в середовищі САПР «Solid works 2013» несучих сталевих конструкцій цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання.

Практичне значення одержаних результатів:

- отримані уточнені розрахункові значення перерізів металевих ферм та запропоновані проектні рішення перекриття корпусу цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання з використанням ферм із зниженими масовими характеристиками.

1. Архітектурно-будівельний розділ

1.1. Характеристика умов району будівництва

1.1.1. Географічне положення району будівництва

Кременчуцький залізорудний район, що має друге місце в Україні щодо запасів залізорудної сировини (4,5 млрд т) лежить коло Горішніх Плавнів. Він простягається в меридіональному напрямку на 45 км.» [1].

Родовища залізної руди (Кременчуцька магнітна аномалія) розташовані у південно-західній частині Полтавської області на лівобережжі Дніпра. Для видобутку залізної руди побудовано Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат (ПГЗК). Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат розташований зі східного та північного боків від м. Горішні Плавні на березі Дніпра.

Основний майданчик ПрАТ «Полтавський ГЗК» межує: - з північного боку з власним кар'єром на відстані 1,5 км. - зі східного боку з власними відстійниками та ріллею

До складу Полтавського ГЗК входять такі підрозділи: гірничий цех, дробильно-сортувальна фабрика, рудо-збагачувальна фабрика, фабрика окатишів, механічна служба, транспортний цех, допоміжні служби.

«Розміщення цехів виконане з урахуванням напрямку розбиття виробничого процесу і забезпеченням на транспортні операції між цехами. Цехи випускаючі кінцеву продукцію розміщені поблизу залізничної вітки, що полегшує відвантаження.» [2]

1.1.2. Характеристика кліматичних та природних умов району будівництва

«Для території, де розташовано місто Горішні Плавні, характерний помірно-континентальний клімат.. Тривалість сонячного сяйва — 1970 годин на рік. Середньорічна температура повітря +8,1 С; середня

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

температура повітря в січні — -6 С, в липні +21,5 С; тривалість безморозного періоду — 182 дні; середня кількість опадів — 480 мм на рік; коефіцієнт зволоження — 0,6.»[1]

Швидкісний напір вітру 0,47 кПа (47 кгс/м²).

1.1.3.Наявність мережі автомобільних доріг і залізниць, джерел забезпечення електроенергією, водою та паливом

« Найближча житлова забудова (від межі відстійників) – с. Салівка на відстані 1,4 км; - з західного боку з ТОВ «Феррострой» на відстані 60 м. Найближча житлова забудова – житлові будинки по вул. Портовій м. Горішні Плавні (від межі підприємства на відстані 850 м, від основних джерел викидів на відстані 1,4 км; 4 - з південного боку з власним річковим вантажним портом та заводом силікатних виробів. Річковий порт розташований на заплаві р. Дніпро» [2].

Під'їзди та підходи до площадки запроектовано з боку вул. Будівельників

1.2. Генеральний план

1.2.1. Розміщення та орієнтація будівель на ділянці, їх горизонтальна прив'язка

- На території будівництва цеху для ремонту видобувного та збагачувального обладнання запроектовані:
- склад металу, заготівель і напівфабрикатів,;
- механічна ділянка;
- складально-зварювальна ділянка,
- склад готової продукції.
- два металевих протипожежних резервуари ємністю 81 м³ кожний;
- надвірна вбиральня на два вічка ;

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

- майданчик з трьома металевими контейнерами для відходів ємністю 1,0 м³;
- контрольно-пропускний пункт;
- металевий вигріб для побутових стоків;
- адміністративно-побутовий корпус (2 поверхи);
- їдальня (2 поверхи);
- стоянка для особистого автотранспорту.

Інші дані дивись на кресленні генплану.

З метою можливості кооперування деяких допоміжних виробництв, скорочення витрат на створення виробничої інфраструктури розміщення цеху передбачено в створюваній промисловій зоні міста м. Горішні Плавні в північній його окраїні на площадці зі спокійним рельєфом, що має незначний ухил у бік від селищної зони.

1.2.2. Техніко-економічні показники генплану:

- площа ділянки – 4,4 га;
- площа забудови – 13672 м²;
- доріг, проїздів і майданчиків із твердим покриттям – 7789 м²;
- щільність забудови – 16,9%;
- процент озеленення – 22,6%;
- процент використання території – 0,736.
-

1.3. Об'ємно-планувальне вирішення будівлі

1.3.1. Опис функціонального (технологічного) процесу

Цех для ремонту видобувного та збагачувального обладнання входить в комплекс Полтавського ГЗК і розташований в місті Горішні Плавні.

Виходячи з вимог технології цех запроектований в одноповерховому виробничому будинку довжиною $l=48\text{м}$ з висотою до низу несущої конструкції покриття 18 м .

Проліт будівлі, що розглядається становить $L=24\text{ м}$. Крок колон $B=6\text{ м}$. Позначка підкранового рельсу $+5,800$. В якості конструкцій покриття передбачаються металеві ферми з прямими поясами та похилими поясами висотою $h=3,06\text{м}$ і ухилом $i=1,5\%$.

1.3.2. Організація технологічного процесу

У цеху розміщені склад металу, механічна ділянка, складально-зварювальна ділянка (таблиця 1.1).

Технологічний процес організовано уздовж прольотів. Переміщення заготівель уздовж прольотів виробляється за допомогою мостових кранів вантажопід'ємністю 30 т . Поперечне переміщення вантажів виробляється за допомогою рейкових візків.

У цеху виготовляються різні металеві деталі.

Метал зі складу після його травлення надходить на обробку на механічну ділянку. Підготовлені вузли і деталі, а також напівфабрикати зі складу надходять у складально-зварювальну ділянку де виготовляються вузли для кожного виду виробу організують ся спеціалізовані стенди або поточно-механізовані лінії автоматичного зварювання і зборки вузлів і деталей обладнаних підйомно-транспортними механізмами.

					ДМК 017 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата		

Таблиця 1.1- Склад приміщень цеху ремонту видобувного та збагачувального обладнання

№ п/п	Найменування	Площа, м ²	Категор. приміщ.
1	Відділення для складально-зварювальна робіт	18,5	Г
2	Відділення слюсарних робіт	17,5	Д
3	Відділення механічних робіт	1080	Д
4	Кімната майстра	17,5	-
5	Гардероб	17,5	-
6	Санвузол	9,2	-

Технологічний процес ремонту обладнання складається із слідуєчи операцій і переходів:

- надходження обладнання автотранспортом або на технологічному возику з місця зберігання в приміщення відділення;
- виявлення дефектів і розбирання на вузли і агрегати за допомогою мостового електричного крану вантажопідйомністю Q=30 тон;

Після цього заготовлі надходять на обробку, пресовий ділянку або механічну ділянку. Підготовлені вузли і деталі, а також напівфабрикати зі складу надходять у складально-зварювальну ділянку де виготовляються вузли для кожного виду виробу організуються спеціалізовані стенди або поточно-механізовані лінії автоматичного зварювання і зборки вузлів і деталей обладнаних підйомно-транспортними механізмами. Механічна верстатна обробка і межопераціна зборка виробів виробляється в механічному відділенні. При виготовленні виробів у блоковому виконанні і вузловій зборці виробляється на складальних плитах, стендах, загальна контрольна зборка чи іспит обкатування – на спеціальних стендах.

Після контрольної зборки виробу демонтується на вузли і відправляються на фарбування.

Режим роботи цеху – двозмінний. Основні виробничі процеси по санітарній характеристиці відносяться до груп 1б, 1у, 2б.

По пожежній небезпеці усе виробництво крім фарбувального відноситься до II категорії.

1.3.2. Опис і обґрунтування об'ємно-планувального рішення

Цех виходячи з вимог технології ремонту та механічної обробки запроектований в одноповерховому виробничому будинку, що являє прямокутну в плані будівлю 48х24 метри в осях з висотою до низу несущої конструкції покриття 18 м.

Довжина будівлі складає $l=48\text{м}$, проліт будівлі становить $L=24\text{ м}$. Крок колон $B=6\text{ м}$.

Планування приміщень відповідає технологічним вимогам.

Ступінь вогнестійкості будівлі – Д.

Ступінь відповідальності – II.

Архітектурно-планувальна схема цеху складається з восьми шестиметрових прольотів, з наскрізним проїздом для вантажних автомашин та з мостовим краном, що переміщується для транспортування, розвантаження та завантаження обладнання та його комплектуючих вузлів.

1.3.4. Техніко-конструктивні показники будівлі

- 1) площа забудови – 1245 м^2 ;
- 2) корисна площа – $1127,8\text{ м}^2$;
- 3) загальна площа - 1162 м^2 ;
- 4) площа приміщень основного призначення – $1126,8\text{ м}^2$;
- 5) будівельний об'єм – 16190 м^3 ;
- 6) показник доцільності планування будівлі - $K_1 = \text{п.4}/\text{п.2}=0,98$;
- 7) показник ефективності використання об'єму будівлі -

$$K_2 = \text{п.6}/\text{п.2}=14,4;$$

						ДМК 017 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата			

1.4. Конструктивне вирішення будівлі

1.4.1. Вибір конструктивної схеми будівлі цеху ремонту видобувного та збагачувального обладнання

У відповідності до завдання розроблено індивідуальний проект цеху ремонту видобувного та збагачувального обладнання для будівництва в II-му кліматичному районі зі звичайними вимогами будівництва.

Архітектурно-планувальна схема проектованого цеху ремонту видобувного та збагачувального обладнання складається з одного 24-метрового прольоту, де передбачено використання мостового крану та наскрізний проїзд вантажних автомашин.

1.4.2. Опис і обґрунтування несучих та огорожуючих конструкцій

Колони цеху виходячи з його висоти і кранового навантаження приймаються двохгілкові металеві східчасті з верхньою частиною зі звареного двотавра та нижньою решітчастою частиною. Колона складається з двох частин: нижньої (підкранової) та верхньої (надкранової). З'єднання частин здійснюється зварюванням при монтажі. Кінцевий вибір перерізів колон здійснюємо на підставі розрахунків. Відмітка верха консолі колони прийнята 9700 мм.

Відмітка низу підкранової балки прийнята згідно з рекомендаціями +4,400 м., а відмітка головки рельса +5,600. Колони для промислової будівлі встановлені з кроком 6 м [3].

Висота підкранової балки для кранів вантажопід'ємністю 30 т прийнята 1600 мм [3].

В якості несучих конструкцій покриття приймається кроквяні ферми з паралельними поясами з прольотом 24 м, що відповідає прольоту будівлі (9 шт.). Ферми складено з двох елементів, що являються дзеркальним

					ДМК 017 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата		

відображенням. Верхній і нижній пояса ферми рекомендовано виконувати з низьколегованої сталі, стійки і розкоси з углеродистої сталі.

По прогонах зі швелерів влаштовано профільований металевий настил, який утворює покриття будівлі.

По профільованому настилу в якості утеплювача вкладається базальтова вата „ROCKMIN”.

Гідроізоляція покрівлі влаштовується трьома шарами гідроізоли загальною товщиною $b=20$ мм на бітумній мастиці.

Посередині будівлі влаштовано хрестові в'язі по сталевим колонам з кроком 6 м [4].

Для цеху ремонту видобувного та збагачувального обладнання передбачено використання стінової огорожі із конструкцій типу сандвіч - панелі, яка влаштована двома листами профільованого металевих настилу, між якими встановлюється ефективний утеплювач, наприклад базальтова вата „ROCKMIN” , товщиною шару якої приймається згідно теплотехнічного розрахунку. Вся конструкція сандвіч-панелі за допомогою ригелів із гнутих швелерних перерізів кріпиться до несучих або до фахверкових колон [5].

Ворота – розсувні з механізованим відкриванням ВР 42×42 для автомобільного транспорту [3].

Фундаменти будівлі цеху передбачено з монолітного залізобетону.

Підлоги – у відділеннях холодної обробки – бетонні, з бетонних плит, торцеві; у зборочно - зварювальному відділенні – асфальтобетонні, у відділенні очищення металу – з кислототривкої цегли на бітумній мастиці, на складі металу – бетонні [3].

.

1.5. Теплотехнічний розрахунок покриття цеху.

1.5.1. На рис. 1.1. наведена схема до теплотехнічного розрахунку покриття цеху для ремонту видобувного та збагачувального обладнання

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

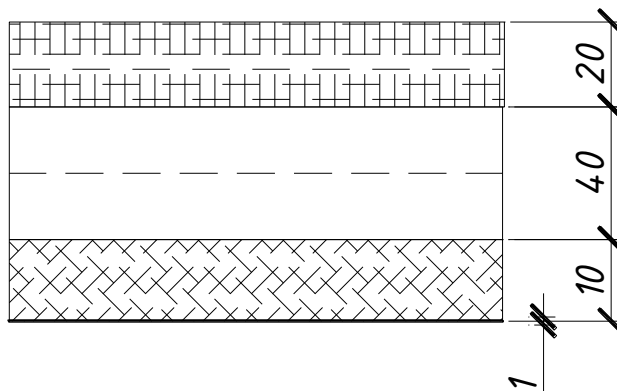


Рис. 1.1 – Схема до теплотехнічного розрахунку покриття цеху для ремонту видобувного та збагачувального обладнання

1.5.2. Вхідні дані для теплотехнічного розрахунку покриття цеху для ремонту видобувного та збагачувального обладнання:

м. Горішні Плавні Полтавської області за [7] відносимо будівлю до III групи, для якої $t_{\theta} = 20^{\circ}\text{C}$, $\varphi \leq 45\%$; вологісний режим приміщення за ([7], стр.3, табл.1) – сухий; «зона вологості для м. Горішні Плавні Полтавської області – нормальна; значення температурного перепаду становить $\Delta t^H = 12^{\circ}\text{C}$ » [7], стр.58, табл. 1.23); умови експлуатації покриття за ([7], стр.18, додат.2) становлять: “А”.

1.5.3. Вибір матеріалів для конструкції покриття цеху для ремонту видобувного та збагачувального обладнання:

Конструкцію покриття цеху передбачаємо з наступних шарів: металевий профнастил, утеплювач, вирівнюючий шар (цементно-піщана армована металевою сіткою стяжка), гідроізоляційний килим, шар гравію. У якості утеплювача, як і для стінових сандвіч – панелей приймаємо базальтову вату „ROCKMIN”, товщину шару якої і потрібно визначити.

Зводимо необхідні дані у табличній формі ([7], стр.18, додат.3):

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Таблиця 1.2 – Основні параметри складових покриття

№ шару	Назва шару	Товщина шару $\delta, \text{мм}$	Теплопровідність $\lambda, \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	Теплозасвоєння $s, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
1	Профнастил	-	-	-
2	Утеплювач базальтова вата - „ROCKMIN”	Шукана величина	0,06	0,86
3	Цементно – піщана армована стяжка	40	0,76	9,6
4	Гідроізоляційний килим (гідроізол)	20	0,17	3,53

1.5.4. Теплотехнічний розрахунок покриття виконуємо за ([6])

а) Необхідний опір теплопередачі покриття визначаємо за формулою:

$$R_0^{mp} = \frac{n \cdot (t_e - t_n)}{\Delta t^H \cdot \alpha_e}, \text{ де}$$

n - коефіцієнт, який враховує положення огорожуючої конструкції по відношенню до зовнішнього повітря. Приймаємо для конструктивної схеми будівлі за ([3] табл.3*): $n=1$.

t_e - розрахункова температура внутрішнього повітря. Приймаємо для промислової будівлі: $t_e = 16^\circ\text{C}$.

t_n - розрахункова зимова температура зовнішнього повітря для умов м. Горишні Плавні.

Δt^H - нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої покриття.

Приймаємо для промислової будівлі: $\Delta t^H = 12^\circ\text{C}$.

$\alpha_{\text{в}}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкції покриття.

Приймаємо за ([7]табл.4*): $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

б) Визначаємо термічні опори двох шарів 3 і 4 покриття за [7]:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \text{ де}$$

δ - товщина шару, м

λ - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$

Шар 3:

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,040}{0,76} = 0,053 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Шар 4:

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,020}{0,17} = 0,12 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Згідно рекомендацій [7] призначаємо інерційність стінової конструкції тобто вважаємо конструкцію безінерційною $D < 1,5$.

в) Приймаємо за розрахункову температуру $t_{\text{н}}$, середню температуру найбільш холодної доби забезпеченістю 0,98 . Для м. Горишні Плавні ця температура за [7] становить $t_{\text{н}} = -30^\circ\text{C}$. Відповідно

$$R_0^{\text{мр}} = \frac{1 \cdot (16 - (-30))}{12 \cdot 8,7} = 0,441 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}};$$

г) Опір теплопередачі конструкції покрівлі визначаємо за [7]:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \text{ де}$$

$\alpha_{\text{н}}$ - коефіцієнт тепловіддачі (для зимових умов м. Горишні Плавні)

зовнішньої поверхні конструкції покрівлі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$,

який приймаємо за

([9]табл.6*) $\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

При цьому повинна виконуватись умова [9]:

						ДМК 017 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата			

$$R_0 \geq R_0^{mp},$$

Виконавши розрахунки отримаємо:

$$\delta_2 = \lambda_2 \left(R_0^{mp} - \left(\frac{1}{\alpha_s} + R_3 + R_4 + \frac{1}{\alpha_H} \right) \right) = 0.06 \left(0.441 - \left(\frac{1}{8.7} + 0.053 + 0.12 + \frac{1}{23} \right) \right) = 0.0067 \text{ м} = 0.67 \text{ см}$$

Розрахункова товщина утеплювача становить 0.67.

Приймаємо товщину утеплювача 100 мм [9].

д) Визначаємо термічні опори 2-го шару покриття:

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0.01}{0.06} = 0.1667 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Виконавши розрахунки отримаємо

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_s} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8.7} + 0.1667 + 0.053 + 0.12 + \frac{1}{23} = 0.495 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} > R_0^{mp} = 0.441 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

є) Перевіряємо теплову інерцію D конструкції покрівлі за [9]:

$$D = R_2 \cdot s_2 + R_3 \cdot s_3 + R_4 \cdot s_4, \text{ де}$$

R_2, R_3, R_4 - термічні опори шарів 2,3,4.

$$D = 0.1667 \cdot 0.86 + 0.053 \cdot 9.6 + 0.12 \cdot 3.53 = 1.064 < 1.5$$

Висновок: товщина утеплювача покрівлі задовольняє умовам теплозбереження.

1.6. Антикорозійний захист.

Спосіб антикорозійного захисту несущих і огорожуючих металевих конструкцій вибираємо в залежності від ступеня агресивності внутрішнього і зовнішнього середовища цеху для ремонту видобувного та збагачувального обладнання, що може бути оцінена по корозійній стійкості матеріалів, які використовуються для захисту металевих конструкцій.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

З огляду на, що технологія ремонту металоконструкцій практично не супроводжується виділенням великої кількості газів і вологи основної причини корозії на відкритому повітрі, під навісом і усередині приміщень. На території цеху в процесі виробництва виділяються гази: вуглекислий (з концентрацією не більш 1000 мг/м^3 , сірководень (з концентрацією не більш 3 мг/м^3), що по групі агресивності газів відповідає групі Б.

Виходячи з того, що відносна вологість у приміщенні цеху не перевищує 70%, місто м. Горішні Плавні Полтавської області розташовано у зоні нормальної вологості , а також групу агресивності газів (Б) ступінь агресивного впливу на конструкції на відкритому повітрі може бути віднесена до посередньоагресивній , а усередині приміщень – до малоагресивній [10].

Виходячи з визначеного ступеня агресивного впливу середовища на конструкцію як основний спосіб захисту від корозії вибираємо лакофарбове покриття усередині приміщень з емалі ПФ-115 по ґрунті в два шари:

зовні – з емалі УР-175 у два шари по ґрунтовці УР-012 [10].

					ДМК 017 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата		

2. Розрахунково-дослідницький розділ.

2.1 Компонування каркасу будівлі цеху для ремонту видобувного та збагачувального обладнання

2.1.1 Вертикальні розміри металевої рами цеху

Прив'язка крайніх колон цеху до поперечника за рекомендаціями [3] складає $v_x = 250 \text{ мм}$

Ширину верхньої частини колони цеху приймаємо $vv \geq 1/12\lambda v$

Установлюємо вертикальні розміри за рекомендаціями [11]:

За нуль приймаємо рівень чистої підлоги.

Вертикальні розміри рами цеху узгоджуємо з технологічними умовами виробництва, габаритами механообробного обладнання і під'ємно-транспортних машин. Для забезпечення нормальної експлуатації мостових кранів встановлюємо відстань від рівня підлоги до головки кранового рельсу h_1 і відстань від головки кранового рельсу до низу несучих конструкцій покриття h_2 [4].

Для визначення геометричних розмірів поперечної рами будівлі цеху зводимо в таблицю 2.1 розміри мостових кранів вантажопідйомністю 300 кН [14].

Таблиця 2.1 - Характеристики мостового крану 30/10

Вантажопідємність крана., Q кН.		Проліт будівлі, м	Розміри, мм				Тиск коліс крану, кН		Маса, кН		Тип підк. рельсу
Головн .	Допом.		h_k	B_1	B_2	K	P_1	P_2	візка	Крану з візком	
крюк											
300	50		24	2750	300	6300	5100	315	325	120	

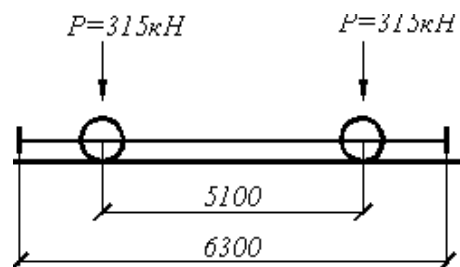


Рисунок 2.1 – Схема до визначення навантажень та розмірів мостового крану вантажопідйомністю 30 Т.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата	ДМК 017 ПЗ						Ст.
-----	------	----------	---------	------	------------	--	--	--	--	--	-----

Розмір відстані від головки кранового рельсу до низу несучих конструкцій покриття h_2 визначається габаритними розмірами мостового крану і розмірами металевих несучих конструкцій цеху [4]:

$$h_2 = (h_k + 100) + a, \text{ де}$$

$(h_k + 100)$ мм – габаритний розмір від головки кранового рельсу до верхньої точки візка крану з урахуванням встановленого за вимогами техніки безпеки зазору між цією точкою і несучими конструкціями покрівлі, який дорівнює 100 мм.

$a = 200 - 400$ мм – розмір, який враховує прогин кроквяної конструкції.

Відповідно:

$$h_2 = (2750 + 100) + 200 = 3050 \text{ мм.}$$

Корисна висота цеху будівлі цеху для ремонту видобувного та збагачувального обладнання складатиме (рис.2.2):

$$H = h_1 + h_2 = 5600 + 3050 = 8650 \approx 8700 \text{ мм}$$

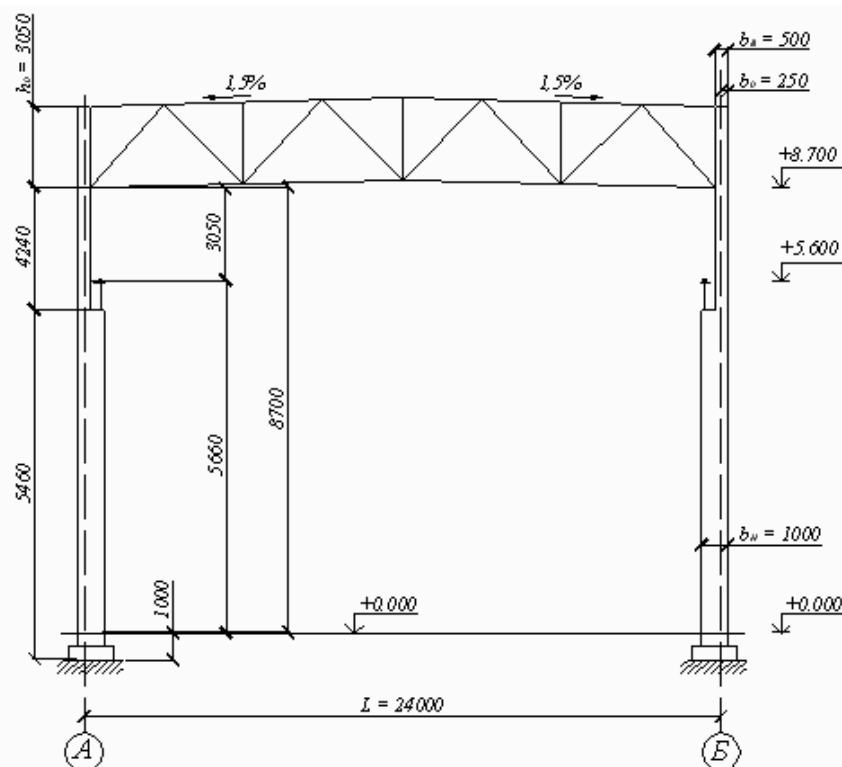


Рисунок 2.2 – Розріз будівлі цеху для ремонту видобувного та збагачувального обладнання.

Відповідно розмірам будівлі цеху встановлюємо розміри нижньої та верхньої частини колони [11]:

$$h_{\text{г}} = h_2 + h_p + h_{\text{н.б.}}, \text{ де}$$
$$h_{\text{н}} = H - h_{\text{г}} + h_{\text{заг}}$$

$h_{\text{г}}, h_{\text{н}}$ – розміри верхньої та нижньої частини колони.

$h_{\text{н.б.}}$ – висота підкранової балки, за рекомендаціями [10] попередньо приймаємо рівною $\left(\frac{1}{6} \dots \frac{1}{10}\right) \cdot B$,

Відповідно $h_{\text{н.б.}} = 1070 \text{ мм}$.

За рекомендаціями [10] приймаємо для пересування мостового крану крановий рельс КР-70, з висотою $h_p = 120 \text{ мм}$.

$h_{\text{заг}}$ – відстань від чистої підлоги до нижньої опори колони.
 $h_{\text{заг}} = 1000 \text{ мм}$.

Відповідно:

$$h_{\text{г}} = 3050 + 120 + 1070 = 4240 \text{ мм}$$

$$h_{\text{н}} = 8700 - 4240 + 1000 = 5460 \text{ мм}$$

Загальна висота колони становить:

$$h = h_{\text{г}} + h_{\text{н}} = 4240 + 5460 = 9700 \text{ мм}.$$

2.1.2 Горизонтальні розміри поперечної рами будівлі цеху

Горизонталі розміри прив'язують к повздовжнім осям будівлі цеху. Відстань b_0 від зовнішньої грані колони крайнього ряду цеху до повздовжньої осі будівлі цеху згідно рекомендацій приймаємо $b_0 = 250 \text{ мм}$ [4].

З умов необхідної жорсткості ширина верхньої частини колони не повинна бути менше ніж $b_{\text{г}} \geq \frac{1}{12} \cdot h_{\text{г}}$ [4]. Приймаємо $b_{\text{г}} = 500 \text{ мм}$, та перевіряємо виконання цієї умови:

$$b_{\text{г}} = 500 \text{ мм} > \frac{4240}{12} = 353 \text{ мм}.$$

Умова виконується.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

При суміщенні вісі підкранової гілки колони з віссю підкранової балки ширина нижньої частини колони складає [11]:

$$b_n = \lambda + b_0, \text{ де}$$

λ – відстань від вісі підкранової балки до вісі колони. Для крану вантажопідйомністю $Q = 30t$ приймаємо $\lambda = 750 \text{ мм}$. Відповідно ширина нижньої частини колони:

$$b_n = 750 + 250 = 1000 \text{ мм}.$$

Ширину нижньої частини колони приймають з умови забезпечення жорсткості рамного поперечника в поперечному напрямку, для цього необхідно виконання умови $b_n \geq \frac{1}{20} \cdot h$ [11].

$$b_n = 1000 \text{ мм} > \frac{9700}{20} = 485 \text{ мм}$$

Відповідно умова жорсткості рамного поперечника в поперечному напрямку виконується.

Проліт мостового крана дорівнює:

$$L_k = L - 2 \cdot \lambda = 24000 - 2 \cdot 750 = 22500 \text{ мм}.$$

2.2 Збір навантажень на поперечну раму цеху.

Основна несуча конструкція цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання – поперечна рама – сприймає наступні навантаження: постійні – від ваги огорожуючих і несучих конструкцій будівлі; тимчасові – технологічні і кліматичні [12].

2.2.1 Постійне навантаження на поперечну раму цеху

Розрахункове навантаження від ваги покриття, яке приймається в залежності від прийнятої конструкції для цеху, що досліджується, зводимо у таблицю 2.2

					ДМК 017 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата		

Таблиця 2.2 - Навантаження від ваги покриття

Склад навантаження	Нормативне навантаження, кПа	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове навантаження, кПа
Металевий прогон із швелеру № 18	0,18	1,05	0,19
Профільований настил	0,09	1,05	0,1
Пароізоляція з шару рубероїду	0,05	1,2	0,06
Базальтова вата ROCKMIN щільністю $\rho = 35 \text{ кг/м}^3$, $\delta = 20 \text{ мм}$	0,4	1,2	0,48
Вирівнюючий шар з цементного розчину $\delta = 20 \text{ мм}$	0,4	1,3	0,52
Гідроізоляція з 3 шарів рубероїду на мастиці	0,15	1,2	0,18
Захисний шар з гравія, який втоплений в мастику $\delta = 15 \text{ мм}$	0,3	1,3	0,39
Кров'яна ферма з в'язями	0,3	1,05	0,32
Σq_0	1.99		2.41

Розрахункове лінійне навантаження на ригель рами q визначаємо як добуток значення розрахункового навантаження q_0 на ширину вантажної площі B [13]:

$$q = (q_0 + q_{\text{пр}}) \cdot B = (2,41 + 1,304) \cdot 6 = 22,3 \text{ кН/м}$$

2.2.2. Визначення тимчасового навантаження на раму цеху

Тимчасове навантаження визначається трьома складовими: навантаження від снігу, навантаження від вітру, навантаження технологічні (в нашому випадку від впливу мостового крану) [14].

2.2.3. Визначення навантаження від снігу

При розрахунку рамного поперечника навантаження від снігу розглядається як рівномірно розподілене по довжині крокви. Нормативне навантаження на 1 м^2 горизонтальної проекції покрівлі визначають за [12]:

$$s = s_0 \cdot \mu, \text{ де}$$

s_0 – вага снігового покриву на 1 м^2 горизонтальної поверхні. Приймається для Полтавської області згідно ([12], карта №1 і табл. №4) $s_0 = 1,4 \text{ кПа}$.

μ – коефіцієнт переходу від снігового навантаження на землі до навантаження на покриття, залежить від кута нахилу покриття
При нахилі покрівлі $0 \leq \alpha \leq 25^\circ$ $\mu = 1$, [12].

$$s = 1,4 \cdot 1 = 1,4 \text{ кПа}.$$

Відповідно розрахункове навантаження становить:

$$s = s_0 \cdot \mu \cdot \gamma_f = 1,4 \cdot 1 \cdot 1,4 = 1,96 \text{ кН/м}^2, \text{ де}$$

γ_f – коефіцієнт надійності за навантаженням.

Приймаємо для виробничої будівлі $\gamma_f = 1,4$.

Відповідно розрахункове навантаження на 1м крокви становить:

$$q_{cn} = s \cdot B = 1,96 \cdot 6 = 11,76 \text{ кН/м}.$$

2.2.4. Визначення навантаження від вітру

Навантаження від вітру визначаємо для навітряної частини (активний тиск q_a) та задвітряної частини будівлі (пасивний тиск q_n) [12].

$$\begin{aligned} q_a &= \gamma_f \cdot q_{екв} \cdot c^a \cdot w_0 \cdot B \\ q_n &= \gamma_f \cdot q_{екв} \cdot c^n \cdot w_0 \cdot B \end{aligned}, \text{ де}$$

γ_f – коефіцієнт надійності за навантаженням. За [12] приймаємо для виробничої будівлі $\gamma_f = 1,4$.

c_a, c_n – аеродинамічні коефіцієнти для активного і пасивного тисків відповідно. За [12] приймаємо $c_a = 0,8$, $c_n = 0,6$.

$q_{екв}$ – еквівалентний тиск, який залежить від висоти будівлі, для будівлі цеху висотою 12 м $q_{екв} = 1,1$.

w_0 – швидкісний напір вітру, який приймаємо за ([12], карта №3 і табл. №5).
Для умов Полтавської області $w_0 = 0,3 \text{ кПа}$.

Відповідно навантаження від вітру:

$$\begin{aligned} q_a &= 1,4 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,3 \cdot 6 = 2,22 \text{ кН/м} \\ q_n &= 1,4 \cdot 1,1 \cdot 0,6 \cdot 0,3 \cdot 6 = 1,66 \text{ кН/м} \end{aligned}$$

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

2.2.5. Визначення навантаження від мостових кранів

Вертикальний тиск на рамний поперечник від дії кранів розраховується для найневигіднішого випадку поздовжнього положенні коліс крана на підкранових балках, коли вони знаходяться за лініями впливу для колони. Розрахунковий тиск на колону, до якої наближається колесо візка крана, становить [14]:

$$D_{max} = \gamma_f \cdot \psi \cdot \gamma_d \cdot P \cdot \sum y + G_{n.б.}, \text{ де}$$

γ_f – коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням кранового навантаження ($\gamma_f = 1,1$);

$\gamma_n = 0,95$ – коефіцієнт надійності проекрованої будівлі за призначенням

γ_d – коефіцієнт надійності за навантаженням, для кранового навантаження приймаємо $\gamma_d = 1,1$.

ψ – коефіцієнт поєднання, враховує ймовірність появи одночасно найбільших навантажень на кранах. Приймаємо $\psi = 0,85$.

P – нормативний тиск колеса крану. Для крану 30/10 приймаємо

$$P = P_1 = 315 \text{ кН} [14]:$$

$\sum y$ – сума ординат ліній впливу для тиску коліс крана на колону. Приймаємо

$$\sum y = 1,9.$$

$G_{n.б.}$ – маса підкранової балки. Приймаємо [14] $G_{n.б.} = 48 \text{ кН}$.

Відповідно:

$$D_{max} = 1,1 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 315 \cdot 1,9 + 48 = 663,5 \text{ кН}$$

Розрахунковий тиск коліс крана на протилежну колону:

$$D_{max} = \gamma_f \cdot \psi \cdot \gamma_d \cdot P_{min} \cdot \sum y + G_{n.б.}, \text{ де}$$

P_{min} – мінімальний тиск колеса крана [14]:

$$P_{min} = \frac{Q + G_{кр}}{0,5 \cdot n_k} - P, \text{ де}$$

Q – вантажопідйомність крана 30/10. $Q = 300 \text{ кН}$ [14]

$G_{кр}$ – маса крана 30/10 з візком. $G_{кр} = 520 \text{ кН}$ [14].

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

n_k – кількість усіх коліс крана 30/10. $n_k = 4$ [14].

В результаті розрахунків отримуємо:

$$P_{\min} = \frac{300 + 520}{0,5 \cdot 4} - 315 = 95 \text{ кН}$$

$$D_{\min} = 1,1 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 95 \cdot 1,9 + 48 = 233,6 \text{ кН}.$$

Горизонтальні поперечні навантаження на колону рами будівлі цеху:

$$T_k = \frac{Q + G_k}{20 \cdot n'_0} \cdot \gamma_f \cdot \psi \cdot \gamma_d \cdot \sum y, \text{ де}$$

G_k – маса візка крана 30/10. $G_k = 180 \text{ кН}$ [14].

n'_0 – кількість гальмівних коліс візка крана 30/10 $n'_0 = 2$ [14].

Відповідно:

$$T_k = \frac{300 + 120}{20 \cdot 2} \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 1,873 = 10,5 \text{ кН}.$$

2.3. Комп'ютерне моделювання та дослідження металевої ферми

2.3.1 Аналітичне визначення внутрішніх зусиль в стержнях ферми

При аналітичному розрахунку приймаємо наступні допущення :

ферма з ухилом поясів 1,5% вважається при розрахунках фермою з паралельними поясами і відповідно розраховується;

з'єднання всіх стрижнів у вузлах вважається шарнірним [13].

Значення зусиль в стержнях ферми визначаємо методом вирізання вузлів [13].

Для визначення опорних реакцій ферми та зусилля в стержнях, приймаємо постійні навантаження на вузли ферми як одиночну силу $P=1$ та визначаємо від цього навантаження. Дійсне значення зусиль в стержнях визначається як добуток одиничного зусилля на дійсне значення сили P . Використовуємо симетрію ферми та виконуємо розрахунки для її половини, так як значення зусиль у симетричних стержнях будуть мати однакові значення.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Враховуємо, що кут нахилу розкосів до горизонтальної осі становить 45°

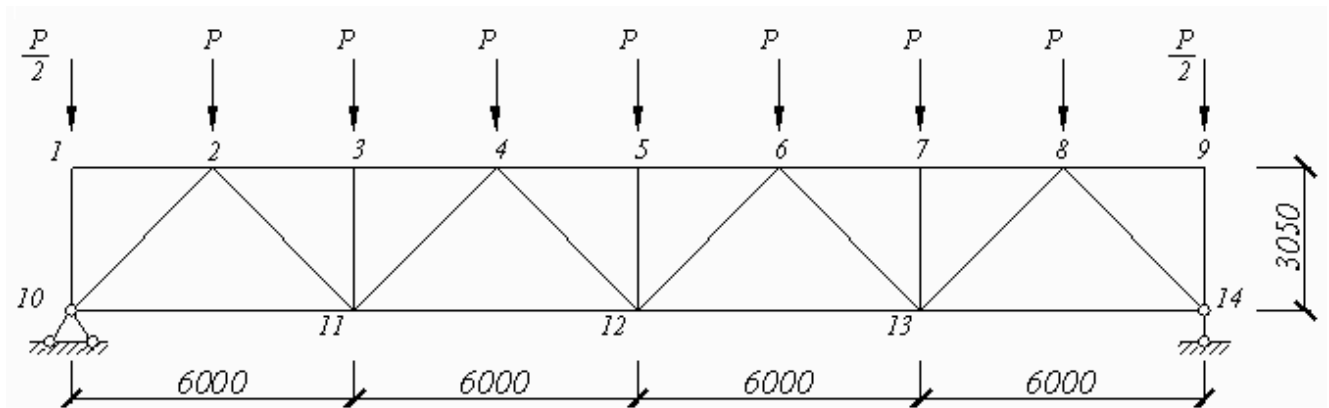


Рисунок 2.3 – Схема до визначення реакцій опор та зусиль у стрижнях кровляної ферми

$$R_{10} = R_{14} = 4 \cdot P, \text{ де}$$

$$P = (q + q_{ch}) \cdot b_{x-y} = (22,3 + 5,88) \cdot 3 = 84,54 \text{ кН}, \text{ де}$$

b_{x-y} – довжина горизонтальної проекції розкосу.

▪ Геометричні довжини стрижнів ферми:

$$\ell_{1-2} = \ell_{2-3} = \ell_{3-4} = \ell_{4-5} = \ell_{5-6} = \ell_{6-7} = \ell_{7-8} = \ell_{8-9} = 3 \text{ м}$$

$$\ell_{10-11} = \ell_{11-12} = \ell_{12-13} = \ell_{13-14} = 6 \text{ м}$$

$$\ell_{2-10} = \ell_{4-11} = \ell_{6-12} = \ell_{8-13} = \sqrt{b_{yz}^2 + (h_0 + b_{yz} \cdot \frac{i}{100})^2} = \sqrt{3^2 + (3,05 + 3 \cdot \frac{1,5}{100})^2} = 4,31 \text{ м}$$

$$\ell_{2-11} = \ell_{4-12} = \ell_{6-13} = \ell_{8-14} = \sqrt{b_{yz}^2 + (h_0 - b_{yz} \cdot \frac{i}{100})^2} = \sqrt{3^2 - (3,05 + 3 \cdot \frac{1,5}{100})^2} = 4,24 \text{ м}$$

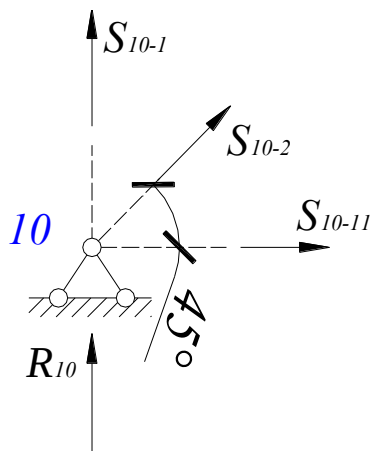
Починаємо розрахунок з вузла 1, в якому сходяться не більше двох стержнів, зусилля в яких невідомі.

З умов рівноваги:

$$S_{1-2} = 0$$

$$S_{1-10} = -0,5 \cdot P = -0,5 \text{ кН}$$

- Послідовно вирізаємо вузол 10 в якому сходяться не більше двох стержнів, зусилля в яких невідомі, складаємо рівняння умови рівноваги та визначаємо зусилля S_{10-2} , S_{10-11}



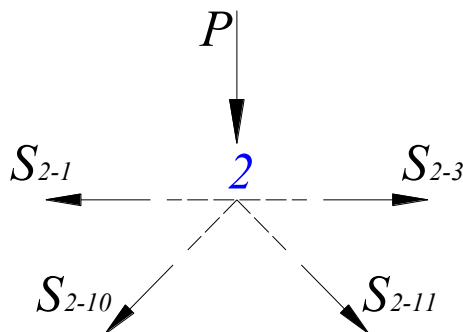
$$\sum Y = 0 \mid S_{10-1} + S_{10-2} \cdot \sin 45^\circ + R_{10} = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow S_{10-2} = -\frac{S_{10-1} + R_{10}}{\sin 45^\circ} = \frac{0,5 - 4}{\sin 45^\circ} = -3,5\sqrt{2} = -5 \text{ кН}$$

$$\sum X = 0 \mid S_{10-11} + S_{10-2} \cdot \cos 45^\circ = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow S_{10-11} = -S_{10-2} \cdot \cos 45^\circ = 3,5\sqrt{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 3,5 \text{ кН}$$

- Послідовно вирізаємо вузол 2 в якому сходяться не більше двох стержнів, зусилля в яких невідомі, складаємо рівняння умови рівноваги та визначаємо зусилля S_{2-11} , S_{2-3}



$$\sum Y = 0 \mid -P - S_{2-10} \cdot \sin 45^\circ - S_{2-11} \cdot \sin 45^\circ = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow S_{2-11} = -\frac{P + S_{2-10} \cdot \sin 45^\circ}{\sin 45^\circ} = -\frac{1 - 3,5\sqrt{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}}{\frac{1}{\sqrt{2}}} = 2,5\sqrt{2} = 3,54 \text{ кН}$$

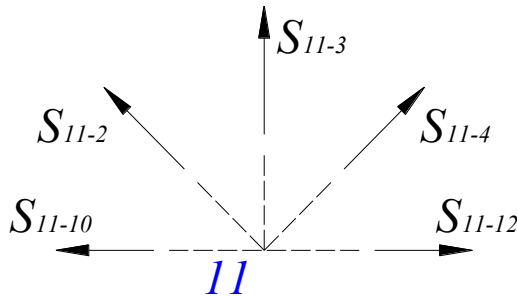
$$\sum X = 0 \mid -S_{2-1} + S_{2-3} - S_{2-10} \cdot \cos 45^\circ + S_{2-11} \cdot \cos 45^\circ = 0 \rightarrow S_{2-3} = (S_{2-10} - S_{2-11}) \times \cos 45^\circ = (-3,5\sqrt{2} - 2,5\sqrt{2}) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = -6 \text{ кН}$$

- Послідовно вирізаємо вузол 3 в якому сходяться не більше двох стержнів, зусилля в яких невідомі, складаємо рівняння умови рівноваги та визначаємо зусилля S_{3-4} , S_{3-11}

$$S_{3-4} = S_{3-2} = -6 \text{ кН}$$

$$S_{3-11} = -P = -1 \text{ кН}$$

- Послідовно вирізаємо вузол 3 в якому сходяться не більше двох стержнів, зусилля в яких невідомі, складаємо рівняння умови рівноваги та визначаємо зусилля S_{11-4} , S_{11-10}



$$\sum Y = 0 \mid S_{11-3} + S_{11-2} \cdot \sin 45^\circ + S_{11-4} \cdot \sin 45^\circ = 0$$

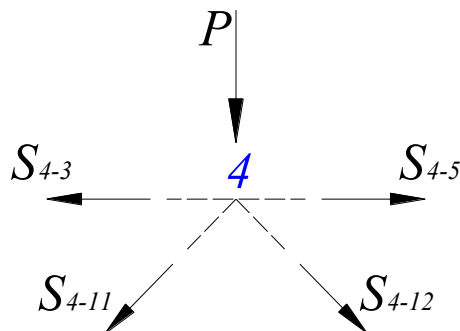
$$S_{11-4} = -\frac{S_{11-3} + S_{11-2} \cdot \sin 45^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{1 - 2,5}{\frac{1}{\sqrt{2}}} =$$

$$= -1,5\sqrt{2} = -2,12 \text{ кН}$$

$$\sum X = 0 \mid -S_{11-10} + S_{11-12} - (S_{11-2} - S_{11-4}) \cdot \cos 45^\circ = 0 \rightarrow S_{11-12} = S_{11-10} +$$

$$+ (S_{11-2} - S_{11-4}) \cdot \cos 45^\circ = 3,5 + (2,5\sqrt{2} + 1,5\sqrt{2}) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 7,5 \text{ кН}$$

- Послідовно вирізаємо вузол 4 в якому сходяться не більше двох стержнів, зусилля в яких невідомі, складаємо рівняння умови рівноваги та визначаємо зусилля S_{4-12} , S_{4-3}



$$\sum Y = 0 \mid -P - S_{4-11} \cdot \sin 45^\circ - S_{4-12} \cdot \sin 45^\circ = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow S_{4-12} = -\frac{P + S_{4-11} \cdot \sin 45^\circ}{\sin 45^\circ} = -\frac{1 - 1,5}{\frac{1}{\sqrt{2}}} =$$

$$= 0,5\sqrt{2} = 0,71 \text{ кН}$$

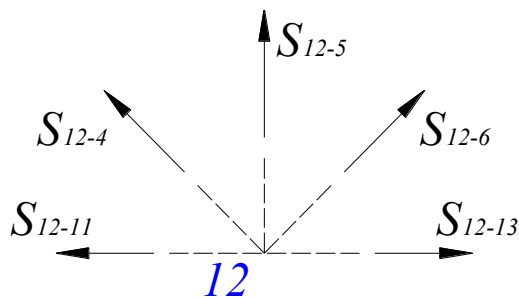
$$\sum X = 0 \mid -S_{4-3} + S_{4-5} - S_{4-11} \cdot \cos 45^\circ + S_{4-12} \cdot \cos 45^\circ = 0 \rightarrow S_{4-5} = S_{4-3} + (S_{4-11} - S_{4-12}) \cdot \cos 45^\circ = -6 + (-1,5\sqrt{2} - 0,5\sqrt{2}) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = -8 \text{ кН}$$

- Послідовно вирізаємо вузол 5 в якому сходяться не більше двох стержнів, зусилля в яких невідомі, складаємо рівняння умови рівноваги та визначаємо зусилля S_{12-5} , S_{5-12}

$$S_{5-6} = S_{5-4} = -8 \text{ кН}$$

$$S_{5-12} = -P = -1 \text{ кН}$$

- Послідовно вирізаємо вузол 12 в якому сходяться не більше двох стержнів, зусилля в яких невідомі, складаємо рівняння умови рівноваги та визначаємо зусилля S_{12-6} , S_{12-13}



$$\sum Y = 0 \mid S_{12-5} + S_{12-4} \cdot \sin 45^\circ + S_{12-6} \cdot \sin 45^\circ = 0$$

$$S_{12-6} = -\frac{S_{12-5} + S_{12-4} \cdot \sin 45^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{1 - 0,5}{\frac{1}{\sqrt{2}}} = 0,5\sqrt{2} = 0,71 \text{ кН}$$

$$\sum X = 0 \mid -S_{12-11} + S_{12-13} - (S_{12-4} - S_{12-6}) \cdot \cos 45^\circ = 0 \rightarrow S_{12-13} = S_{12-11} + (S_{12-4} - S_{12-6}) \cdot \cos 45^\circ = 7,5 + (0,5\sqrt{2} - 0,5\sqrt{2}) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 7,5 \text{ кН}$$

Таблиця 2.3 - Внутрішні зусилля в стрижнях ферми

2.3.2 Підбір перерізу елементів кроквяної ферми

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

C_T.

розтягнутих елементів верхнього поясу визначальним фактором являється площа перерізу. Тому в якості перерізів елементів верхнього і нижнього поясів приймаємо таври, а для елементів решітки кутовий сортамент. Матеріал прийнятого сортаменту — сталь *ВСтЗпс6* розрахунковим опором

$$R_y = 24 \text{ кН} / \text{см}^2 \text{ ([13], стр. 64, табл. 51*}$$

При підборі перерізів елементів ферм необхідно обирати по можливості найменше число номерів і калібрів кутових і таврових профілів.

Підбір перерізів починається зі стиснутого верхнього поясу, де діє найбільше розрахункове зусилля та який виконано з таврів з паралельними полочками.

Розрахунок стиснутих стрижнів виконуємо по наступній методиці:

Визначаємо площу перерізу стрижня $A \text{ см}^2$

$$A = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_n}}$$

N - стискаюче зусилля, яке діє у стрижені ферми (табл.2.4);

$$R_y = 24 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} \text{ - границя міцності матеріалу стрижнів ферми (сталь}$$

ВСтЗпс6);

$\gamma_c = 0,95$ - коефіцієнт умов роботи для виробничих приміщень ([13], стор. 8, табл. №6*) ;

$\gamma_n = 0,95$ - коефіцієнт надійності за призначенням будівлі (виробниче приміщення).

φ – коефіцієнт поздовжнього згину, враховує зменшення розрахункового опору до значень, які забезпечують стійку рівновагу при згині. Попередньо приймаємо $\varphi = 0,7$

2. Підбір перерізу стрижня верхнього поясу 4 – 5 виконаного з таврів з паралельними полочками (працює на стискання).

Стискаюче зусилля $N=676,4 \text{ кН}$ (табл.2.4)

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Необхідна площа перерізу A_{4-5} :

$$A_{4-5} = \frac{676.4}{0.7 \cdot 24 \cdot \frac{0.95}{0.95}} = 44.9 \text{ см}^2$$

Приймаємо два нерівнобокі кутики 160x100x9 з загальною площею $A_{\phi} = 22.8 \text{ см}^2$ [13].

Стиснутий стрижень перевіряємо на місцеву стійкість, яка залежить від гнучкості стрижня.

Визначаємо гнучкість стрижня з двох нерівнобоких кутиків 160x100x9 відносно осей ($y-y, x-x$):

$$\lambda_x = \frac{\ell_x}{i_x} = \frac{300}{3.09} = 99.009$$

$$\lambda_y = \frac{\ell_y}{i_y} = \frac{300}{4.56} = 65.8, \text{ де}$$

λ_x, λ_y – гнучкості сортаменту відносно осей $x-x, y-y$ [13].

i_x, i_y – радіуси інерції перерізу сортаменту відносно осей $x-x, y-y$ [13].

ℓ_x, ℓ_y – розрахункові довжини стрижня відносно осей $x-x, y-y$ (пункт 2.3.1).

Максимальна гнучкість складає $\lambda_{\max} = \lambda_y = 99$.

Несуча здатність стиснутого елемента забезпечується у випадку коли максимальна гнучкість не перевищує критичну $[\lambda] = 120$, при якій втрачається стійкість [13].

$$\lambda_{\max} = 99 < [\lambda] = 120$$

Отже несуча здатність елемента забезпечується.

За максимальною гнучкістю $\lambda_{\max} = 99$ уточнюємо коефіцієнт поздовжнього згину φ .

При $\lambda_{\max} = 99$. $\varphi = 0.652$ ([13], стор. 80, табл. 72)

Перевіряємо підібраний переріз з двох нерівнобоких кутиків 160x100x9 з урахуванням уточненого коефіцієнту поздовжнього згину φ .

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

$$\sigma_{4-5} = \frac{N}{\varphi \cdot A \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_n}} = \frac{676}{0,652 \cdot 45,6 \cdot \frac{0,95}{0,95}} = 23,02 \text{ кН / см}^2 < R_y = 24 \text{ кН / см}^2$$

Відносне недонапруження стрижня:

$$\Delta = \frac{\sigma_{4-5} - R_y}{\sigma} = \frac{23,02 - 24}{21,8} = -4,25\%$$

Переріз стрижня задовольняє вимогам працездатності за першою та другою групою граничних станів.

3. Підбір перерізу стрижня нижнього поясу 11-12 виконаного з таврів з паралельними полочками (працює на розтяг).

Розрахунок розтягнутих стрижнів виконуємо по наступній методиці:

Визначаємо площу перерізу стрижня $A \text{ см}^2$

$$A = \frac{N}{R_y \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_n}}$$

$N = 634 \text{ кН}$ - розтягуюче зусилля, яке діє у стрижні ферми (табл.2.4);

$R_y = 24 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$ - границя міцності матеріалу стрижнів ферми (сталь

ВСтЗпс6);

$\gamma_c = 0,95$ - коефіцієнт умов роботи для виробничих приміщень ([13], стор. 8, табл. №6*) ;

$\gamma_n = 0,95$ - коефіцієнт надійності за призначенням будівлі.

Необхідна площа перерізу A_{11-12} :

$$A_{11-12} = \frac{634}{24 \cdot \frac{0,95}{0,95}} = 26,41 \text{ см}^2$$

Приймаємо два нерівнобокі кутики 110х70х8 загальною площею $A_{11-12} = 27,8 \text{ см}^2$ [13].

Перевіряємо несучу здатність підбраного перерізу

$$\sigma_{11-12} = \frac{N}{A_{11-12} \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_n}} = \frac{634}{27,8 \cdot \frac{0,95}{0,95}} = 22,8 \text{ кН / см}^2 < R_y = 24 \text{ кН / см}^2$$

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Відносне недонапруження стрижня:

$$\Delta = \frac{\sigma_{11-12} - R_y}{\sigma} = \frac{22.8 - 24}{23.4} = -0.5\%.$$

Переріз стрижня задовольняє вимогам працездатності за несучою здатністю.

4. Підбір перерізу стрижня розкосу 2-11 виконаного з рівнополичкових кутиків (працює на розтяг).

Визначаємо площу перерізу стрижня $A \text{ см}^2$

$$A_{2-11} = \frac{N}{R_y \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_n}}$$

$N = 299 \text{ кН}$ - розтягуюче зусилля, яке діє у розкосі ферми (табл.2.4);

$R_y = 24 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$ - границя міцності матеріалу стрижнів ферми (сталь

ВСтЗпс6);

$\gamma_c = 0.95$ - коефіцієнт умов роботи для виробничих приміщень ([13], стор. 8, табл. №6*) ;

$\gamma_n = 0.95$ - коефіцієнт надійності за призначенням будівлі.

Необхідна площа перерізу A_{2-11} :

Визначаємо необхідну площу перерізу стрижня. Переріз конструємо з рівнополичкових кутиків.

$$A_{2-11} = \frac{299.}{24 \cdot \frac{0.95}{0.95}} = 12.47 \text{ см}^2$$

Приймаємо два кутика 70х5 з загальною площею $A_\phi = 13.7 \text{ см}^2$.

Перевіряємо несучу здатність підбраного перерізу:

$$\sigma = \frac{N}{A_{2-11} \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_n}} = \frac{299.}{13.7 \cdot \frac{0.95}{0.95}} = 21.84 \text{ кН / см}^2 < R_y = 24 \text{ кН / см}^2$$

Відносне недонапруження стрижня 2-11:

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

$$\Delta = \frac{\sigma - R_y}{\sigma} = \frac{21.84 - 24}{22.5} = -0.9\%.$$

Переріз стрижня задовольняє вимогам працездатності за несучою здатністю

Підбір перерізів інших стрижнів верхнього, нижнього поясів та решітки ферми виконуємо по наведеним методикам, враховуючи для стиснутих стрижнів можливу втрату стійкості відповідним коефіцієнтом поздовжнього згину φ .

Підбір перерізів інших стрижнів верхнього, нижнього поясів та решітки ферми виконуємо по наведеним методикам, враховуючи для стиснутих стрижнів можливу втрату стійкості відповідним коефіцієнтом поздовжнього згину φ .

Результати, що отримані зводимо у таблицю Д 2.5, яка наведена в додатку 1.

2.4. Комп'ютерне моделювання та оптимізація металоконструкції ферми.

2.4.1. Обґрунтування мети досліджень.

Використовуємо симетрію ферми та подальші дослідження виконуємо для її половини (в подальшому відправний елемент Ф-1), так як результати досліджень у відповідних стержнях другої частини будуть мати теж саме значення.

На прикладі відправного елемента Ф-1 необхідно виконати перевірку аналітичного розрахунку та доцільність використання обраних сортаментних профілів за допомогою сучасних методів автоматичного проектування з використанням програмного комплексу SolidWorks. Метою досліджень є зменшення маси виробу зі збереженням допустимих параметрів стійкості та міцності металоконструкцій, зменшення обсягу зварних робіт та порівняння розрахунків ферми з прямими та похилими поясами.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

2.4.2. Перевірка достовірності аналітичного розрахунку зусиль в стрижнях ферми.

Для початку виконується перевірка достовірності аналітичного розрахунку зусиль в стрижнях ферми. Будується ескіз ферми з горизонтальними поясами (рис.2.4).

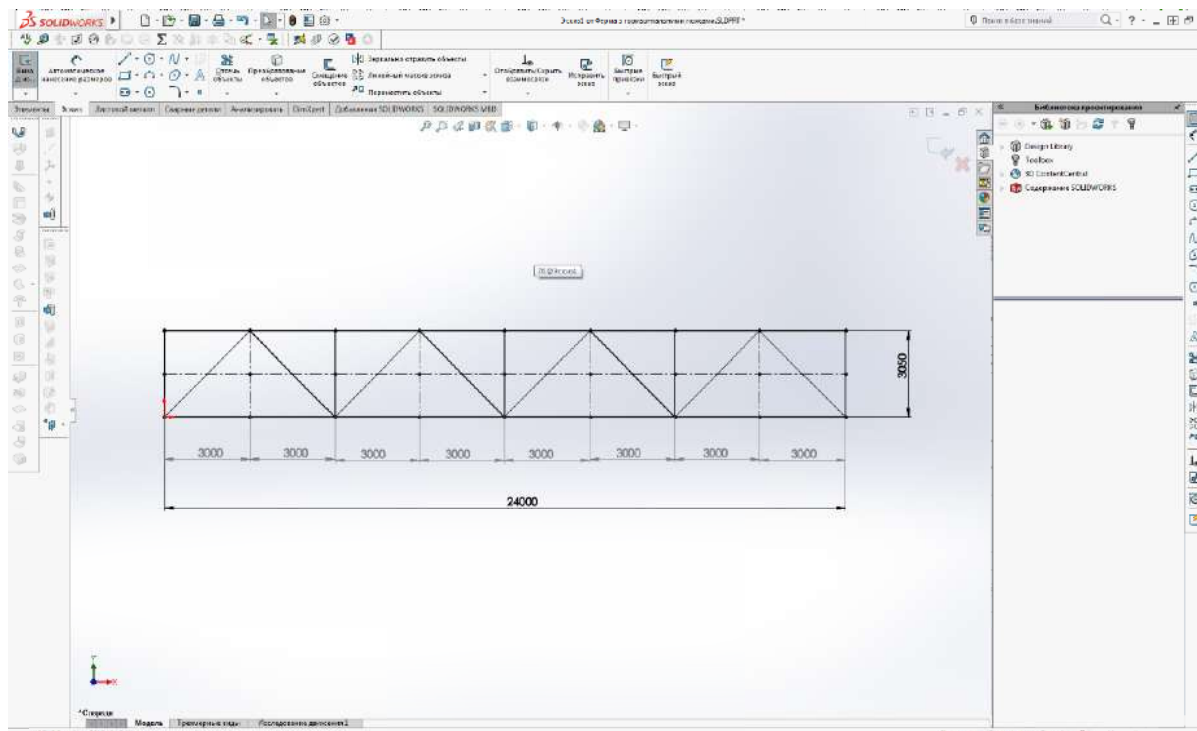


Рис. 2.4. Ескіз ферми з горизонтальними поясами

Для знаходження та перевірки зусиль в стрижнях ферми (рис.2.5) призначаємо поясам та розкосам ферми довільний переріз сортаментного профілю (попередньо приймаємо профільну трубу 100x100x3)

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

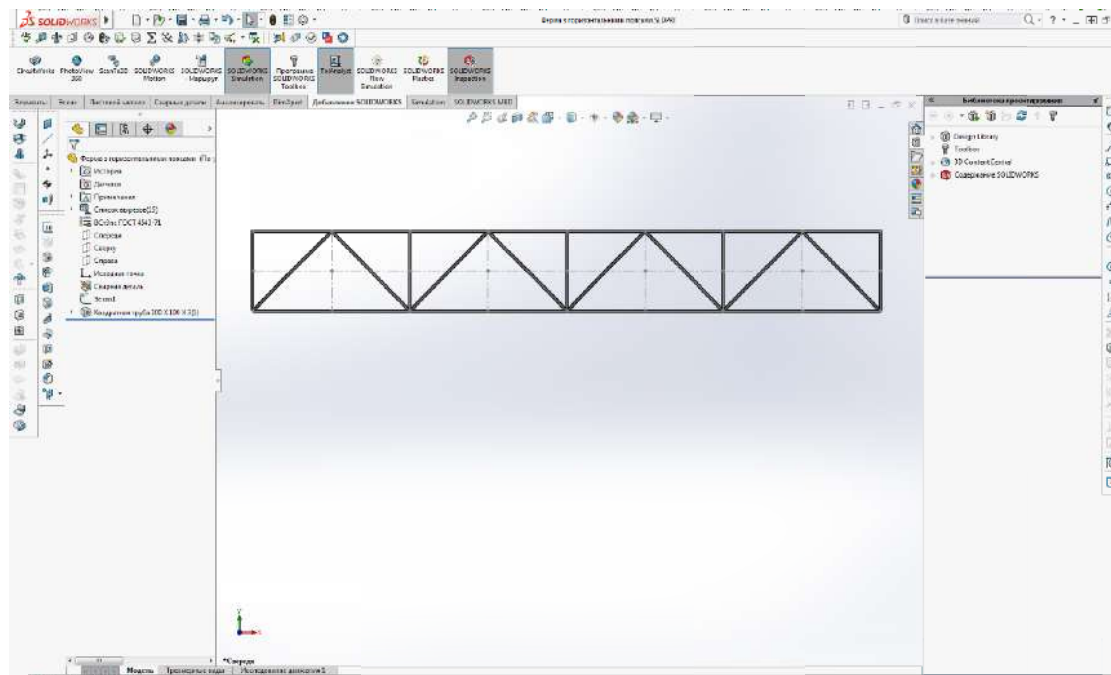


Рис. 2.5 Загальний вигляд ферми з похилими поясами

У середовищі SolidWorks Simulation будується розрахункова схема, до якої прикладається навантаження в 1 кН , відповідно до аналітичного розрахунку, виконаного методом вирізання вузлів (метод Ріттера). До крайніх вузлів ферми прикладене навантаження в 0,5кН відповідно. Власна вага конструкції виключена з розрахунку. Усі шарніри зафіксовані відносно вісі «Z» для збереження максимальної наближеності до ручного розрахунку (рис.2.6.)

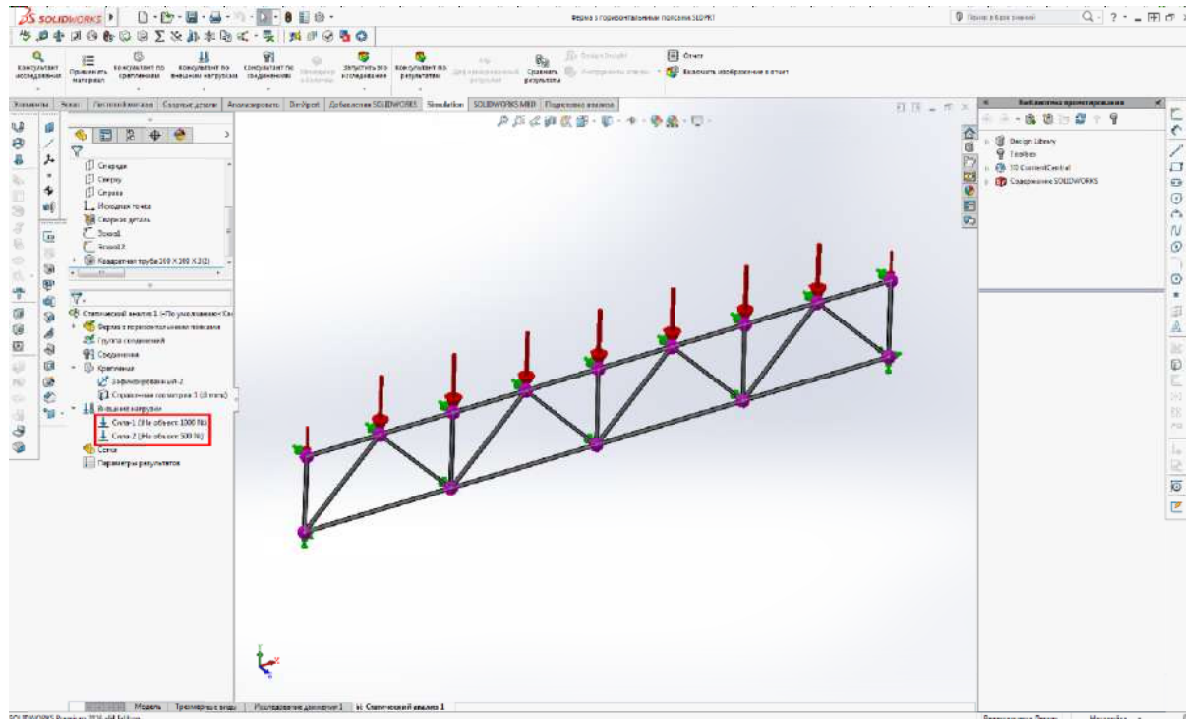


Рис.2.6 Розрахункова схема у середовищі SW Simulation

Після побудови сітки та запуску аналізу будуємо епюру осевих зусиль (у середовищі SW Simulation має назву «Епюра сдвига момента».

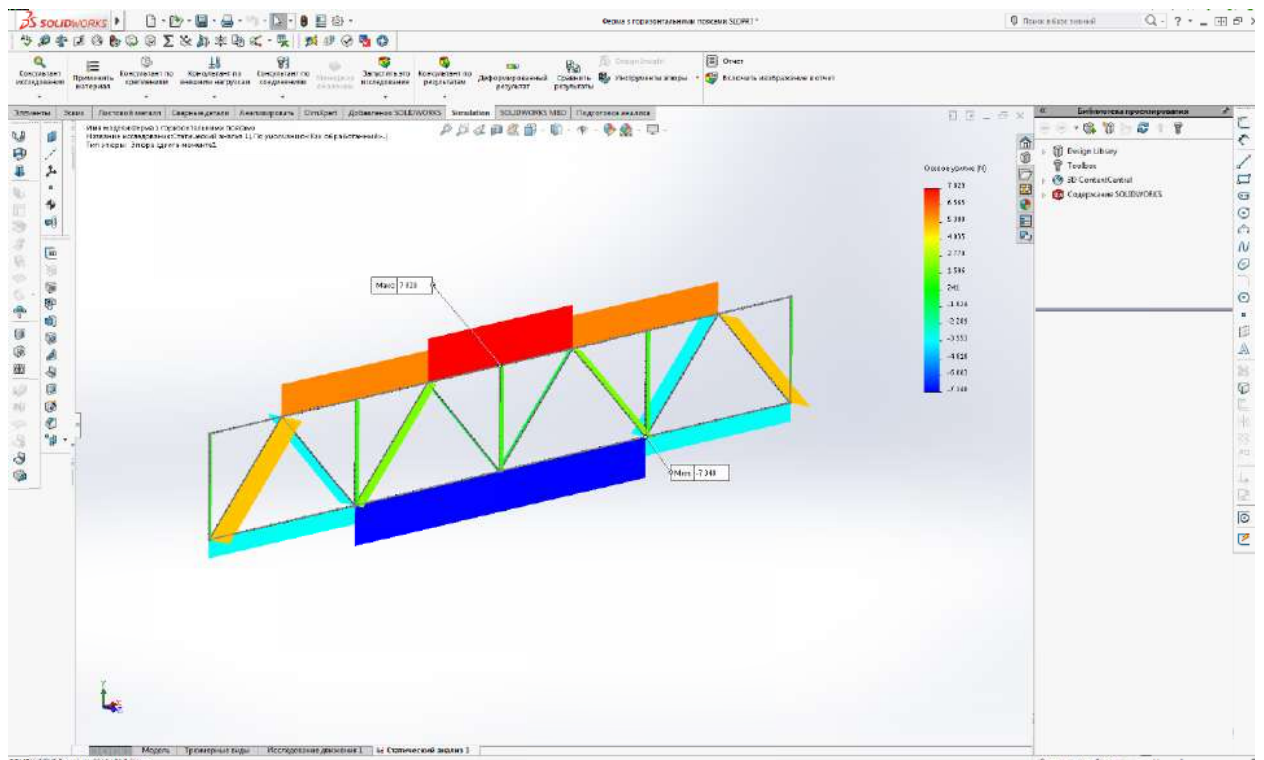


Рис. 2.7 Епюра осевых зусиль

На епюрі (рис.2.7) зазначені максимальні (7829 Н) та мінімальні (-7348 Н) зусилля. Звіряємо з аналітичним розрахунком.

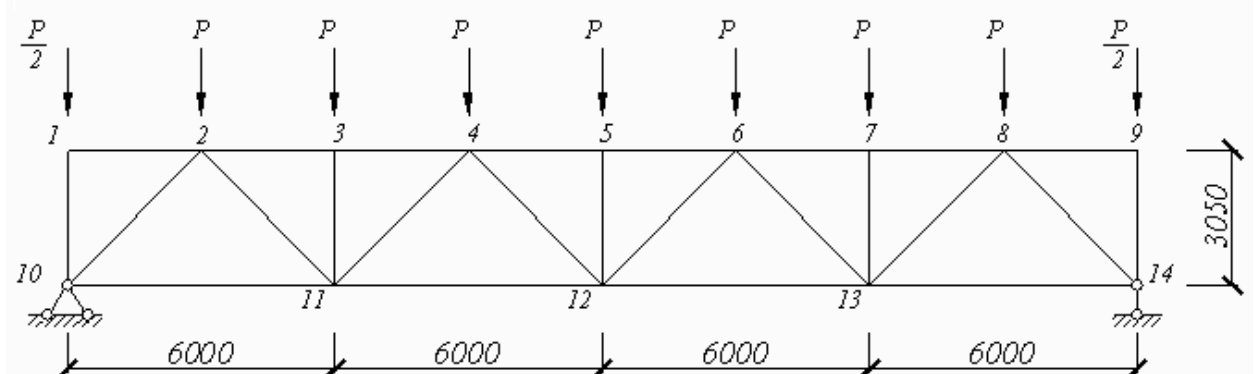


Рис. 2.8 Розрахункова схема для аналітичного розрахунку з нумерацією вузлів ферми

Згідно таблиці 2.4 внутрішніх зусиль (враховуючи відмінність знаків) максимальні зусилля (стрижні 4-5, 5-6) : 8000 Н; мінімальні (стрижні 11-12, 12-13): - 7500 Н, що приблизно дорівнює результатам розрахунку SW Simulation. Для достовірності перевіримо зусилля в обраному стрижні за допомогою інструменту зондування (рис.2.9.)

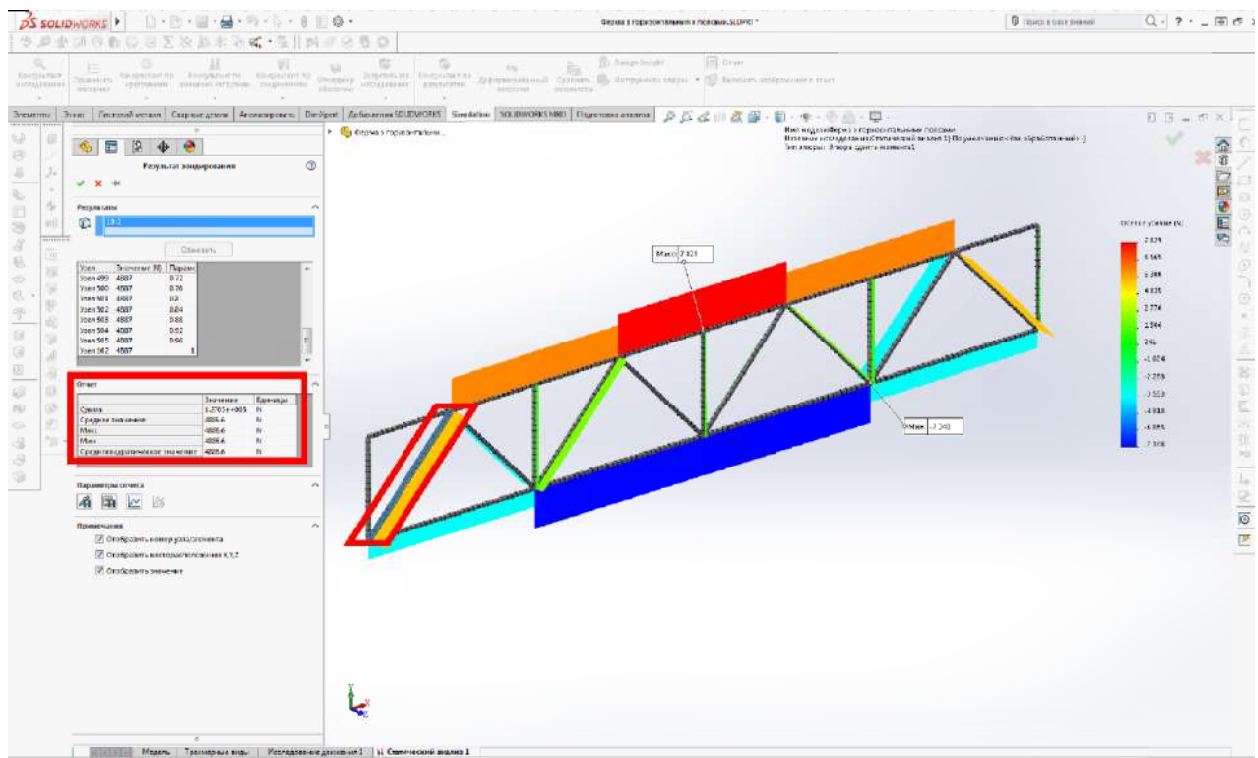


Рис. 2.9. Результати використання зондування.

Зусилля в обраному стрижні: 4886,6 Н, що відповідає аналітичному розрахунку (стрижень 10-2, -5 кН).

За результатами аналізу можна зробити висновок, що аналітичний розрахунок виконаний вірно. Нижче приведена таблиця 2.6 з отриманими результатами аналізу.

Таблиця 2.6. Результати визначення зусиль в стрижнях ферми з горизонтальними поясами

Статистический анализ 1-Сила-1.txt — Блокнот									
Файл Правки Формат Вид Справка									
10:29, четверг, август 05, 2021									
Название исследования: Статистический анализ 1									
Имя балки	Элемент	Окончание	По оси (N)	Сдвиг1 (N)	Сдвиг2 (N)	Момент 1 (N.m)	Момент 2 (N.m)	Вращающий момент (N.m)	
Балка-1(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[5])	—	—	-10.743	3.231	7.0799e-014	-2.1293e-013	7.4144	4.7011e-014	
Балка-2(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[15])	—	—	987.17	-3.7604e-016	-7.4696	12.002	-8.4693e-016	6.6976e-014	
Балка-3(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[20])	—	—	2111.3	0.00019906	3.3184	-10.856	-0.00028775	2.0106e-014	
Балка-4(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[14])	—	—	496.77	-3.45e-016	10.743	-30.487	-6.8992e-016	2.007e-014	
Балка-5(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[16])	—	—	984.33	-2.6218e-014	1.0704e-005	-3.8602e-005	-5.5157e-014	8.6713e-015	
Балка-6(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[25])	—	—	4892.6	0.00072642	7.8021	-28.714	0.0021331	-2.2076e-014	
Балка-7(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[1])	—	—	1965.8	-9.675	-6.4593e-014	1.2286e-013	-34.658	1.0122e-014	
Балка-8(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[9])	—	—	7826.4	7.8464	-3.5265e-014	1.8418e-013	18.25	-2.1728e-015	
Балка-9(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[12])	—	—	-10.743	-3.2311	-8.7624e-014	2.4274e-013	-7.4146	6.9027e-016	
Балка-10(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[8])	—	—	5855.7	-9.3097	-1.6378e-011	2.6019e-012	-20.215	-1.1783e-013	
Балка-11(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[17])	—	—	987.17	3.1648e-012	7.4696	-12.002	3.7929e-013	-2.0862e-013	
Балка-12(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[23])	—	—	2111.3	-0.00026029	-3.5214	10.854	-0.00080638	-2.1648e-014	
Балка-13(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[4])	—	—	1965.8	9.675	-2.4022e-015	9.6161e-015	34.658	-1.6575e-017	
Балка-14(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[21])	—	—	-687.08	0.00016042	-2.1551	9.1591	0.00062873	1.7773e-014	
Балка-15(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[7])	—	—	5863.2	3.5322	1.9479e-011	-2.0285e-012	9.4345	7.1516e-014	
Балка-16(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[10])	—	—	5863.2	-3.5321	2.3993e-012	-2.6147e-013	-9.4344	1.529e-015	
Балка-17(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[3])	—	—	-1965.8	0.82035	8.8634e-013	-1.3691e-013	8.0941	4.4266e-015	
Балка-18(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[24])	—	—	-3480.7	5.9183e-005	-0.63461	5.272	0.00039847	-2.2424e-014	
Балка-19(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[19])	—	—	-3480.7	1.9718e-005	0.62086	-5.2738	0.00014178	2.065e-014	
Балка-20(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[2])	—	—	-1965.8	-0.82033	-1.2383e-012	1.5941e-013	-8.0941	-1.4568e-014	
Балка-21(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[13])	—	—	496.77	-8.8638e-012	-10.743	30.487	-2.5197e-011	-1.7465e-014	
Балка-22(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[18])	—	—	4892.6	-0.00020275	-7.8823	28.71	-9.3998e-005	5.7789e-014	
Балка-23(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[22])	—	—	-687.08	0.00012162	2.1547	-9.1589	-0.00033983	-3.1692e-014	
Балка-24(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[11])	—	—	5855.7	9.3096	-3.8669e-012	5.3035e-013	20.215	-1.2553e-014	
Балка-25(квадратная труба 100 x 100 x 3(2)[8])	—	—	7826.4	-7.8464	-2.9216e-012	-4.5966e-013	-18.25	2.2107e-014	

Замість сил 1 кН, та 0,5 кН прикладаємо сили 84,54 кН та 42,27 кН відповідно до таблиці 2.2 внутрішніх зусиль та зібраних навантажень.

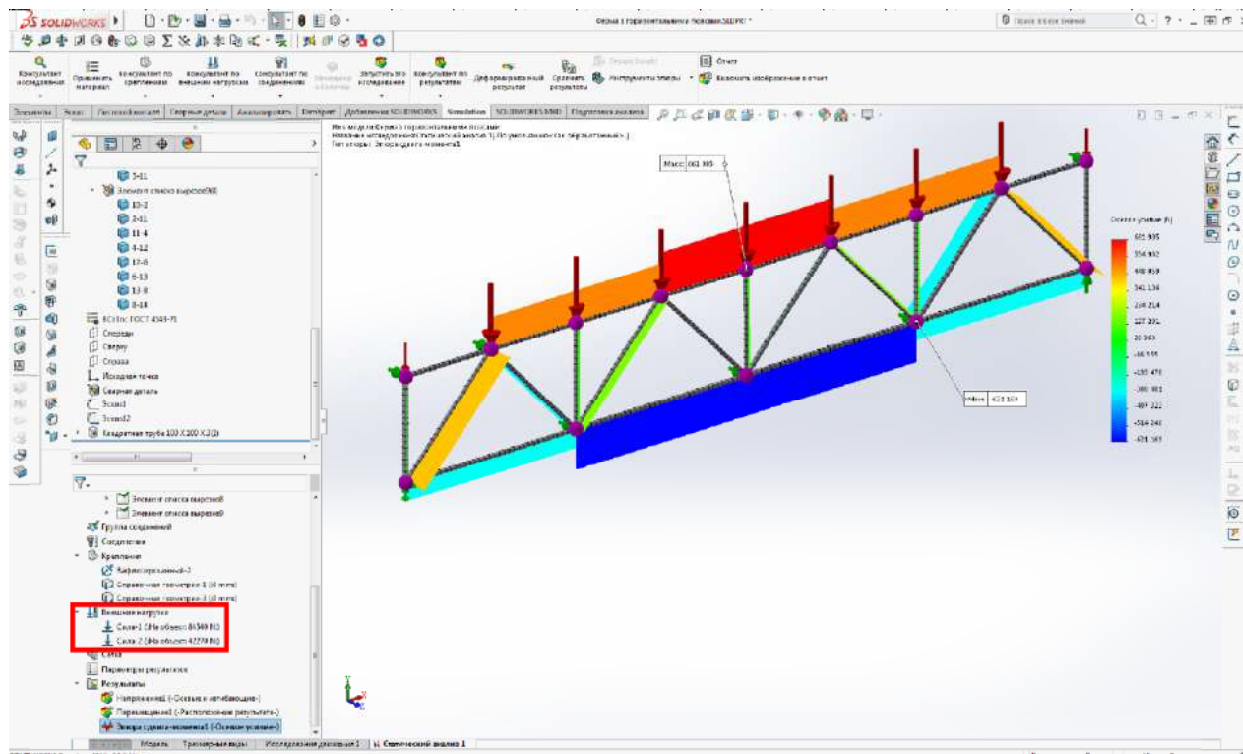


Рис. 2.10. Епюра осевих зусиль від розрахункових навантажень.

Отримані результати відповідають аналітичному розрахунку.

2.4.3. Розрахунок ферми з похилими поясами.

Перевіримо результати розрахунку тієї ж ферми, але з похилими поясами (при аналітичному розрахунку було знехтувано кутом нахилу для спрощення).

Відповідно не враховувалась власна вага металевих стрижнів.

Аналогічно з попереднім аналізом будується ескіз ферми (рис.2.11) та виконується розрахунок.

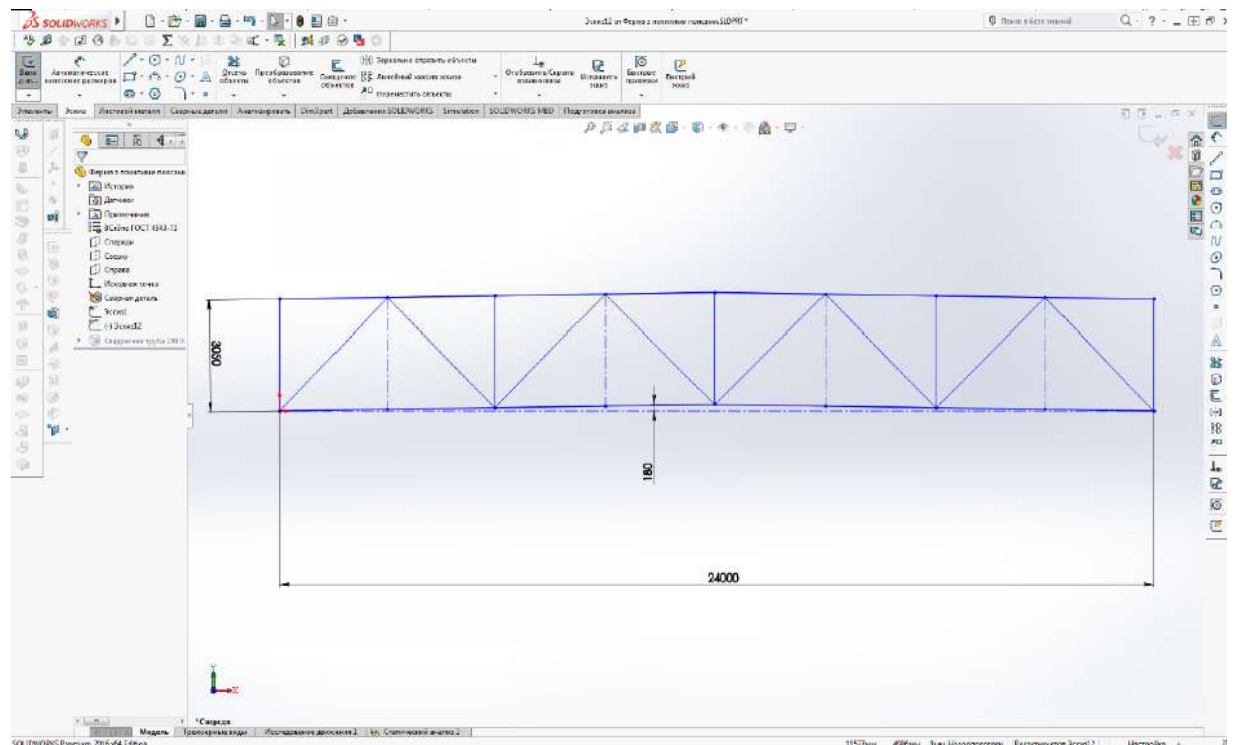


Рис. 2.11 Ескіз ферми з похилими поясами.

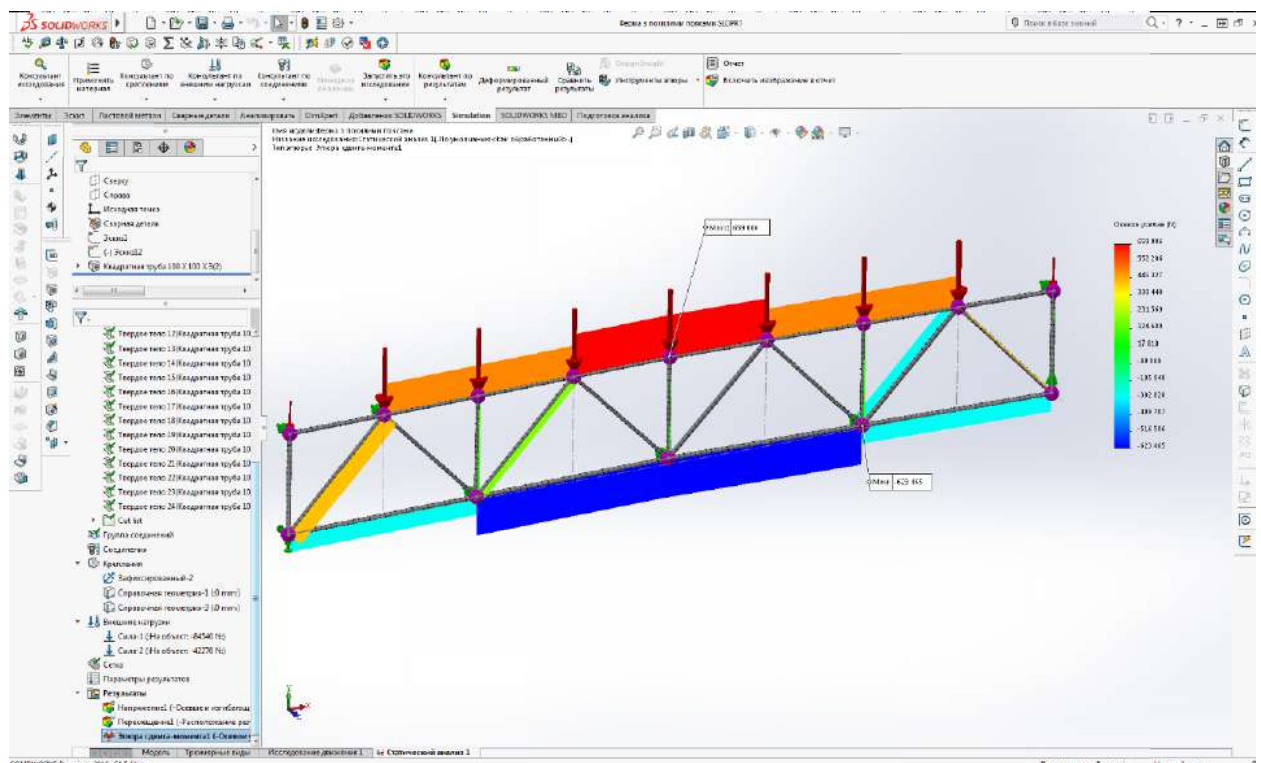


Рис. 2.12. Епюра осевих зусиль від розрахункових навантажень ферми з похилими поясами.

За результатами аналізу можемо спостерігати незначні відмінності:

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Максимальне розтягуючі зусилля для ферми з похилими поясами складає 659 кН, а для ферми з горизонтальними 659 кН, відповідно максимальне стискаюче зусилля для ферми з похилими поясами - 621 кН, а для ферми з горизонтальними поясами - 623 кН. Таким чином можна зробити висновок, що нехтування в розрахунках незначними кутами нахилу верхнього поясу (до 2^0), підвищує запас міцності

Будується ферма з похилими поясами за застосуванням обраних при аналітичному розрахунку сортаментних профілів (верхній та нижні пояси ферми – таври, стійки та розкоси - зварені між собою через листовий метал кутники).

Для загального аналізу виконується розрахунок всієї ферми (складена з двох дзеркальних відправних елементів Ф-1). Деталі з листового металу виключені з аналізу. В цьому розрахунку вже включена сила земного тяжіння (враховується власна вага профілю).

Будуються епюри напружень, переміщень та епюра розподілу запасу міцності ферми з похилими поясами (рис.2.13 – 2. 18)

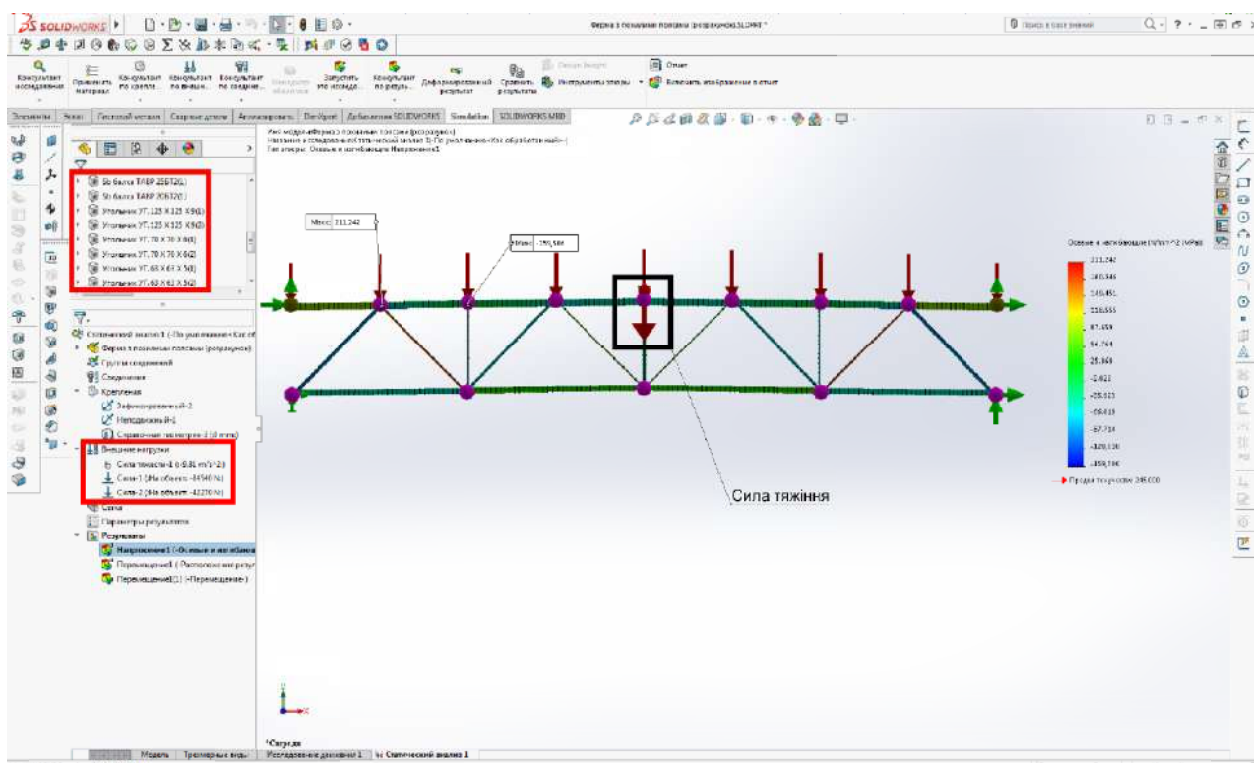


Рис. 2.13 Епюра напружень в елементах ферми з похилити поясами.

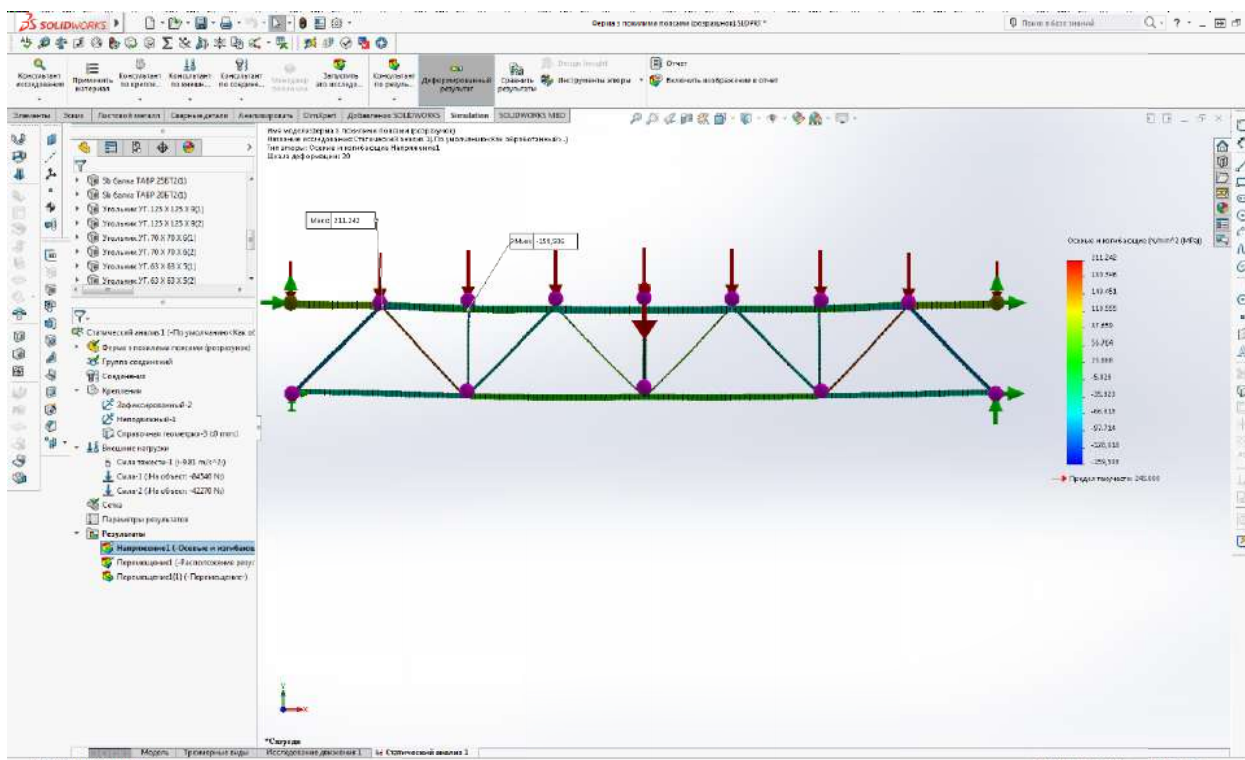


Рис. 2.14 Епюра напружень в елементах ферми з похилити поясами, деформований стан.

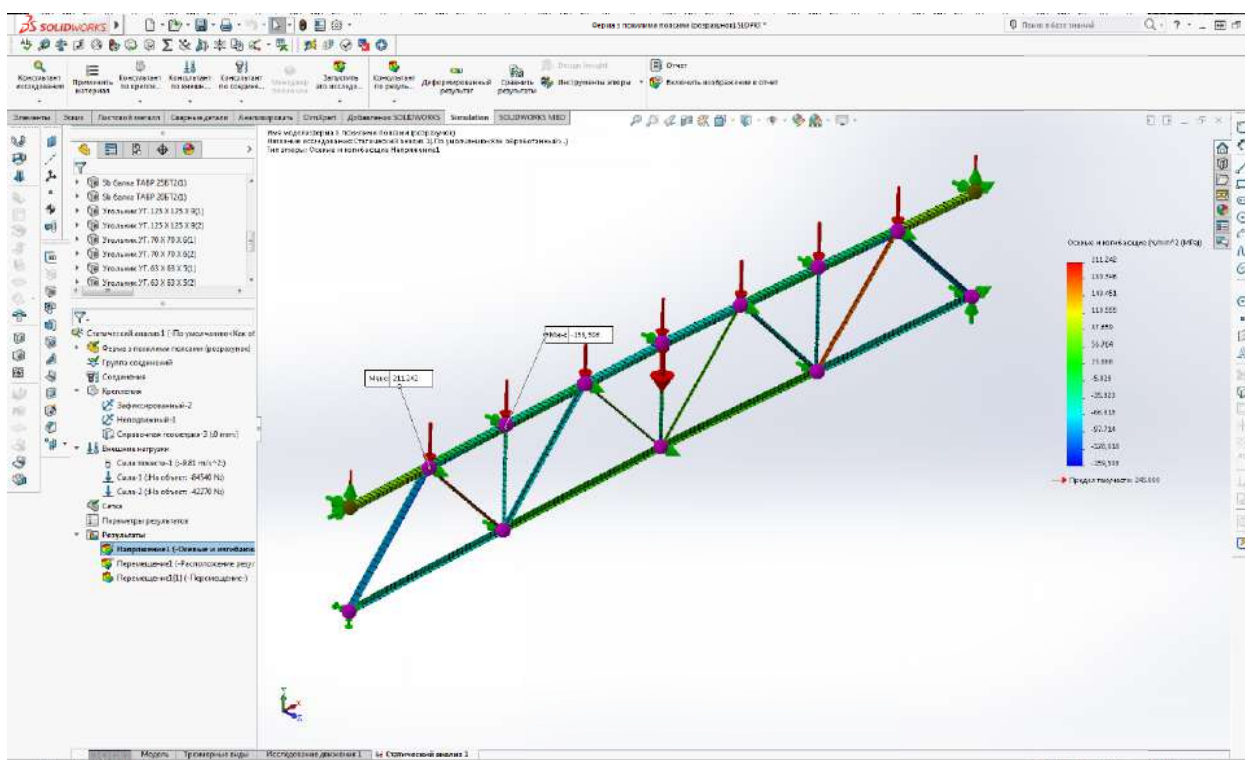


Рис. 2.15. Епюра напружень в елементах ферми з похилити поясами, ізометрія.

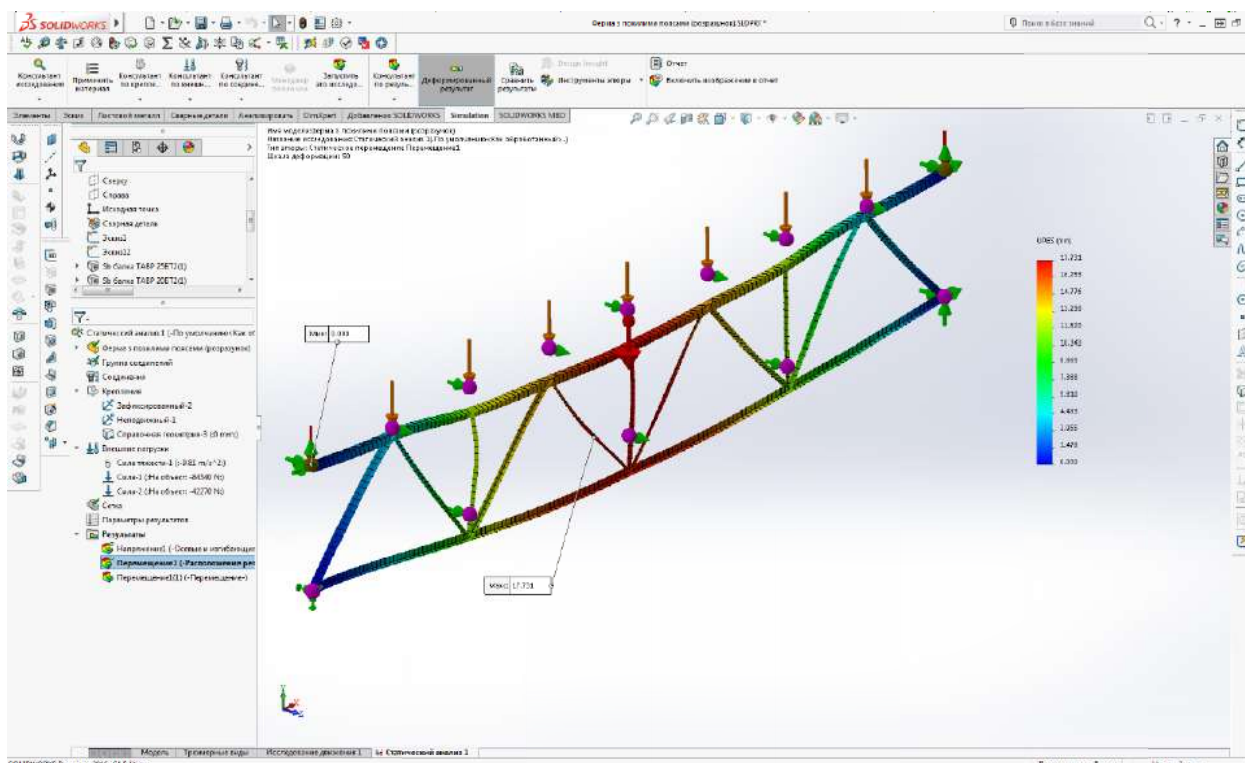


Рис. 2.16. Епюра переміщень елементів ферми з похилити поясами.

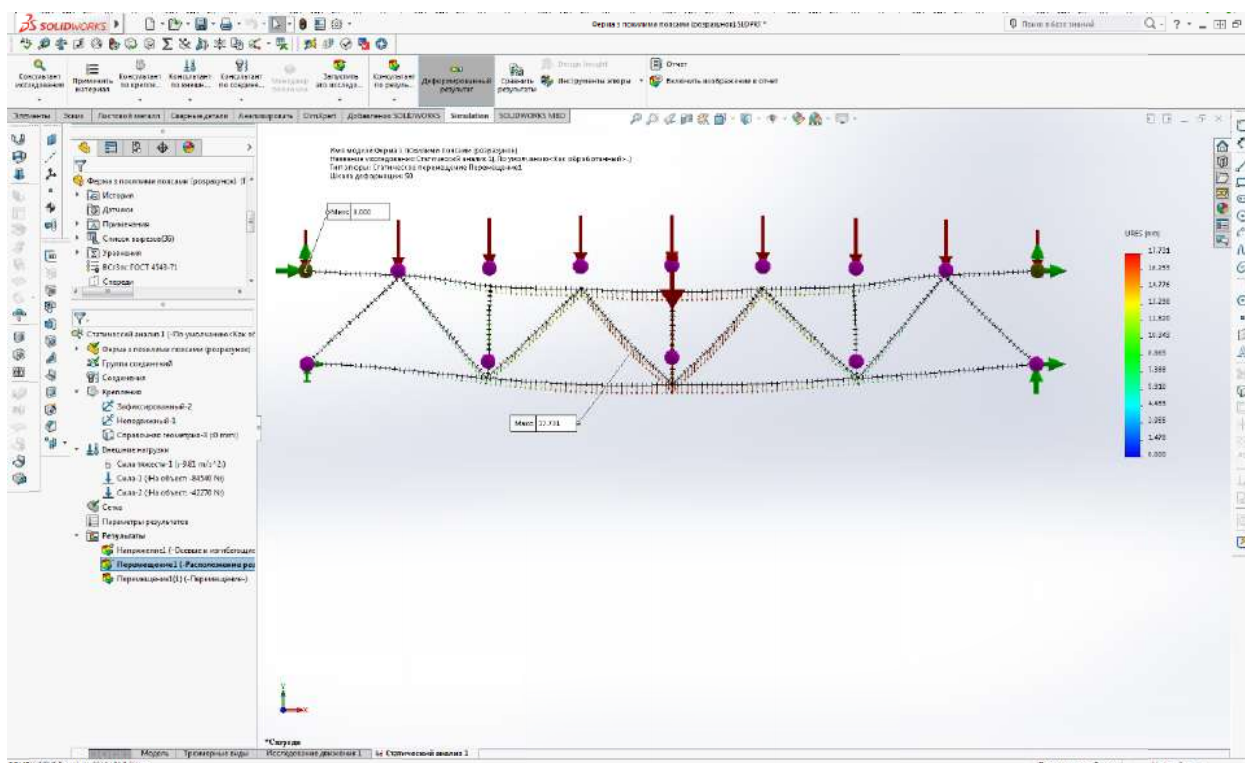


Рис. 2.17. Епюра переміщень елементів ферми з похилити поясами, векторний вигляд.

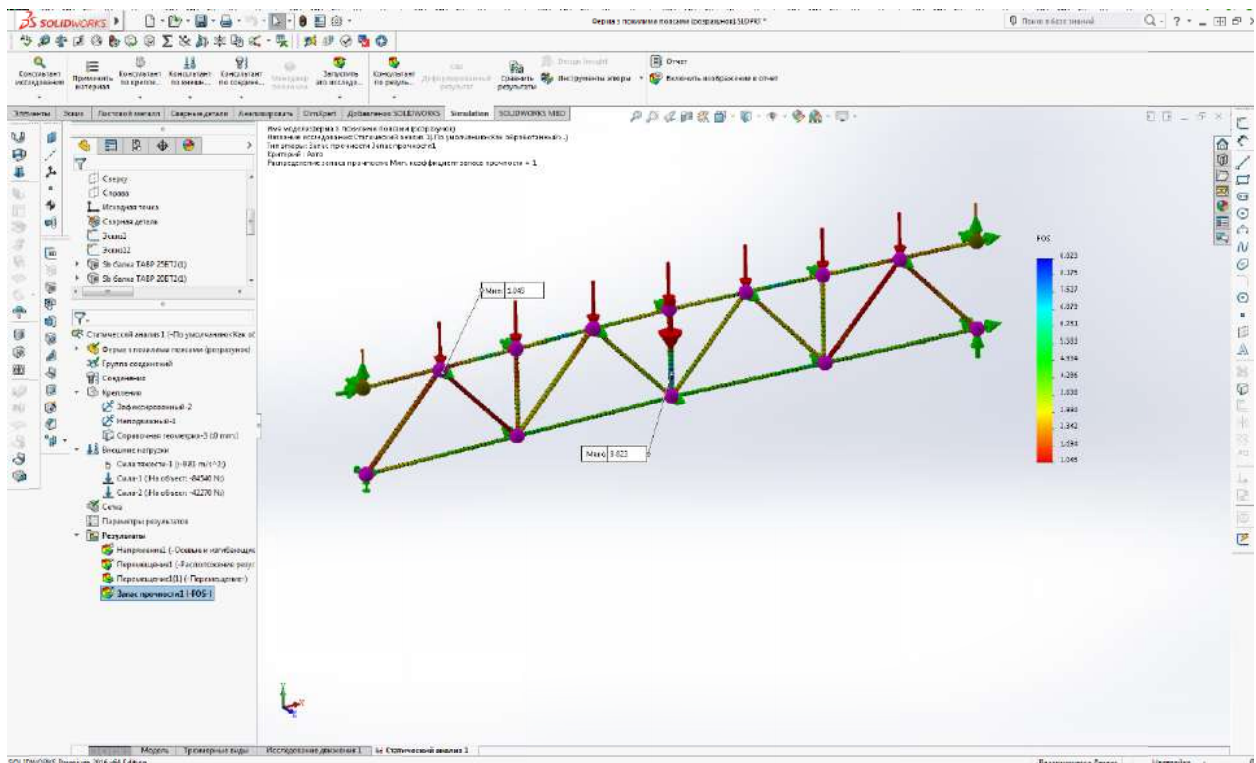


Рис. 2.18. Епюра розподілу запасу міцності елементів ферми з похилити поясами.

Виходячи з отриманих результатів аналізу видно, що мінімальний запас міцності - 1,05 мають стрижні 2-11, 13-8, при тому, що необхідний запас мінімальний запас міцності складає – 1,2. Вищезазначені стрижні (розкоси) підлягають заміні. Кутник 70х70х6 замінено на 70х70х7. З урахуванням заміни виконується повторний розрахунок, результати наведено на рис. 2.19.

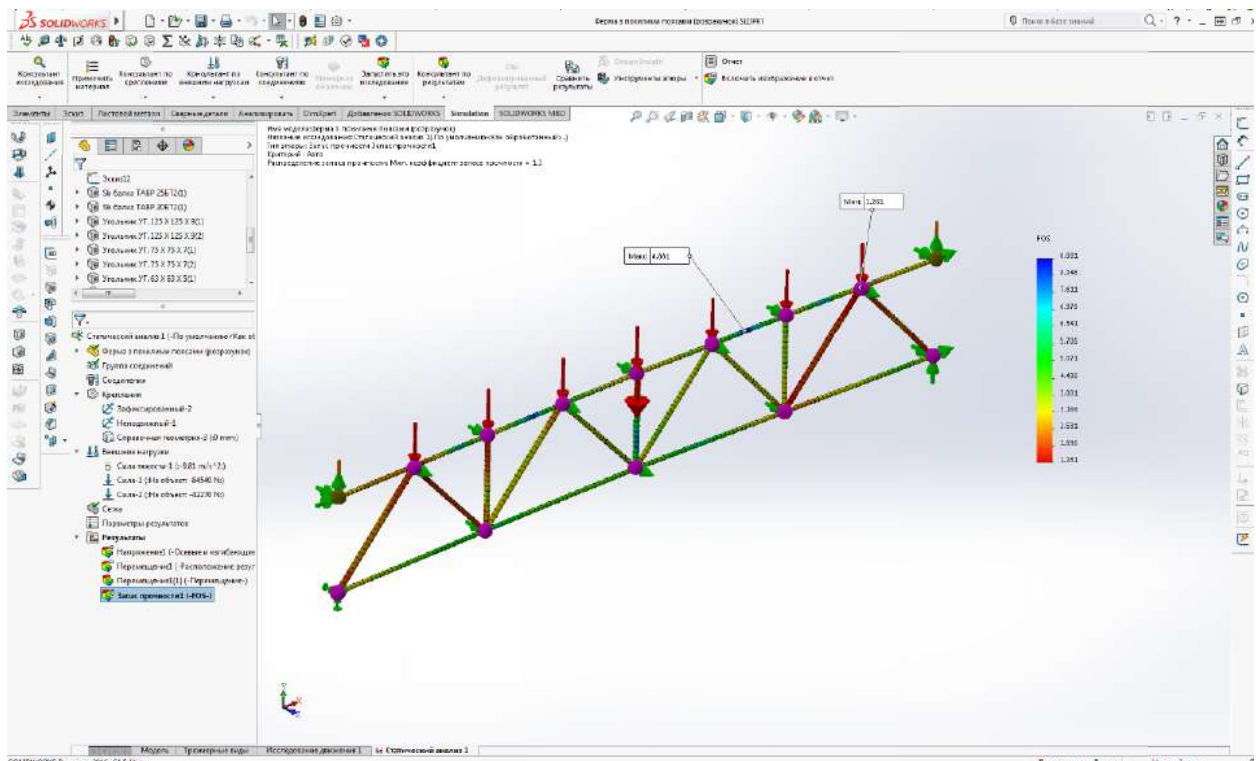


Рис. 2.19 Епюра розподілу запасу міцності елементів ферми з похилити поясами уточнюючий розрахунок.

Отриманий мінімальний запас міцності (1.26) є задовільним. Переріз стрижнів 2-11, 13-8 змінено на кутник 70x70x7.

Таким чином металоконструкцію ферми за показником мінімального запасу міцності оптимізовано.

2.5. Розрахунок відправного елемента Ф-1.

Даний розрахунок буде виконуватись з врахуванням виконання деталей з листового металу. Для цього буде використовуватись комбінований розрахунок стрижнів (балок) та твердих тіл (деталі з листового металу). Ферма складається з двох дзеркально розташованих елементів Ф-1. Для спрощення та прискорення аналізу буде розраховуватись одна половина ферми (відправний елемент Ф-1).

Оскільки відправний елемент Ф-1 конструктивно є частиною цілої ферми, жорстке закріплення виконане тільки з однієї сторони відправного елемента. З іншого ж боку, доцільно представити закріплення, як шарнірне, але з врахованим переміщенням по вісі «Y». Дане переміщення візьмемо з епюри

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

переміщень попереднього розрахунку. За допомогою інструмента зондування визначимо переміщення в центральних вузлах ферми:

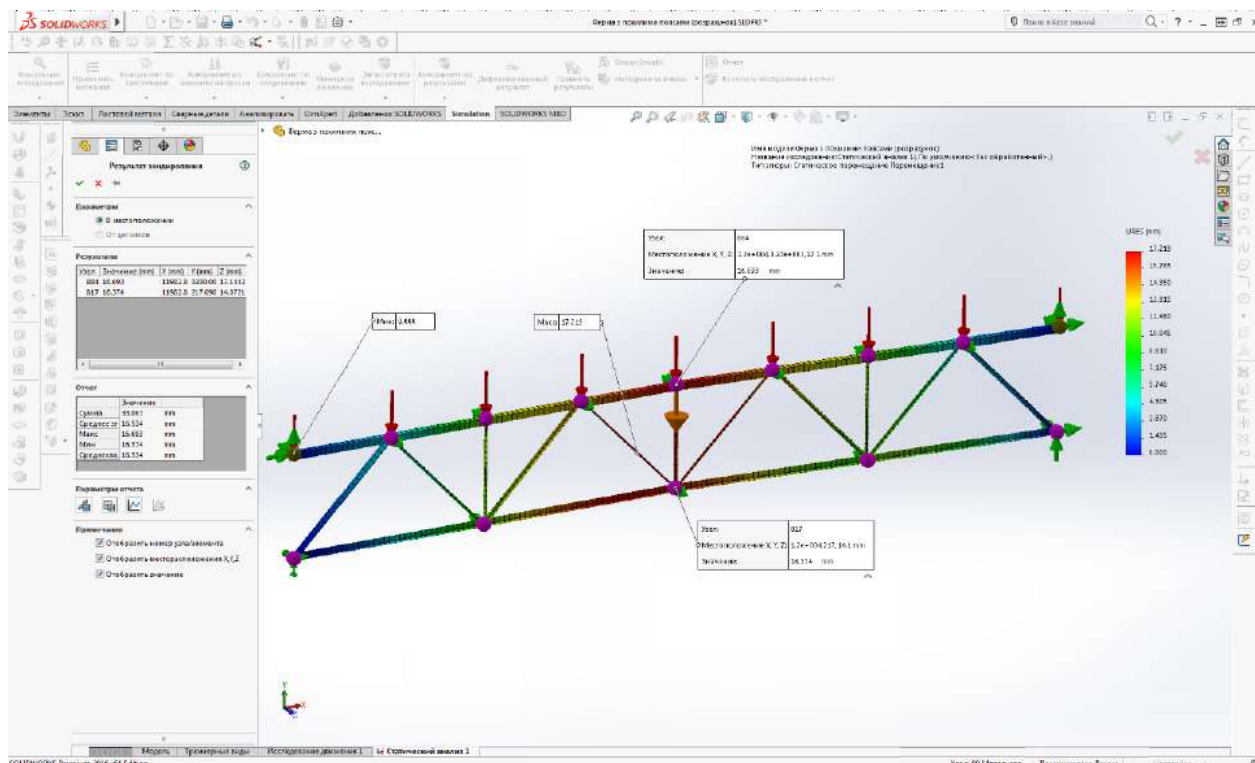


Рис. 2.20 Епюра переміщень, визначення переміщень в центральних вузлах ферми.

Дані переміщення становлять у верхньому поясі ферми – 16,693 мм, та - 16,374 мм у нижньому.

Будуємо модель відправного елемента Ф-1, розрахункову модель та зазначаємо умови кріплення елементів (рис.2.21):

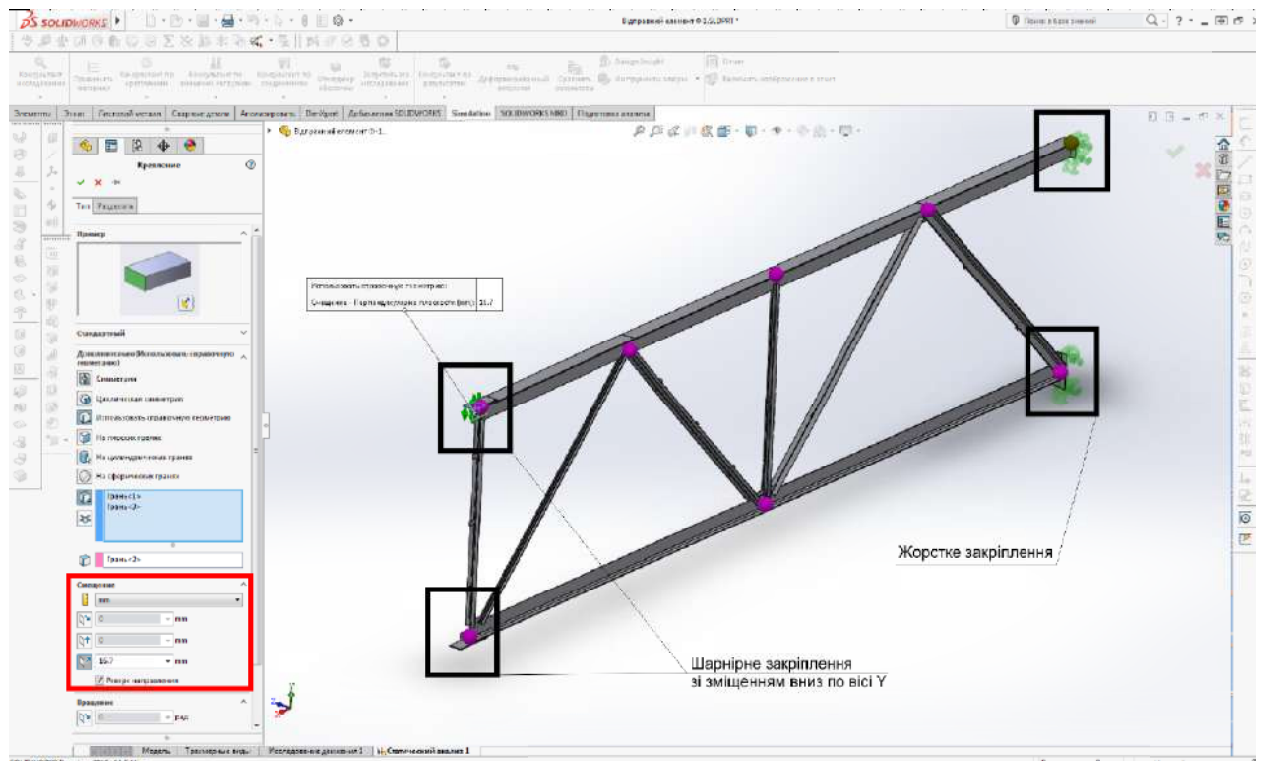


Рис. 2.21. Закріплення відправного елемента.

Будуються епюри напружень, переміщень та епюра розподілу запасу міцності ферми з похилими поясами (рис.2.22 – 2. 26)

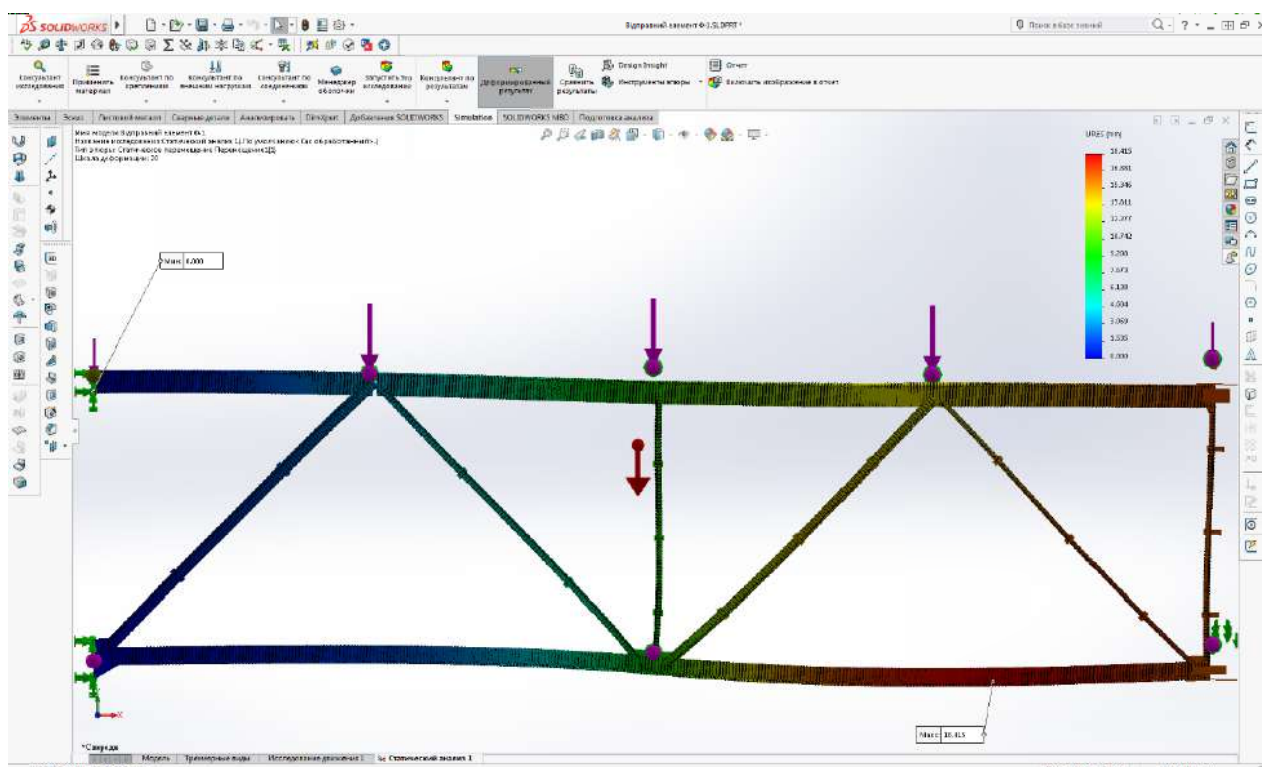


Рис.2.22. Епюра переміщень відправного елемента Ф-1

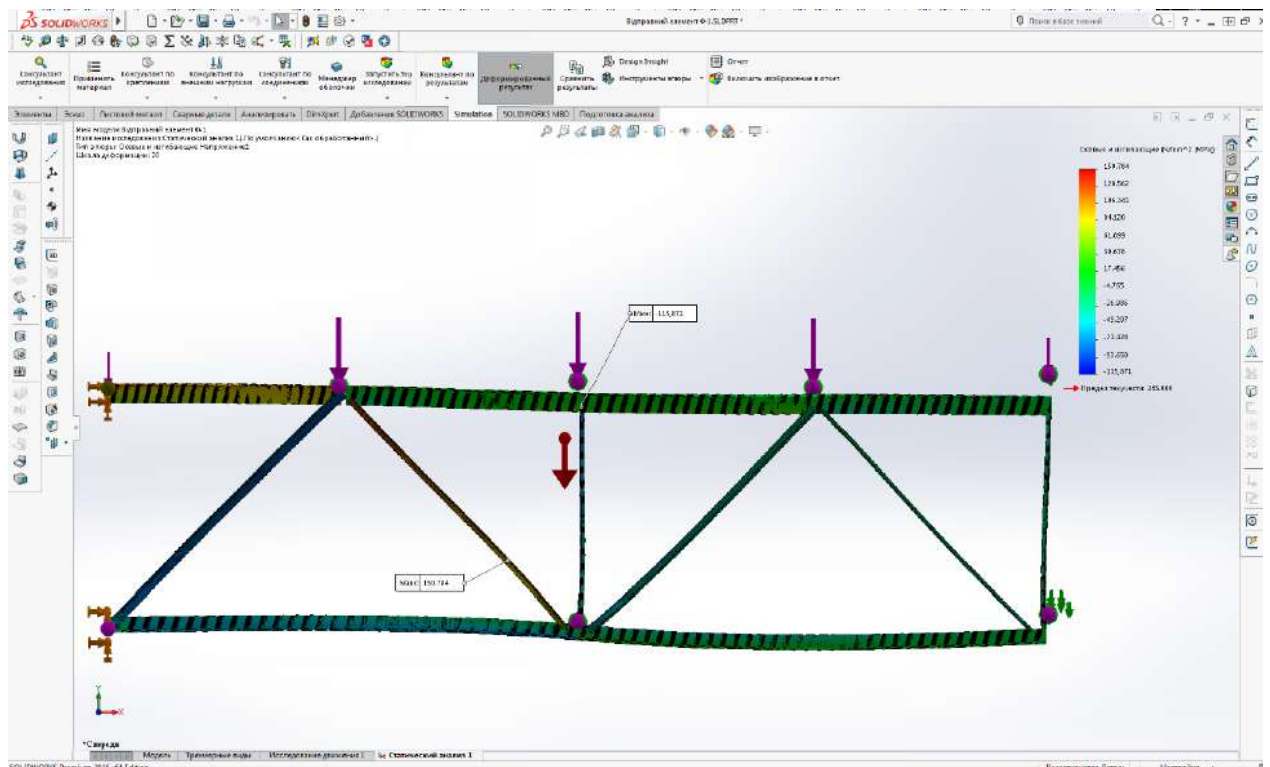


Рис. 2.23. Епюра напружень елементів відправного елемента Ф-1

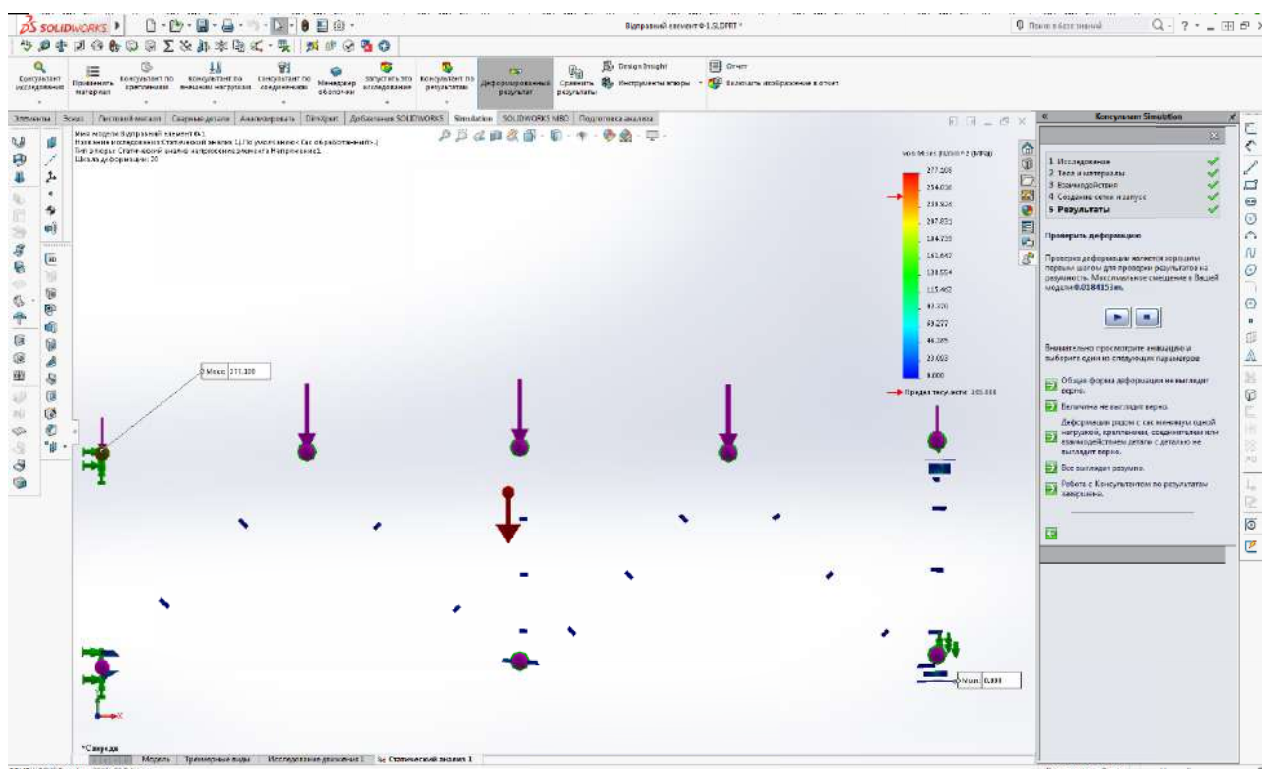


Рис. 2.24. Епюра напружень в деталях з листового металу відправного елемента Ф-1.

По результатам аналізу видно, що в деяких деталях з листового металу виникають високі напруження.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

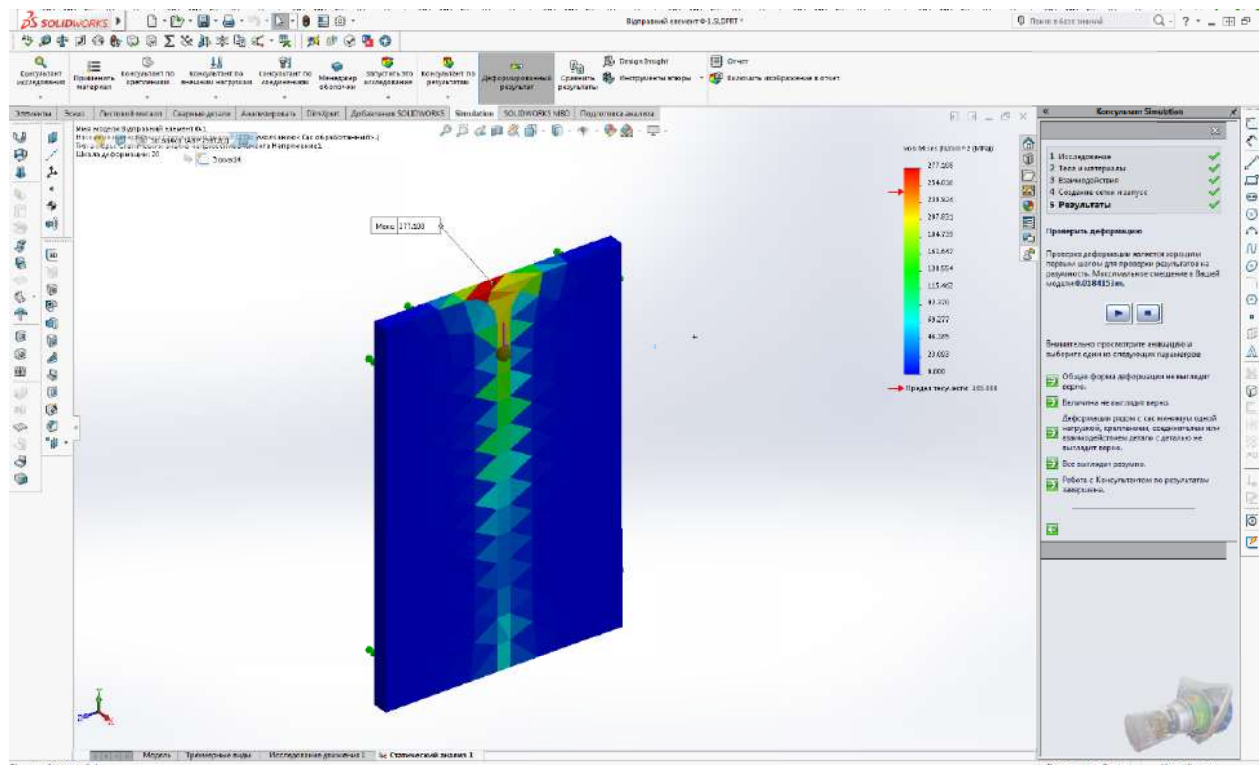


Рис.2. 25. Епюра напружень в закладній деталі відправного елемента Ф-1.

Для більш наглядного аналізу побудуємо епюру перевірки втомленості.

Найбільш небезпечні ділянки будуть виділені червоним кольором.

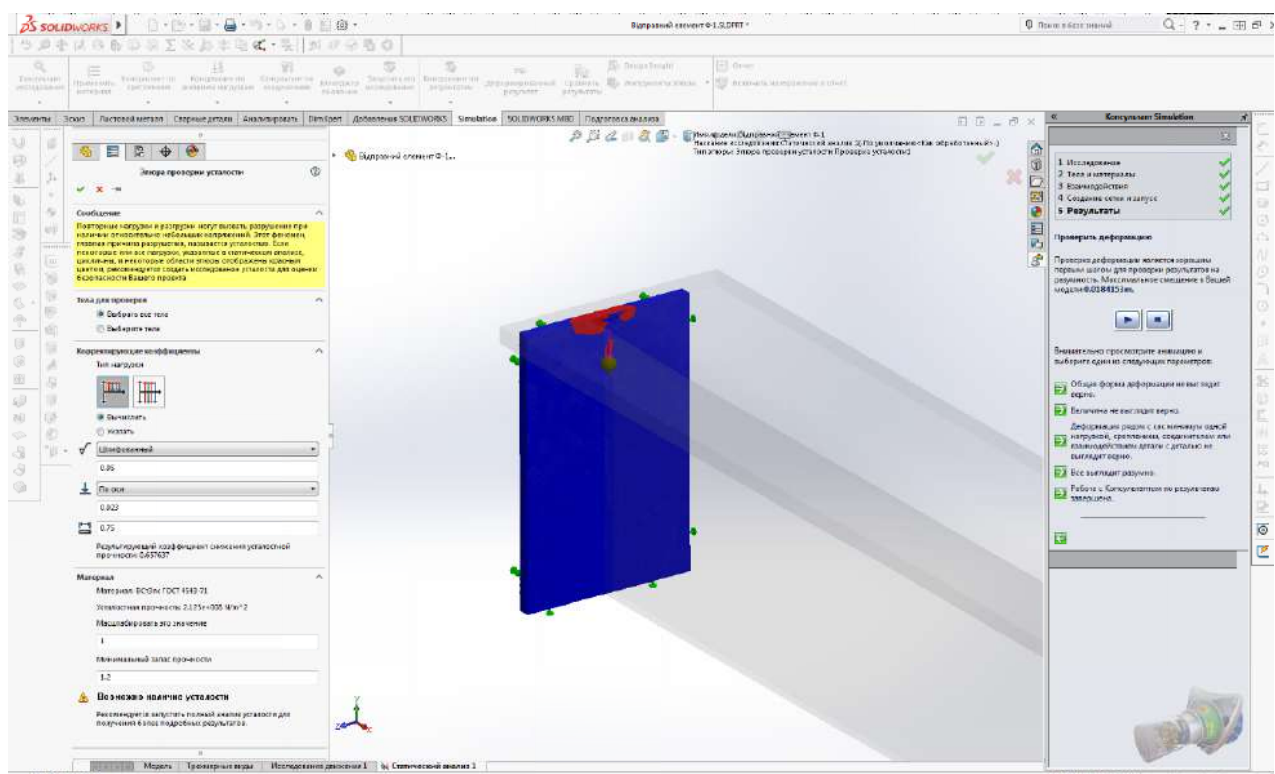


Рис. 2.26. Епюра перевірки втомленості закладної деталі відправного елемента Ф-1 (а).

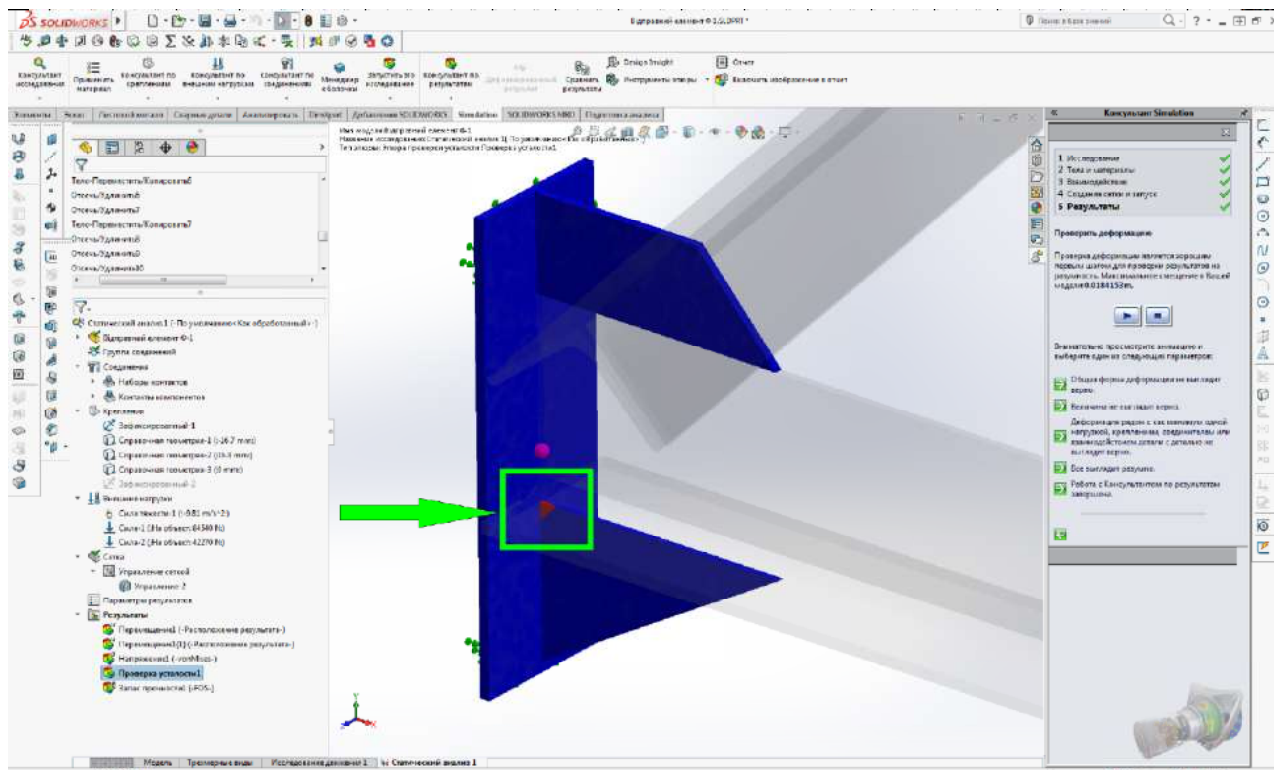


Рис. 2.27. Екрана перевірки втомленості закладної деталі відправного елемента Ф-1 (б).

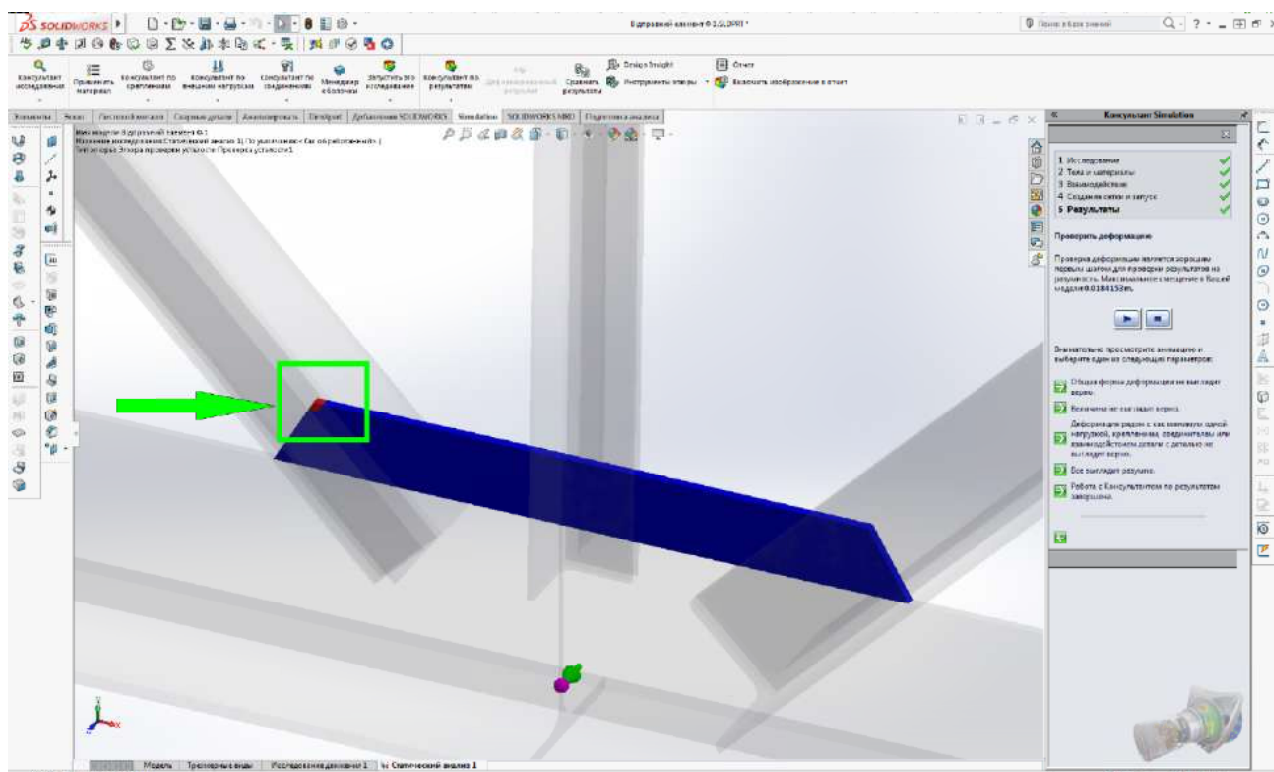


Рис. 2.28. Екрана перевірки втомленості закладної деталі відправного елемента Ф-1 (в).

Максимальні напруження виникають в місцях концентрації напружень. У випадку (а) має зміст збільшити розміри закладної деталі, у випадках (б), (в) необхідно зрізати фаски на кутах. Після коригування отримуємо задовільні результати (рис.2.29, рис. 2.30):

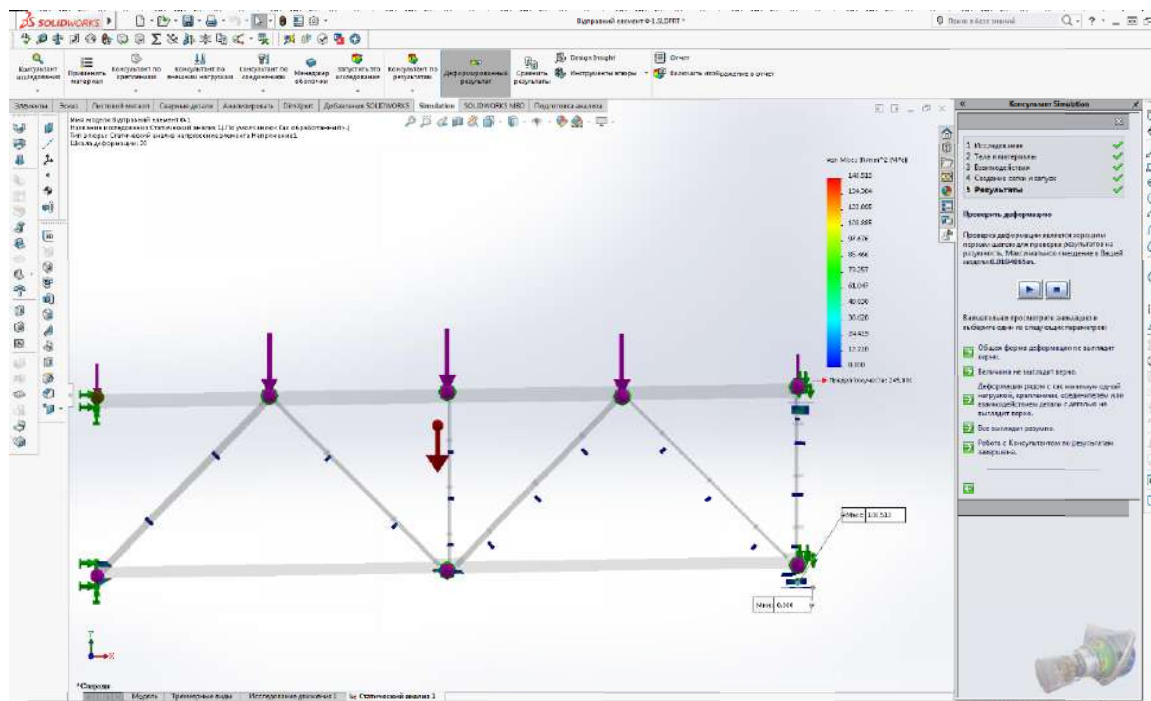


Рис. 2.29. Епюра напружень в деталях з листового металу відправного елемента Ф-1.

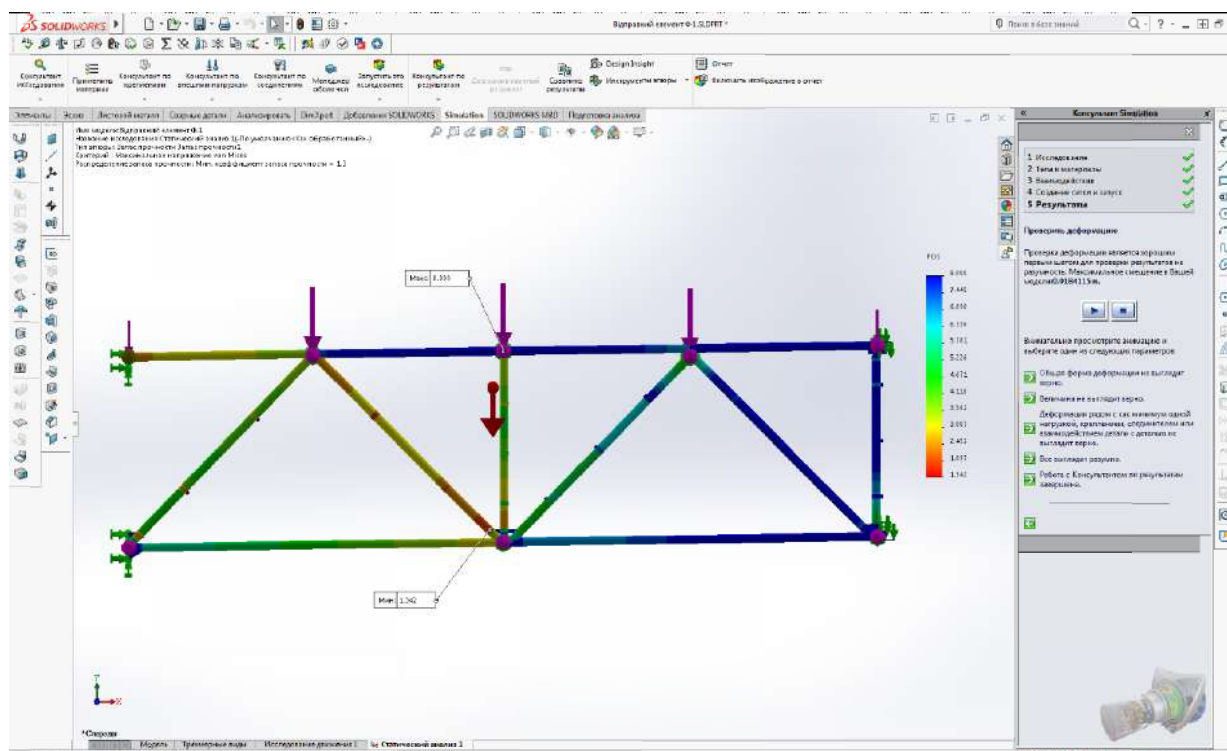


Рис. 2.30. Епюра розподілу запасу міцності відправного елемента Ф-1

1. Розрахунок виконано. Маса відправного елемента Ф-1 (згідно специфікації) становить 1079 кг. Тепер розглядаємо можливість заміни таврів та кутників на профільні труби квадратного та прямокутного перерізу та порівняти масу. Застосуємо такі сортаментні профілі (рис.2.31):

Верхній пояс – труба безшовна

Зовнішній діаметр $D_n = 100$ мм;

Товщина стінок $S=3$ мм.

Нижній пояс – труба безшовна

Зовнішній діаметр $D_n = 100$ мм;

Товщина стінок $S=3$ мм.

Раскоси – труба безшовна

Зовнішній діаметр $D_n = 100$ мм;

Товщина стінок $S=3$ мм.

Стояки – труба безшовна

Зовнішній діаметр $D_n = 80$ мм;

Товщина стінок $S=4$ мм.

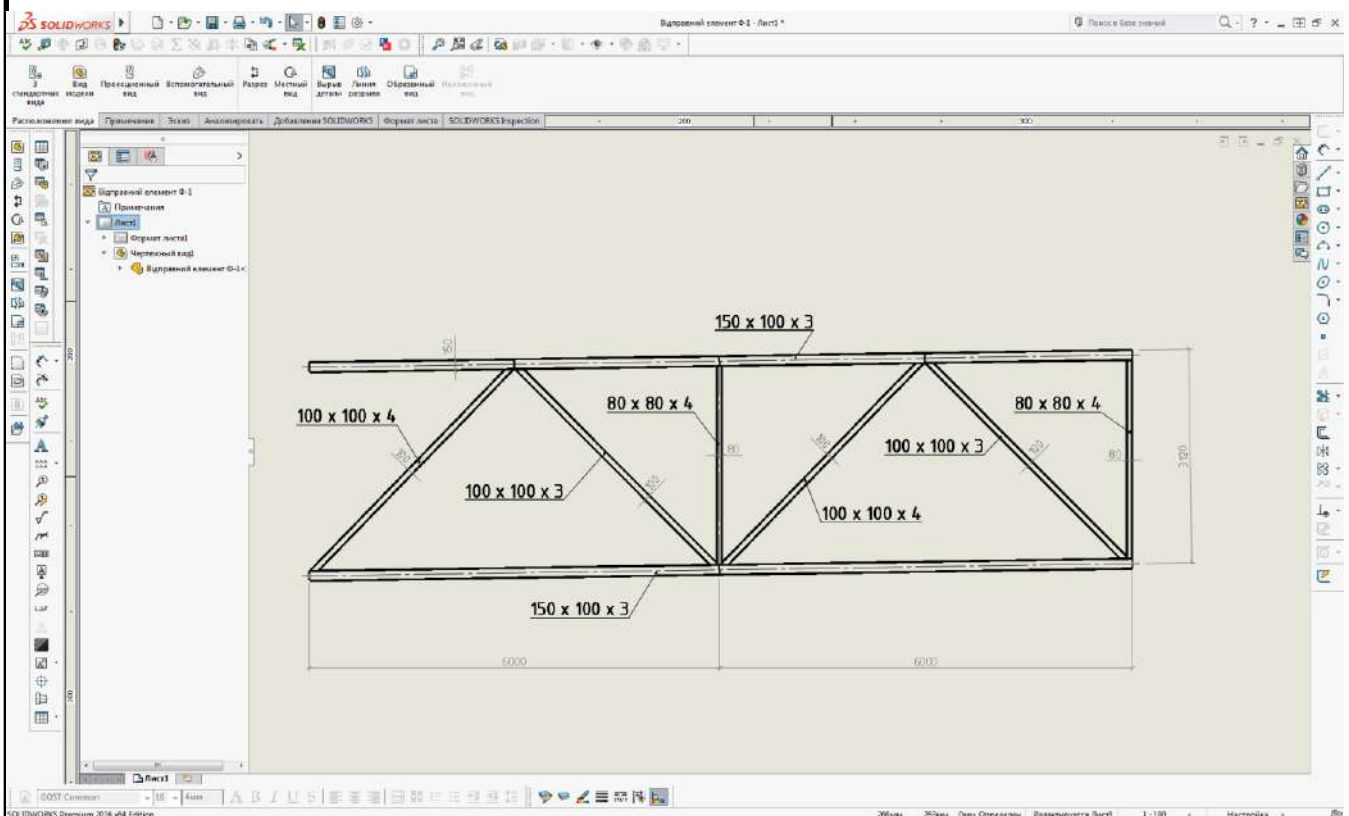


Рис. 2.31 Відправний елемент Ф-1 з профільних труб.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Після побудови сітки та запуску аналізу будуємо епюри осьових зусиль, моментів, напружень, переміщень, запасу міцності у середовищі SW Simulation. Розрахунки наведено у додатках, результати представлено на рис. 2.32—2. 37.

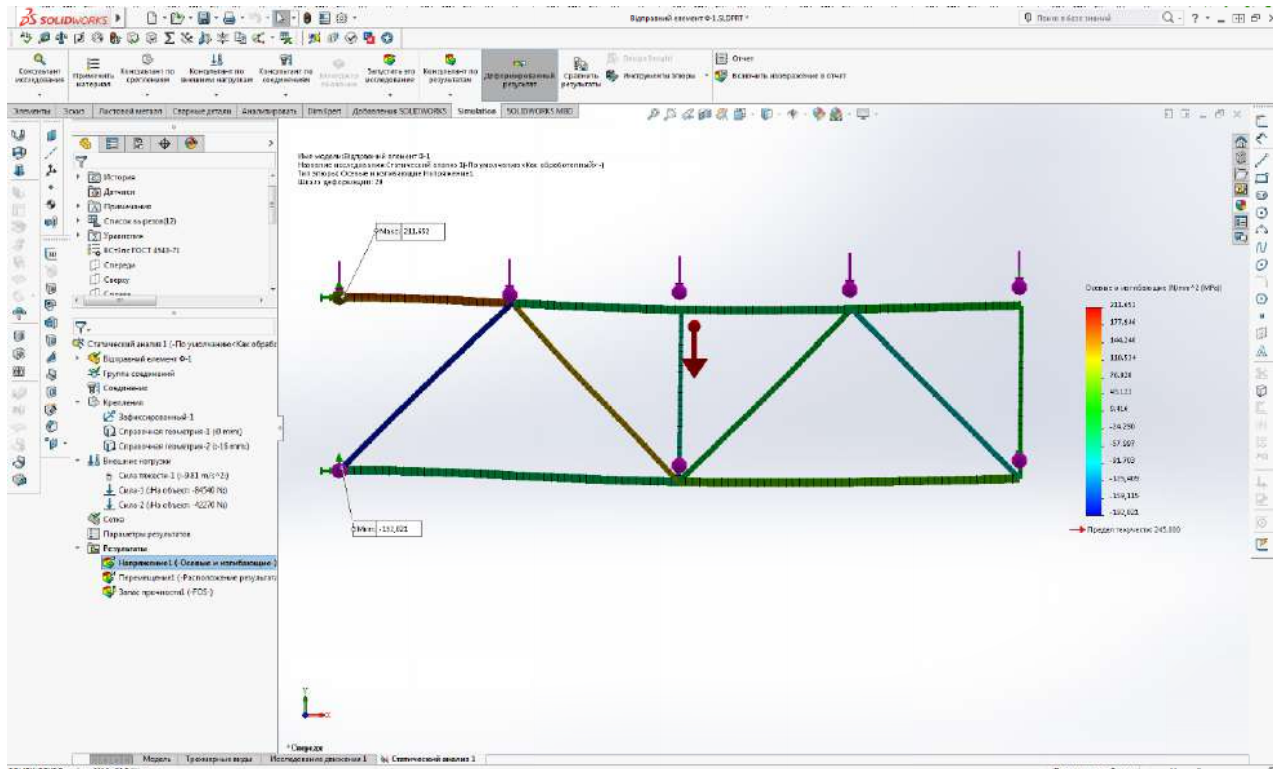


Рис.2. 32 Епюра напружень відправного елемента Ф-1 з профільних труб

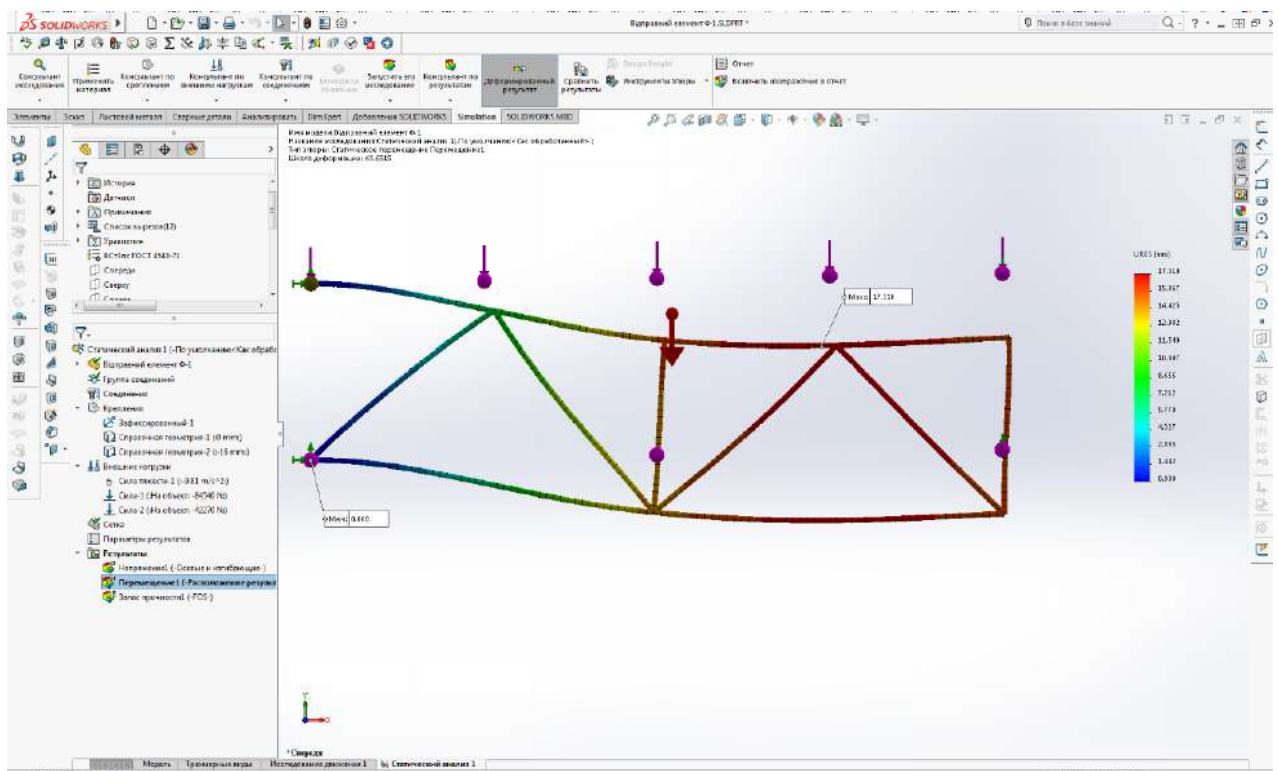
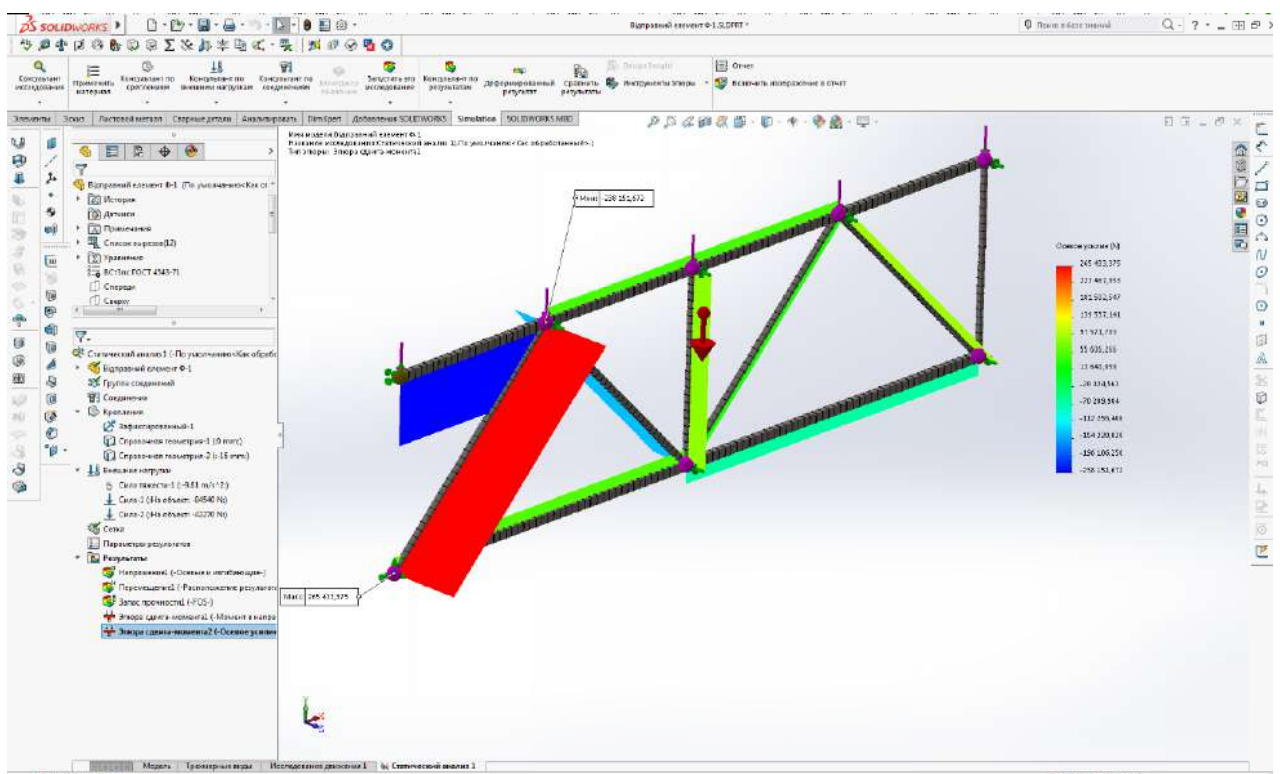
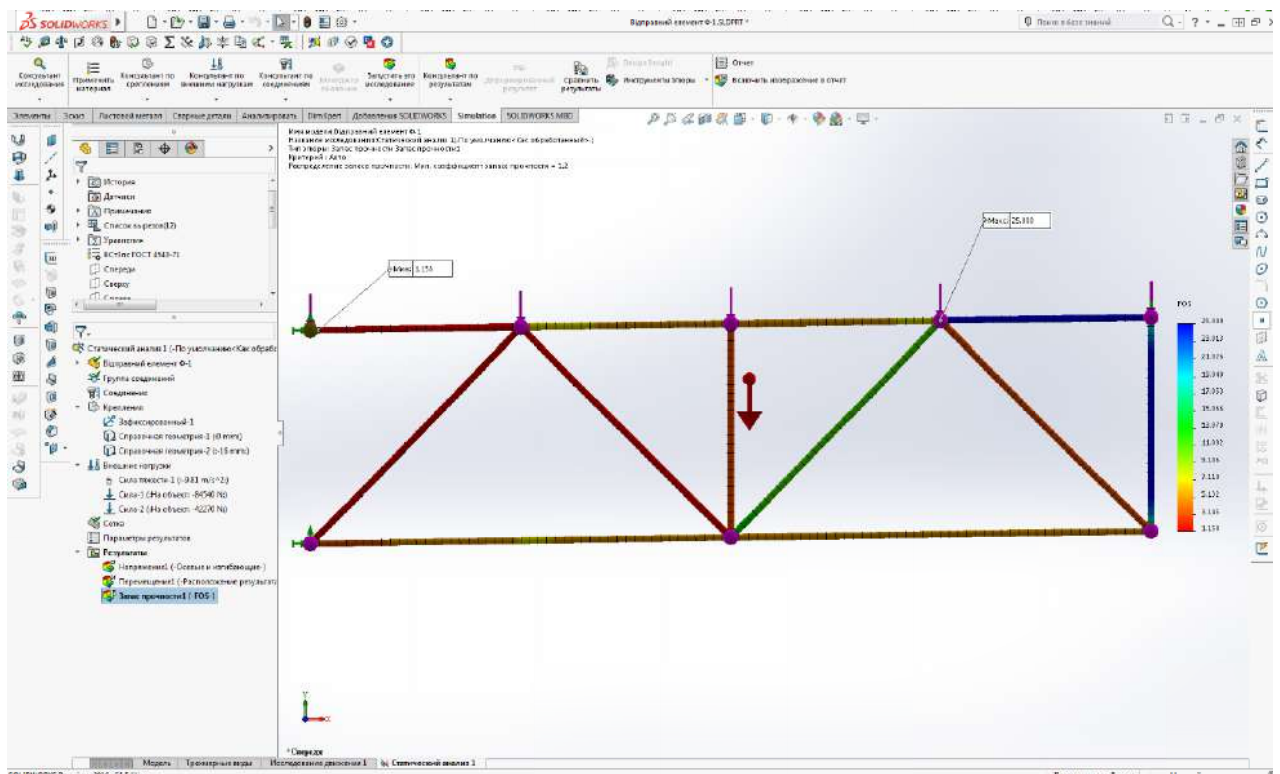


Рис. 2.33. Епюра переміщень відправного елемента Ф-1 з профільних труб

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.



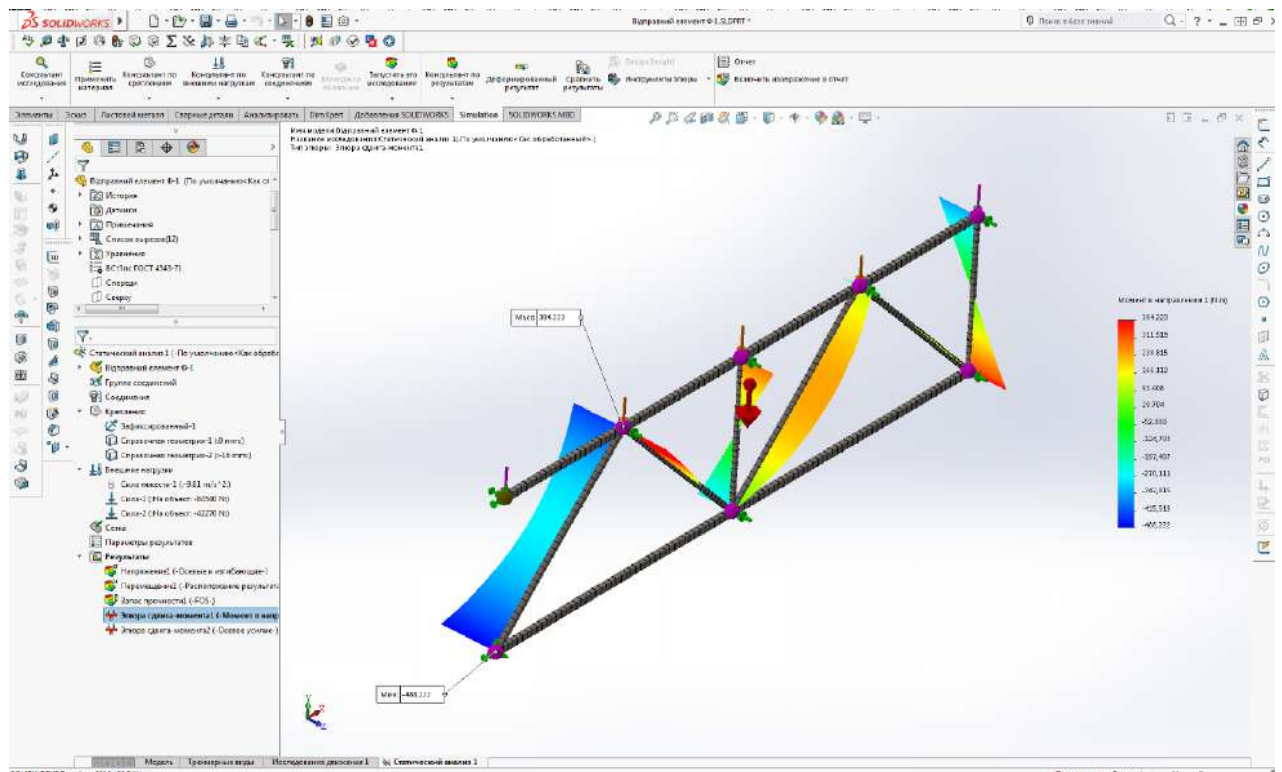


Рис.2.36. Епюра моментів 1.

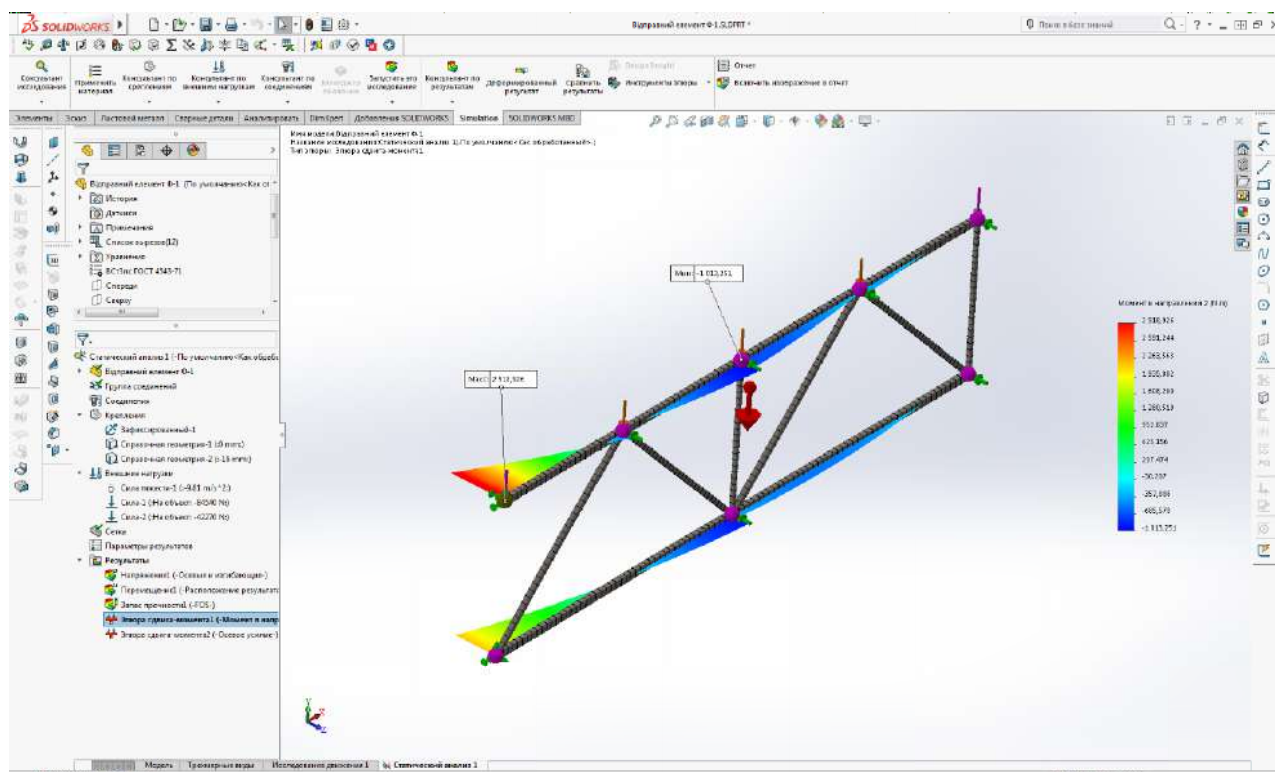


Рис. 2.37. Епюра моментів 2.

Несуча здатність та деформації обраних профілів повністю задовольняють вимогам першої та другої груп граничних станів. Завдяки переходу від таврів та кутників до профільних труб зменшиться не тільки обсяг зварних робіт, але й значно зменшується маса виробу (рис.2.38):

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

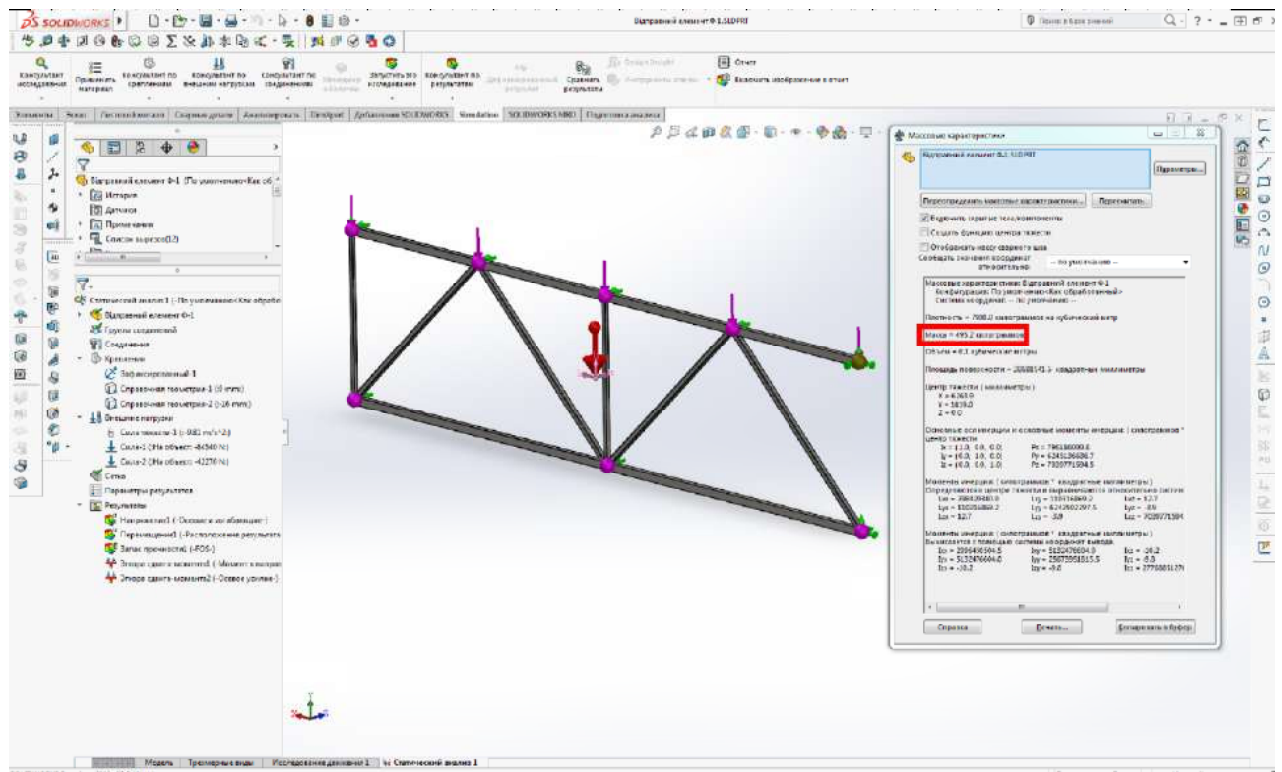


Рис. 2.38. Масові характеристики відправного елемента Ф-1

Отримана маса виробу з профільної труби – 495 кг, що вдвічі менше від маси ферми виконаної з кутників та таврів.

Таким чином умова оптимізації конструкції металевої ферми виконано. В повному обсязі розрахунки з використанням програмного комплексу SolidWorks на підставі яких побудовано епюри, що наведені на рис.2.4—2.38 наведено в додатку 2.

Розрахунки вузлів та з'єднань елементів ферми виконуємо за методиками, наведеними в [11, 13] та зводимо в додатку 3.

3.Розділ “Економіка будівництва”

Розрахунки з економічного розділу виконані за допомогою розрахунково-комп’ютерної програми “АВК 3” і наведені в додатку 4.

					ДМК 017 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата		

4. Розділ “Охорона праці”

4.1.Заходи з охорони праці при виконанні робіт по зведенню металевих конструкції цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання на Полтавському ГЗК.

Заходи та розрахунки з охорони праці визначаємо та виконуємо по відомим джерелам та методикам [16, 17,18, 19]

4.1.1. Заходи з охорони праці при виконанні транспортних робіт по доставці металевих конструкцій для зведення цеху

1. Необхідно своєчасно забезпечити технічне обслуговування та ремонт у відповідності з інструкцією заводу виробника.

2. Транспортування довгомірних або важковагових конструкцій, великогабаритних вантажів повинно виконуватися на спеціальному транспорті.

3. Для запобігання перекочування чи падіння вантажів повинні бути закріплені та розміщені відповідно до технічних умов погрузки та кріплення даного виду погрузки та кріплення даного типу вантажу.

4. Рух транспорту по льосу річок або водойму допускається тільки по спеціально визначених маршрутах, що актуально для місцевості Горишніх Плавнів, які знаходяться на березі Дніпра.

6. При розвантаженні самоскидів на носилках або вилках їх слід встановлювати не ближче, ніж за 1 м від бровки природного льосу.

4.1.2. Заходи з охорони праці при навантажуванні - розвантажуванні металевих конструкцій .

1. Площадки для навантажувально-розвантажувальних робіт повинні бути сплановані і мати нахил не більше 5°.

2. Строповку вантажів необхідно виконувати інвентарними стропами або спеціальними вантажозахватними пристроями, виготовленими по затвердженому проекту.

3. Встановлення (складання) на транспортні засоби вантажів повинно забезпечувати надійне положення вантажу при транспортуванні та розвантаженні.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

4. При виконанні навантажувально-розвантажувальних робіт не допускається строповка вантажу, який знаходиться в нестійкому стані.

5. Перед навантаженням або розвантаженням панелей, блоків та інших залізобетонних конструкцій монтажні петлі повинні бути оглянуті, відчищені від розчину чи бетону, при необхідності виправлені без пошкодження конструкції.

6. При завантаженні автомобілів екскаваторами шоферу та іншим людям забороняється знаходитися в кабіні автомобіля, без козирку.

4.1.3. Заходи з охорони праці при виконанні монтажу металевих конструкцій цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання.

1. На ділянці, де ведуться монтажні роботи, не допускається виконання інших робіт та присутність зайвих людей.

2. Способи строповки елементів конструкцій та устаткування повинні виконувати їх подачу до місця влаштування в положення, близьке до проектного.

3. Очистку елементів які монтуються треба проводити до монтажу останніх.

4. Під час перерв в роботі не допускається залишати підняті елементи конструкцій та устаткування на висоті.

5. До виконання монтажних робіт необхідно установити порядок обміну умовними сигналами між лицем, яке керує вантажем, та машиністом. Усі сигнали подаються тільки однією людиною (бригадиром, такелажником), крім сигналу “стоп”, котрий може бути поданий будь яким робітником, який бачить небезпеку.

6. При переміщенні конструкцій або устаткування відстань між ними та виступаючими частинами змонтованого устаткування повинно бути по горизонталі не менше 1м, по вертикалі-0,5м.

7. Встановлені у проектне положення елементи конструкцій або обладнання повинні бути закріплені таким чином, щоб забезпечувалася їх стійкість і геометрична незмінність.

					ДМК 017 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата		

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

9. Монтаж конструкцій кожного наступного яруса (ділянки) будівлі або споруди слід виконувати тільки після надійного закріплення всіх елементів попереднього яруса (ділянки) відповідно проекту.

10. В процесі монтажу конструкцій, будівель або споруд монтажники повинні знаходитися на заздалегідь встановлених і закріплених конструкціях або засобах підмоцнування.

4.1.4. Заходи з охорони праці при електрозварювальних і газопламенних робіт при монтажі металевих конструкцій.

1. При виконанні електрозварювальних і газо пламенних робіт необхідно дотримуватися вимог Санітарних правил при зварюванні, наплавці і різанні металів.

2. Місця виконання електрозварювальних і газопламенних робіт на данному, а також нижчерозташованих ярусах (при відсутності негорючого захисного настилу або настилу захищеного негорючим матеріалом) повинні бути вивільнені від горючих матеріалів в радіусі не менше ніж 5 м, а від вибухонебезпечних матеріалів і установок (в тому числі газових балонів і газогенераторів) – 10 м.

3. Закріплення газопроводячих рукавів на ніппелях горілок, різаків і редукторів, а також в місцях нарощування рукавів необхідно здійснювати стяжними хомутами.

4. Для підведення зварювального струму до електротримача і горілкам для дугового зварювання необхідно застосовувати ізольовані гнучкі кабелі, розраховані на надійну роботу при максимальних електричних навантаженнях з врахуванням тривалості цикла зварювання.

З'днання зварювальних кабелей слід виконувати, як правило, опресовкою, зварюванням або пайкою.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

5. В електрозварювальних апаратах і джерелах струму повинні бути передбачені і встановлені надійні огороження елементів, що знаходяться під напругою.

Металеві частини електрозварювального обладнання, що не знаходиться під напругою, а також зварюємі елементи і конструкції на весь час зварювання повинні бути заземлені, а у зварювального трансформатора, крім цього, необхідно з'єднати заземлюючий болт корпусу з зажимом вторинної обмотки, до якого приєднується обернений дріт.

6. Виконання електрозварювальних робіт під час дождю або снігопаду при відсутності навісів над електрозварювальним обладнанням і робочим місцем електрозварювальника не допускається.

7. Робочі місця зварювальників в приміщенні при зварюванні відкритою дугою повинні бути віддалені від суміжних робочих місць і проходів незгоряємими екранами (ширмами, щитами) висотою не менше 1,8 м.

При зварюванні на відкритому повітрі такі огороження слід ставити у випадку одночасної роботи декількох зварювальників поблизу один від одного і на ділянках руху людей.

8. Газові балони дозволяється перевозити, зберігати, видавати і отримувати тільки особам, що пройшли навчання по поводженню з ними.

Газові балони повинні бути захищені від ударів і дії прямих сонячних променей, а також віддалені від опалювальних приладів на відстані не менше 1 м.

9. При здійсненні контролю якості зварних швів за допомогою гамма-дефектоскопії необхідно дотримуватися вимог Основних санітарних правил роботи з радіоактивними речовинами і іншими джерелами іонізуючого випромінювання.

					ДМК 017 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата		

При контролі якості зварних з'єднань за допомогою ультразвука слід виконувати правила технічної експлуатації електроустановок.

4.1.5. Заходи з охорони праці при зведення покриття цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання.

1. Допуск робітників до виконання кровельних робіт виконується лише після огляду прорабом, або майстром з бригадиром справності несучих конструкцій даху та огороження.

2. Не допускається виконання кровельних робіт під час ожеледиці, туману, блискавки та вітру швидкістю більше 15 м/с.

3. Елементи та деталі покрівлі, в тому числі компенсатори в швах, захисні фартухи, водостічні труби, зливи, відвіси та ін. Слід подавати на робочі місця в заготовленому виді.

Заготовка вказаних елементів та деталей на даху не дозволяється.

4. Розміщення матеріалів на даху допускається тільки в місцях, призначених проектом виконання робіт, з прийняттям мір проти їх падіння, в тому числі, від дії вітру.

5. При виконанні покрівельних робіт з використанням бітумних мастик, приміщення для обігріву людей, зберігання та приймання їжі, слід розміщувати не ближче 10 м від робочих місць.

4.2. Інженерні рішення з охорони праці.

4.2.1. Розрахункова перевірка її стійкості металевої ферми при монтажі.

Ферма прольотом $L = 12$ м, висотою $h = 202$ см.

Моменти інерції нижнього та верхнього поясів:

$$I_{н\ max}^y = 1820\ \text{см}^2; \quad I_{н\ min}^y = 912\ \text{см}^4; \quad I_{в\ max}^y = 2200\ \text{см}^4; \quad I_{в\ min}^y = 1630\ \text{см}^4.$$

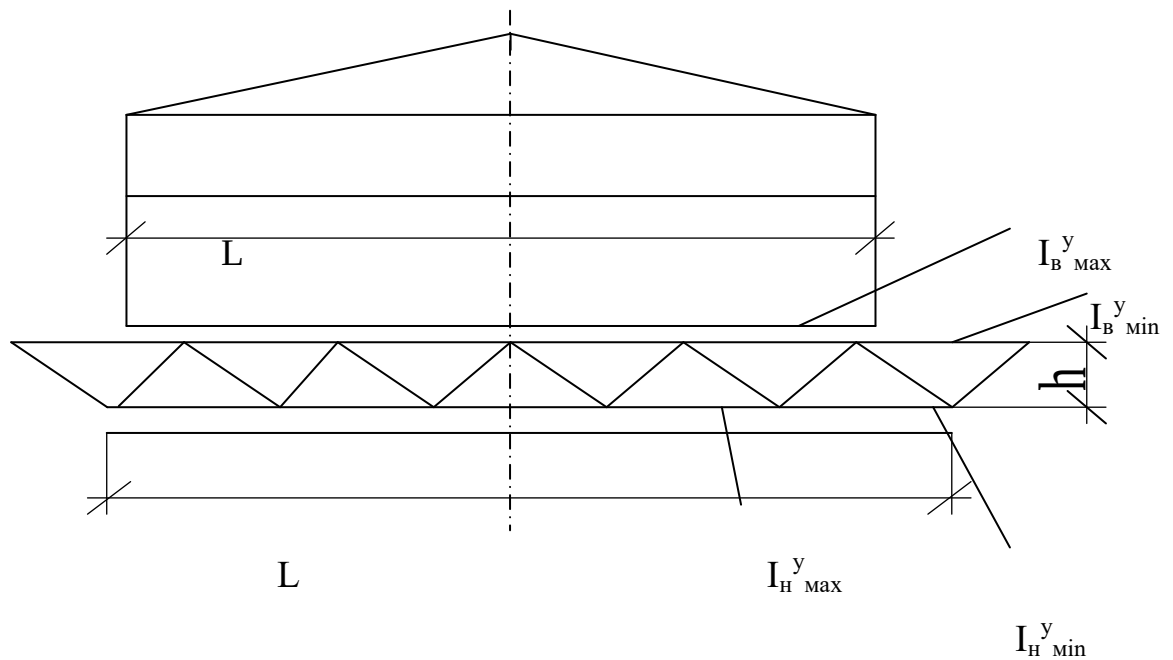


Рис 4.1 Розрахункова схема металевої ферми при монтажі.

Приймаємо масу ферми $Q_{\phi} = 1800$ кг, в тому числі, решітки $Q_p = 392$ кг, верхнього поясу $Q_b = 824$ кг, нижнього поясу $Q_n = 422$ кг.

Визначаємо зведені моменти інерції поясів ферми:

$$\alpha_m = 0,986 ; \quad \alpha_b = 0,872.$$

$$I_{n\text{ пр}}^y = I_{n\text{ min}}^y \cdot \alpha_m = 1820 \cdot 0,986 = 1960 \text{ см}^2;$$

$$I_{b\text{ пр}}^y = I_{m\text{ max}}^y \cdot Q_b = 2200 \cdot 0,972 = 2140 \text{ см}^4.$$

Визначаємо зведену масу ферми:

$$Q_{\text{пр}} = Q_p + 8,4 \cdot Q_{\text{ст}}$$

де

$Q_{\text{ст}}$ - маса однієї стінки;

$$Q_{\text{пр}} = 1800 + 8,4 \cdot 54 = 2253,6 \text{ кг.}$$

Визначаємо центр ваги:

$$\beta = (2 Q_n + Q_b) / Q_{\phi};$$

$$\beta = (2 \cdot 422 + 392) / 2253,6 = 0,55.$$

Коефіцієнт, врахування відстані між точками строповки.

$$\gamma = 6 / (20(1 - \alpha) - 5(1 - \alpha)^4 - D)$$

$$\gamma = (20(1 - 0,33) - 9(1 - 0,33)^4 - 99) = 1,82$$

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Визначаємо критичну масу ферми:

$$Q_{кр} = (160 \gamma \beta E h (I_H^y + I_B^y)) / L^3$$

$$Q_{кр} = (160 \cdot 1,82 \cdot 0,55 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 220 (1690 + 1140)) / 1800^3 = 14300 \text{ кг}$$

Визначаємо коефіцієнт стійкості за формулою:

$$R_3 = Q_{кр} / Q_{пр} = 14300 / 2253,6 = 6,34 > R_3^H = 1,7$$

Таким чином стійкість ферми при монтажі забезпечена.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Висновки

1. При виконанні магістерської роботи в якості об'єкта дослідження були

прийняті конструктивні рішення металевих несучих конструкцій цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання на Полтавському ГЗК. Наукова робота полягала в розрахунковому визначенні нових конструктивних рішень і виборі варіантів поперечних перетинів ферм покрівлі цеху з метою зменшення маси виробу зі збереженням допустимих параметрів стійкості та міцності металоконструкцій.

2. Після визначення навантажень виконувався аналітичний розрахунок ферми методом вирізання вузлів (метод Ріттера). З метою перевірки аналітичного розрахунку та доцільності використання обраних сортаментних профілів виконувалось комп'ютерне моделювання ферми за допомогою програмного комплексу SolidWorks. Доведено, що визначені за допомогою інструменту SW Simulation значення внутрішніх зусиль в стрижнях приблизно дорівнюють результатам аналітичного розрахунку.

Так як при аналітичних і комп'ютерних розрахунках ферма, що досліджується, розглядалась як ферма з паралельними поясами, визначався вплив виконання поясів похилими на результати розрахунків.

Отримані результати показали, що мінімальний запас міцності двох стрижнів складає - 1,05 при необхідному запасі міцності – 1,2. Запропоновано замінити стрижні (розкоси), які виконано з кутників 70x70x6 на кутники 70x70x7, це збільшило коефіцієнт запасу міцності до 1,26, що задовольняє умовам міцності.

3. Виконувалось комп'ютерне моделювання варіантів виконання елементів ферми із зварних стрижнів, листового металу та з профільних труб. Комп'ютерне моделювання показало, що в деяких деталях з листового металу ферми з похилими поясами виникають високі напруження. Запропоновано внести зміни в конструкцію деталей, а саме збільшити розміри закладних

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

деталі, та зрізати фаски на кутах. Дослідження напруженого стану деталей після коригування показало виконання умов міцності.

4. Комп'ютерне моделювання ферми, елементи якої виконано з труб квадратного перерізу, довело, що несуча здатність та деформації обраних профілів повністю задовольняють вимогам першої та другої групам граничних станів. При цьому маса відправного елемента (напівферми) згідно аналітичних розрахунків становить 1079 кг. Маса виробу з профільних труб становить – 495 кг, що вдвічі менше від маси ферми виконаної з кутників та таврів. Таким чином умова оптимізації конструкції металевої ферми виконано.

5. Розроблені заходи з охорони праці з урахуванням особливостей будівництва цеху ремонту видобувного та збагачувального обладнання в місті Горишні Плавні.

6. Виконані кошторисні розрахунки по зведенню цеху ремонту видобувного та збагачувального обладнання в місті Горишні Плавні.

					ДМК 017 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата		

Література

- 1.Горішні Плавні Вікіпедія Інтернет ресурс
https://uk.wikipedia.org/wiki/Горішні_Плавні.
2. Полтавський_гірничо-збагачувальний_комбінат. Вікіпедія Інтернет ресурс
https://uk.wikipedia.org/wiki/Полтавський_гірничо-збагачувальний_комбінат
3. Архитектура гражданских и промышленных зданий Уч. для ВУЗов. В 5 т. Под общей редакцией В.М. Предтеченского. Т II. Основы проектирования. Изд 2-е, переработанное и дополненное. М., Стройиздат, 1976. 215 с.
4. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу.- К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 62 с.
5. ДСТУ Б В.2.6 – 189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 46 с.
6. Методика аналізу процесу теплопередачі у вузлах городжувальних конструкцій будівель. / С.О. Джирма, В.А. Пашинський, В.А. Настоящий, М.В. Пашинський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2020. – Вип. № 78. – С. 71-78. Index Copernicus DOI: 10.31650/2415-377X-2020-78-71-78.
7. Будівельна кліматологія ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
8. Спрощена методика нормування температурних впливів на несучі будівельні конструкції для території України [Електронний ресурс] / В. А. Пашинський, Н. В. Пушкар, В. В. Пашинський // [Комунальне господарство міст. Серія : Технічні науки та архітектура](#). - 2015. - Вип. 121. - С. 45-50. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2015_121_12.
9. ДСТУ Б В.2.6 – 189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 46 с.
10. Стальные конструкции производственных зданий: Справочник / А.А.Нилов, В.А.Пермяков, А.Я.Прицнер. – К.: Будівельник, 1986. – 272 с.

- 11.Клименко Ф. Є., Барабаш В. М., Стороженко Л.І. Металеві конструкції: / За ред. Ф.Є Клименка : Підручник. – 2-ге видання, випр. і доп. – Львів: Світ, 2002. – 312 с. Режим доступу: <http://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=875>

- 12.ДБН В.1.2.-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування, Київ, Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України 2006 – 62 с.

13. Металлические конструкции. Учебник для студентов высших учебных заведений / Ю.И. Кудишин, Е. И. Беленя, В.С. Игнатьева и др. ; под редакцией Ю.И. Кудишина. 10-е издание. – М.: Издательский центр "Академия", 2007. – 688 с. Режим доступу: <http://pvakntu.pp.ua/metalevi-konstruktsiyi/>

- 14.Іванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини / Ф.К. Іванченко—К.: Вища школа ,1993—413 стр.

- 15.Прерис А.М. SolidWorks. Учебный Курс. Питер, 2006. – 528 с.

- 16.ОХОРОНА ПРАЦІ І ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА У БУДІВНИЦТВІ.
Основні положення ДБН А.3.2-2-2009 Київ Мінрегіонбуд України 2012 – 114 стр.

- 17.Охорона праці в будівництві: Навч. посіб. посібник / за редакцією Коржика Б. М. і Іванова В.М. - Харків: Форт, 2010. - 388 с.

18. Ярошевська В. М., Чабан В.Й. Охорона праці в будівельній галузі: Навч. посіб. - Рівне: НУВГП, 2005. - 313 с.

- 19.Охрана труда в строительстве. Инженерные решения: Справочник/ В.И. Русин, Г.Г. Орлов и др. – К.: Будивельник, 1990—208 с.

Зміст

Вступ.....	
1. Архітектурно-будівельний розділ.....	
2. Розрахунково-дослідницький розділ.....	
3. Розділ Економіка будівництва	
4. Розділ Охорона праці.....	
Висновки.....	
Література.....	
Зміст.....	
Додатки.....	

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

ДОДАТКИ.

					ДМК 017 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата		

Додаток 1.

Таблиця Д 2.5. Результати підбору перерізів стрижнів кроквяної ферми

Додаток 2.

**Побудування моделі та результати комп'ютерного моделювання
металевих конструкцій цеху ремонту видобувного та
збагачувального обладнання в місті Горишні Плавні в
середовищі
САПР «Solid works 2013» .**



Описание

Данные отсутствуют

Симуляция Ферма з похилими поясами (розрахунок)

Date: 19 августа 2021 г.

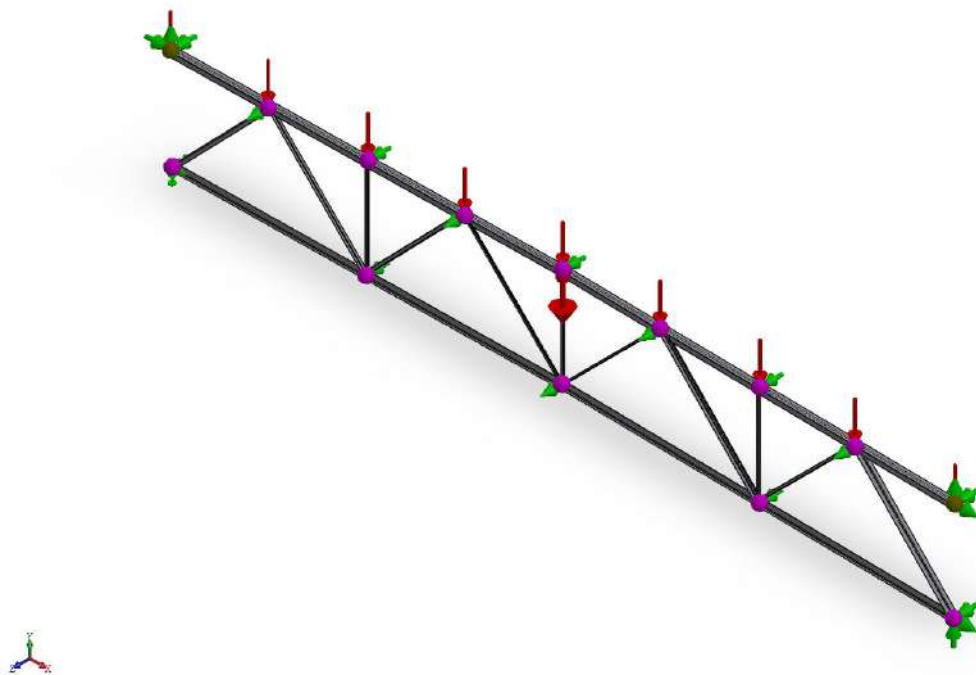
Создатель:: Solidworks

Имя исследования: Статический анализ 1

Тип анализа: Статический анализ

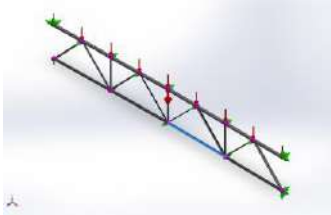
Содержание

Описание	78
Допущения	Ошибка! Закладка не определена.
Информация о модели	Ошибка! Закладка не ог
Свойства исследования	Ошибка! Закладка не о
Единицы.	Ошибка! Закладка не определена.
Свойства материала	Ошибка! Закладка не опре
Нагрузки и крепления	Ошибка! Закладка не оп
Определения соединителей	Ошибка! Закладка
Данные контакта	Ошибка! Закладка не опреде
Информация о сетке	Ошибка! Закладка не опр
Данные датчиков	Ошибка! Закладка не опреде
Результирующие силы	Ошибка! Закладка не оп
Балки	Ошибка! Закладка не определена.
Результаты исследования	Ошибка! Закладка не
Вывод	Ошибка! Закладка не определена.



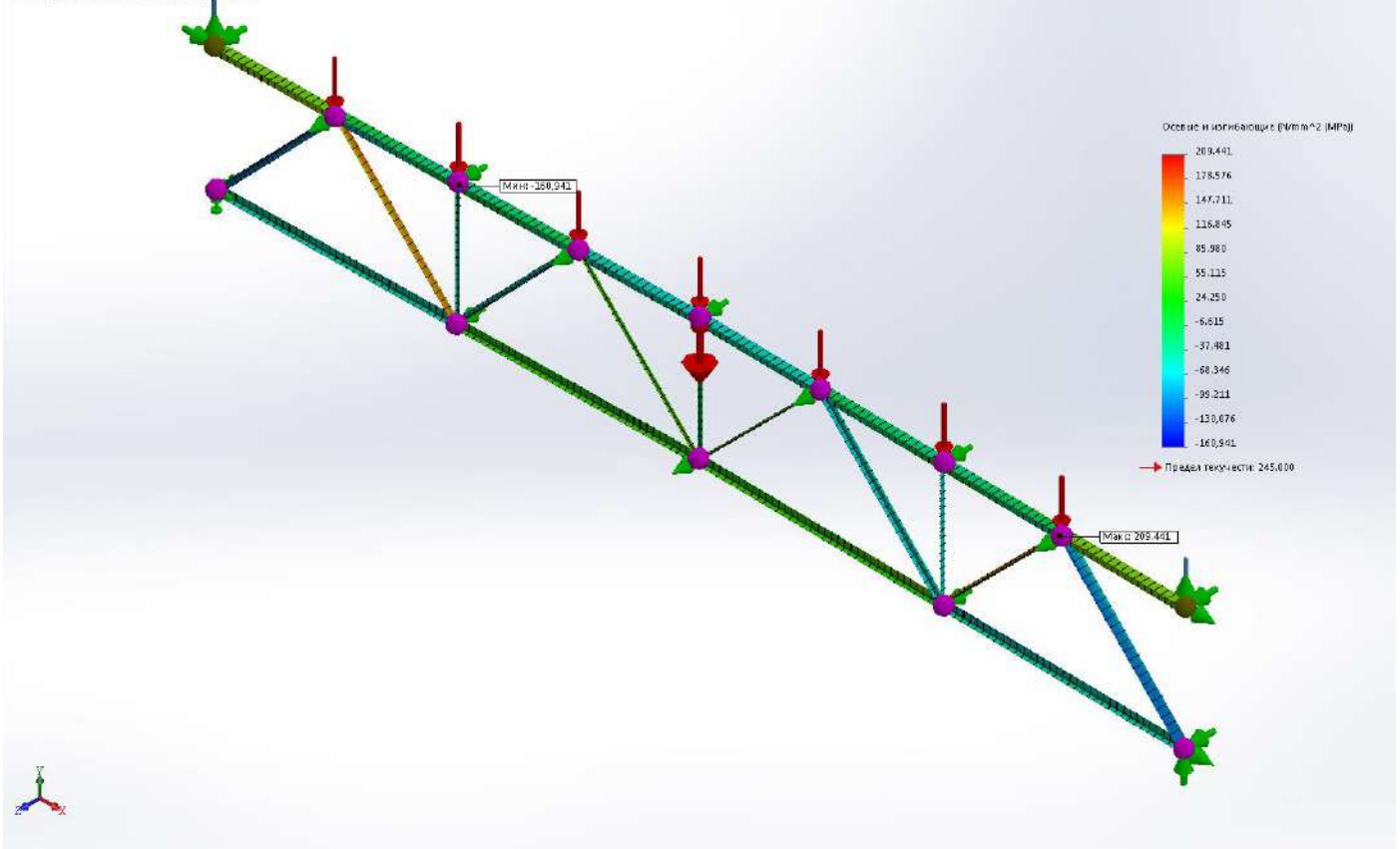
Имя модели: Ферма з похилими поясами (розрахунок)
Активная конфигурация: По умолчанию<Как обработанный>

Тела балок:

Имя и ссылки документа	Постановка	Свойства	Путь документа/Дата изменения
Балка-1 (Sb балка ТАРВ 20БТ2(1)[3]) 	Балка - Постоянного сечения	Стандарт сечения-iso/sb beam/Тавр 20БТ2 Площадь сечения: 0.00355478 m^2 Длина: 6000.62 mm Объем: 0.0213312 m^3 Массовая плотность: 7900 kg/m^3 Масса: 168.517 kg Масса: 1651.46 N	Aug 06 08:52:33 2021

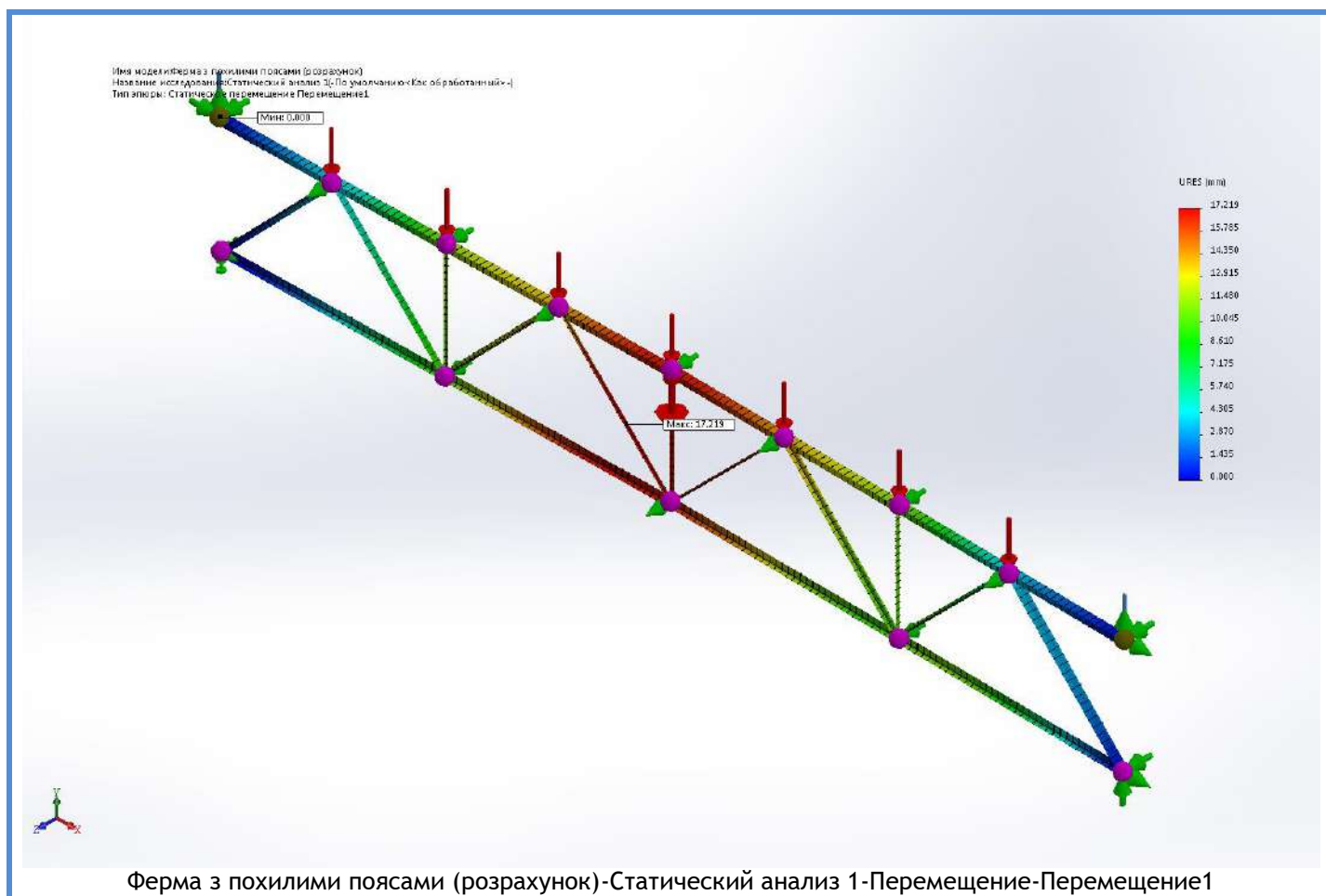
Имя	Тип	Мин	Макс
Напряжение1	Осевые и изгибающие	0.000 N/mm^2 (MPa) Элемент: 871	213.722 N/mm^2 (MPa) Элемент: 470

Имя модели: Ферма з похилими поясами (розрахунок)
 Назначение: Исследование статического анализа 1-го уровня (умолчанию) Как обработанный
 Тип анализа: Осевые и изгибающие Напряжение1

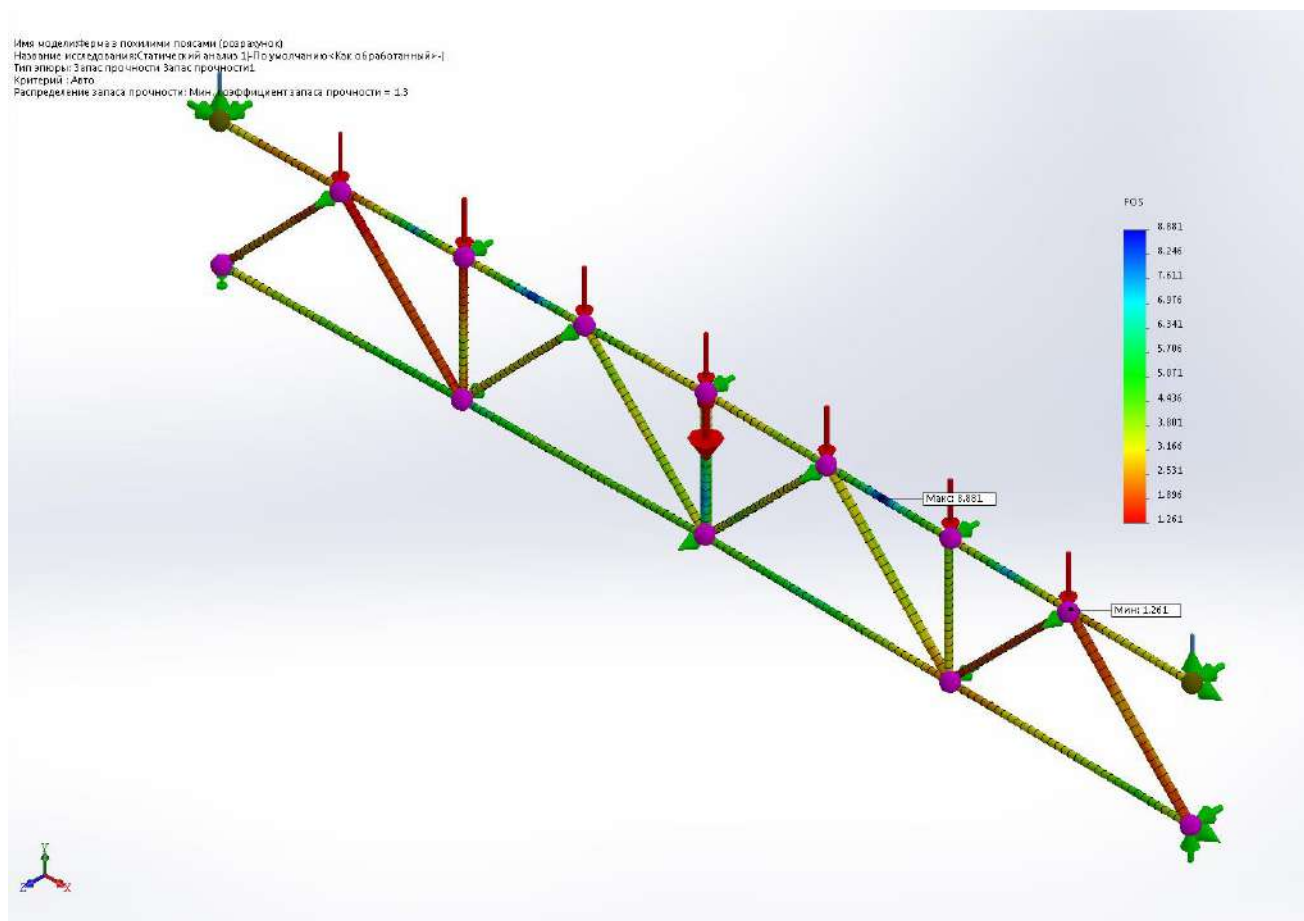


Ферма з похилими поясами (розрахунок)-Статический анализ 1-Напряжение-Напряжение1

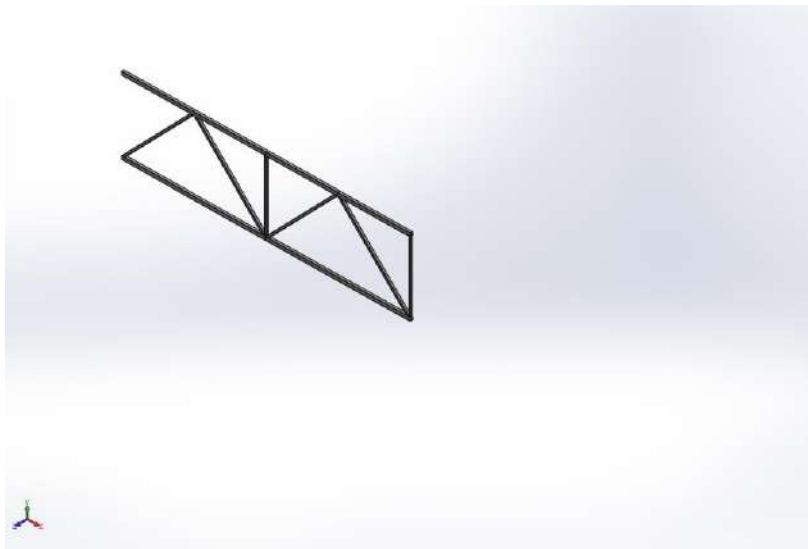
Имя	Тип	Мин	Макс
Перемещение1	URES: Результирующее перемещение	0.000 mm Узел: 323	17.219 mm Узел: 829



Имя	Тип
Перемещение1{1}	Деформированная форма



Ферма з похилими поясами (розрахунок)-Статический анализ 1-Запас прочности-Запас прочности1



Описание

Данные отсутствуют

Симуляция Відправний елемент Ф- 1

Date: 19 ОКТЯБРЯ 2021 г.

Создатель:: Solidworks

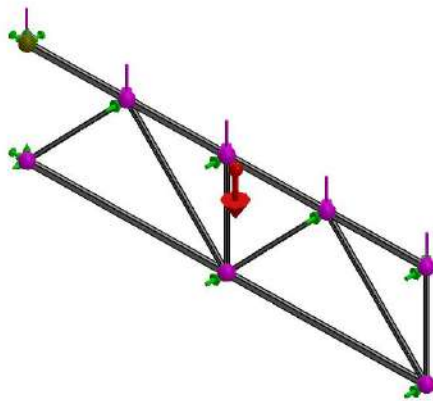
Имя исследования: Статический анализ 1

Тип анализа: Статический анализ

Содержание

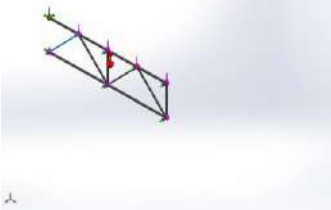
Описание	83
ДопущенияОшибка! Закладка не определена.	
Информация о модели.....	84
Свойства исследованияОшибка! Закладка не о	
Единицы. Ошибка! Закладка не определена.	
Свойства материала.....	85
Нагрузки и крепления	85
Определения соединителейОшибка! Закладка	
Данные контактаОшибка! Закладка не опреде	
Информация о сеткеОшибка! Закладка не опр	
Данные датчиковОшибка! Закладка не опреде	
Результирующие силыОшибка! Закладка не оп	
Балки Ошибка! Закладка не определена.	
Результаты исследования.....	88
Вывод Ошибка! Закладка не определена.	

Информация о модели

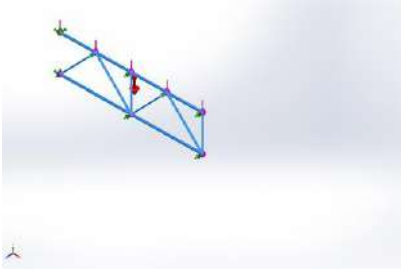


Имя модели: Відправний елемент Ф-1
Активная конфигурация: По умолчанию<Как обработанный>

Тела балок:

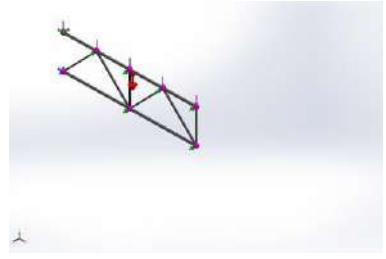
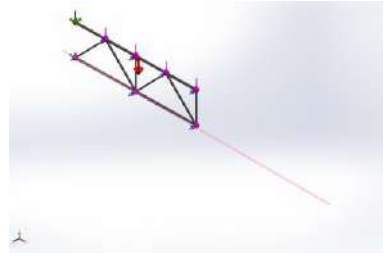
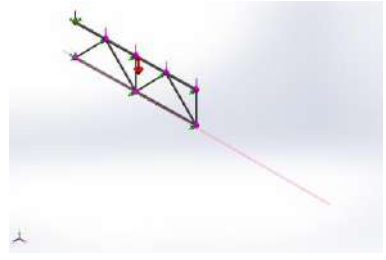
Имя и ссылки документа	Постановка	Свойства	Путь документа/Дата изменения
Балка-1(Отсечь/Удлинить2[1]) 	Балка - Постоянного сечения	Стандарт сечения- Площадь сечения: 0.00146733m² Длина:4098.33mm Объем:0.00601368m³ Массовая плотность:7900kg/m³ Масса:47.5081kg Масса:465.579N	Oct 18 15:17:18 2021

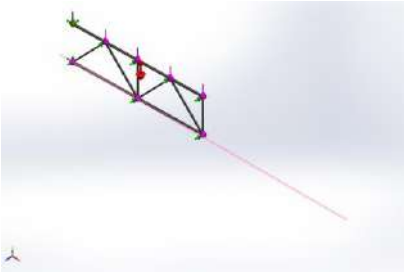
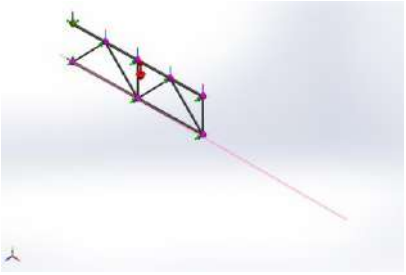
Свойства материала

Ссылка на модель	Свойства	Компоненты
	Имя: ВСт3пс ГОСТ 4543-71 Тип модели: Линейный Упругий Изотропный Критерий прочности по умолчанию: Неизвестно Предел текучести: 2.45e+008 N/m^2 Предел прочности при растяжении: 4.25e+008 N/m^2 Модуль упругости: 2.13e+011 N/m^2 Коэффициент Пуассона: 0.29 Массовая плотность: 7900 kg/m^3	Твердое тело 1(Отсечь/Удлинить2[1])(Відправний елемент Ф-1), Твердое тело 2(Отсечь/Удлинить2[5])(Відправний елемент Ф-1), Твердое тело 3(Отсечь/Удлинить3[2])(Відправний елемент Ф-1), Твердое тело 4(Прямоугольная труба 150 X 100 X 3(1)[1])(Відправний елемент Ф-1), Твердое тело 5(Отсечь/Удлинить2[4])(Відправний елемент Ф-1), Твердое тело 6(Прямоугольная труба 150 X 100 X 3(1)[2])(Відправний елемент Ф-1), Твердое тело 7(Отсечь/Удлинить2[3])(Відправний елемент Ф-1), Твердое тело 8(Прямоугольная труба 150 X 100 X 3(1)[3])(Відправний елемент Ф-1), Твердое тело 9(Отсечь/Удлинить2[2])(Відправний елемент Ф-1), Твердое тело 10(Отсечь/Удлинить3[1])(Відправний елемент Ф-1), Твердое тело 11(Прямоугольная труба 150 X 100 X 3(1)[5])(Відправний елемент Ф-1), Твердое тело 12(Отсечь/Удлинить2[6])(Відправний елемент Ф-1)
Данные кривой:N/A		

Нагрузки и крепления

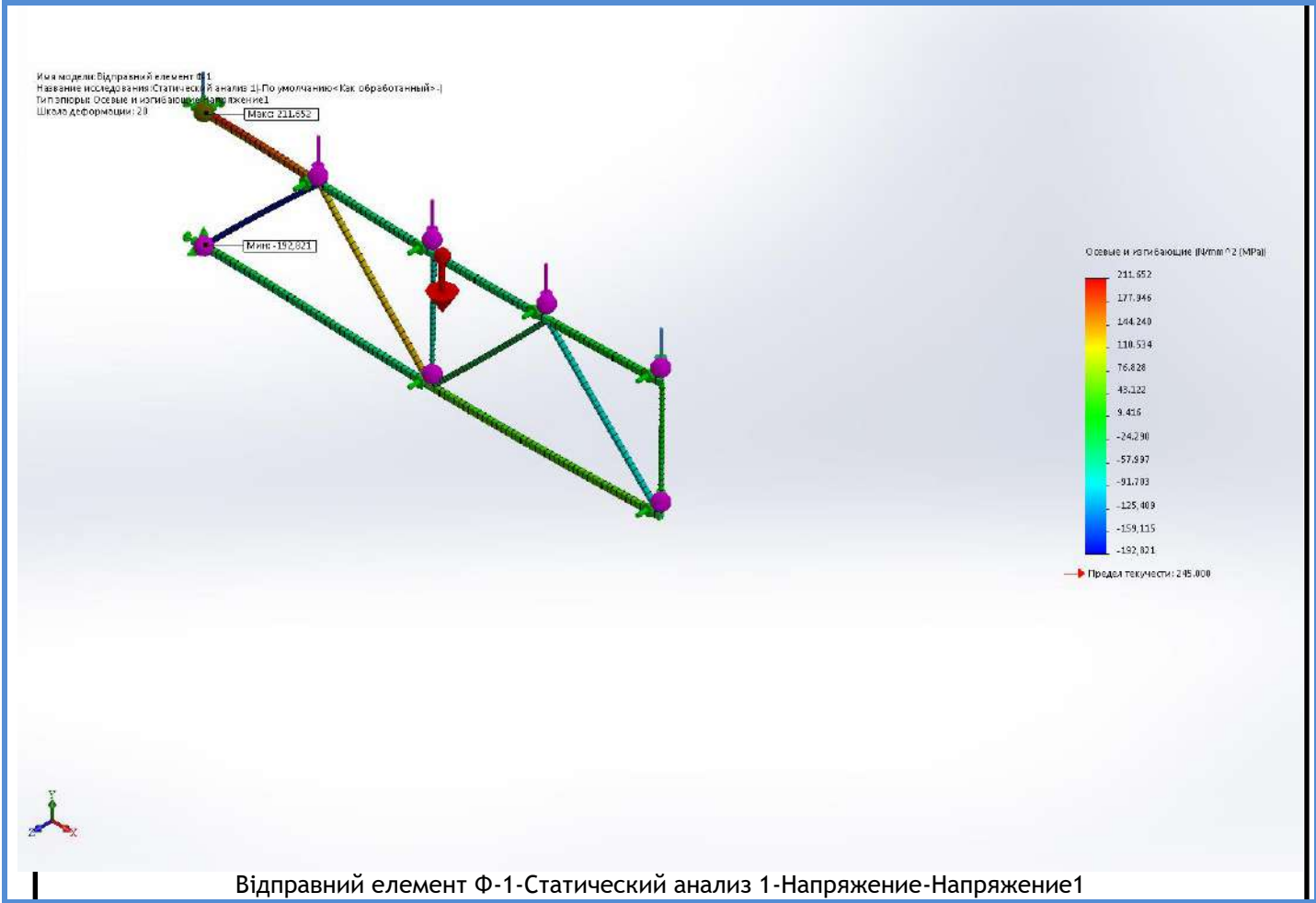
Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления
---------------	-----------------------	------------------

Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления
Зафиксированный-1		Объекты: 2 Joint(s) Тип: Зафиксированная геометрия
Справочная геометрия-1		Объекты: 6 Joint(s) Справочный: Сверху Тип: Использовать справочную геометрию Смещение: ---, 0, --- Вращение: ---, ---, --- Единицы измерения: mm, rad
Справочная геометрия-2		Объекты: 2 Joint(s) Справочный: Сверху Тип: Использовать справочную геометрию Смещение: ---, ---, -16 Вращение: ---, ---, --- Единицы измерения: mm, rad

Имя нагрузки	Загрузить изображение	Загрузить данные
Сила тяжести-1		Справочный: Сверху Значения: 0 0 -9.81 Единицы измерения: SI
Сила-1		Объекты: 1 плоскость(и), 3 Шарнир(ы) Справочный: Сверху Тип: Приложить силу Значения: ---, ---, -84540 N Моменты: ---, ---, --- N.m

Результаты исследования

Имя	Тип	Мин	Макс
Напряжение1	Осевые и изгибающие	0.484 N/mm^2 (MPa) Элемент: 77	211.488 N/mm^2 (MPa) Элемент: 117



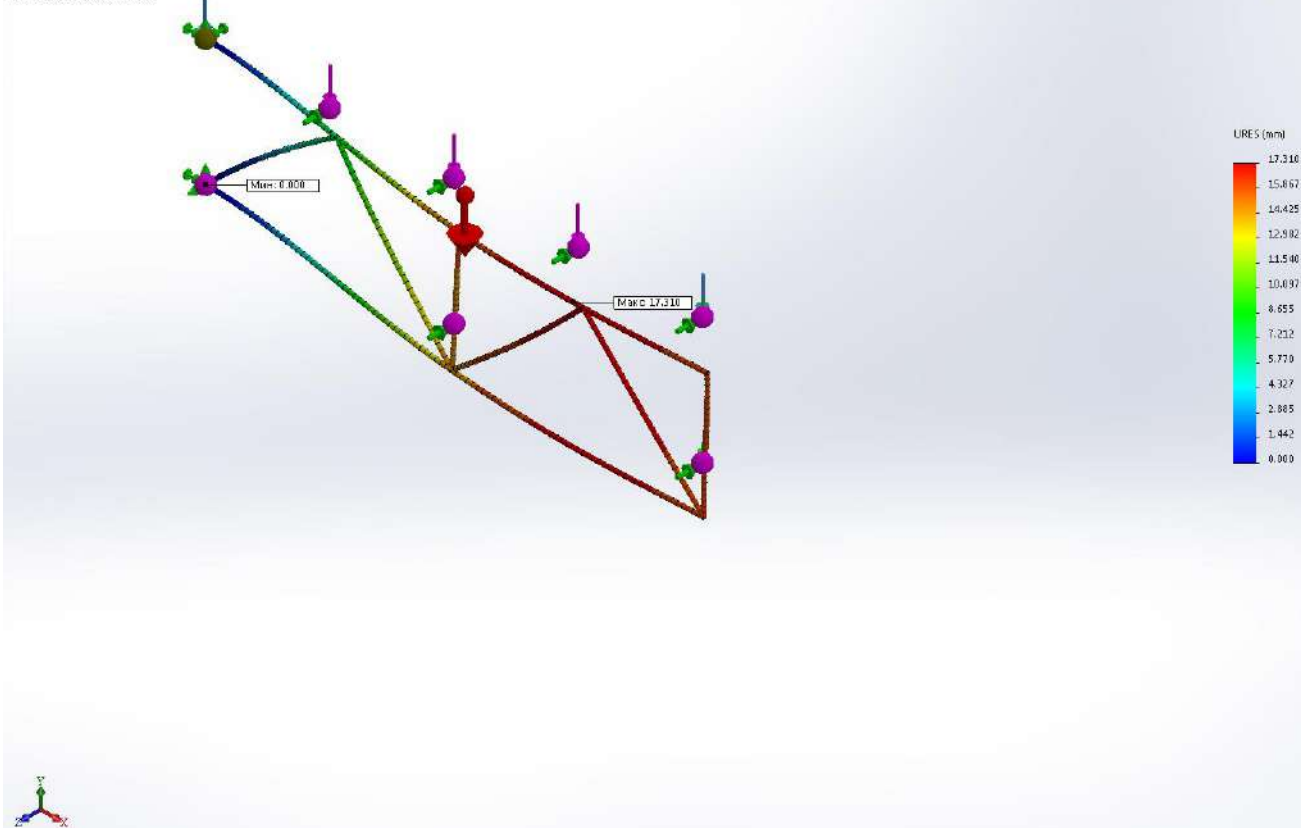
Имя	Тип	Мин	Макс
Перемещение1	URES: Результирующее перемещение	0.000 mm Узел: 36	17.310 mm Узел: 204

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Имя модели: Відправний елемент Ф-1
 Наименование исследования: Статический анализ 1 (По умолчанию «Как обработанный»)
 Тип задачи: Статическое перемещение Перемещение1
 Шкала деформации: 65.6325



Відправний елемент Ф-1-Статический анализ 1-Перемещение-Перемещение1

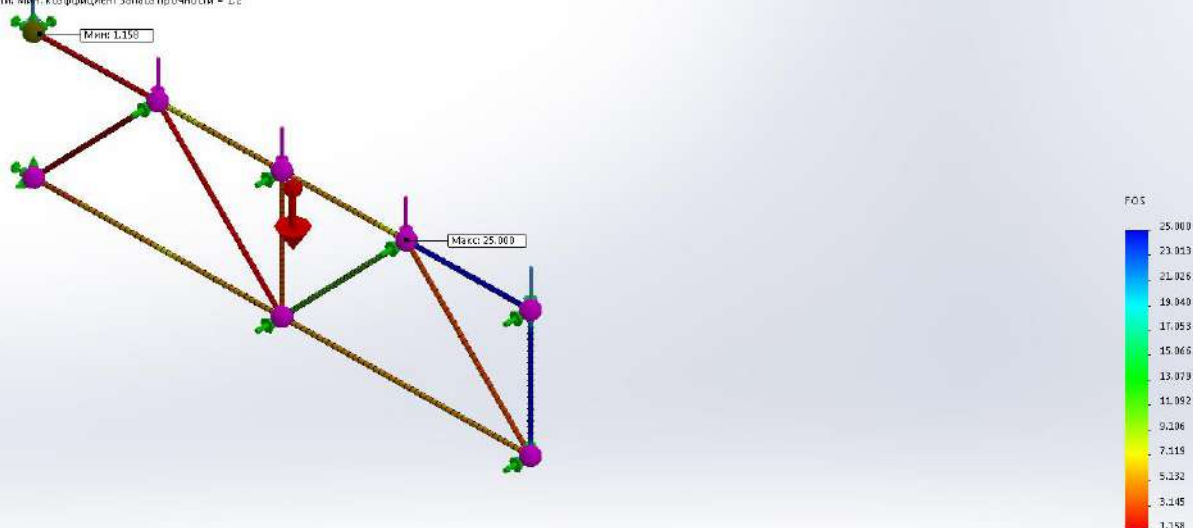
Имя	Тип	Мин	Макс
Запас прочности1	Авто	1.158 Узел: 118	25.000 Узел: 71

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Имя модели: Відправний елемент Ф-1
 Название исследования: Статический анализ 1-Запас прочности-Запас прочности1
 Тип элюция: Запас прочности-Запас прочности1
 Критерий: Авто
 Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 1.2



Відправний елемент Ф-1-Статический анализ 1-Запас прочности-Запас прочности1

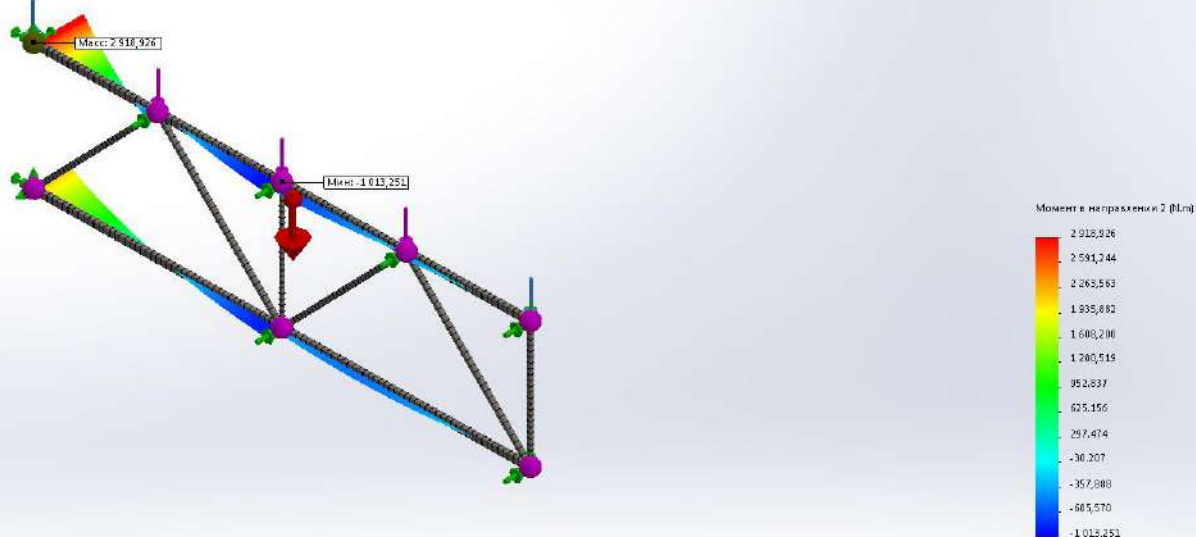
Имя	Тип
Элюция сдвига-момента1	Момент в направлении 2

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Имя модели: Відправний елемент Ф-1
 Название исследования: Статический анализ 1 (По умолчанию «Как обработанный»)
 Тип эпюры: Эпюра сдвига-момента1



Відправний елемент Ф-1-Статический анализ 1-Эпюра сдвига-момента-Эпюра сдвига-момента1

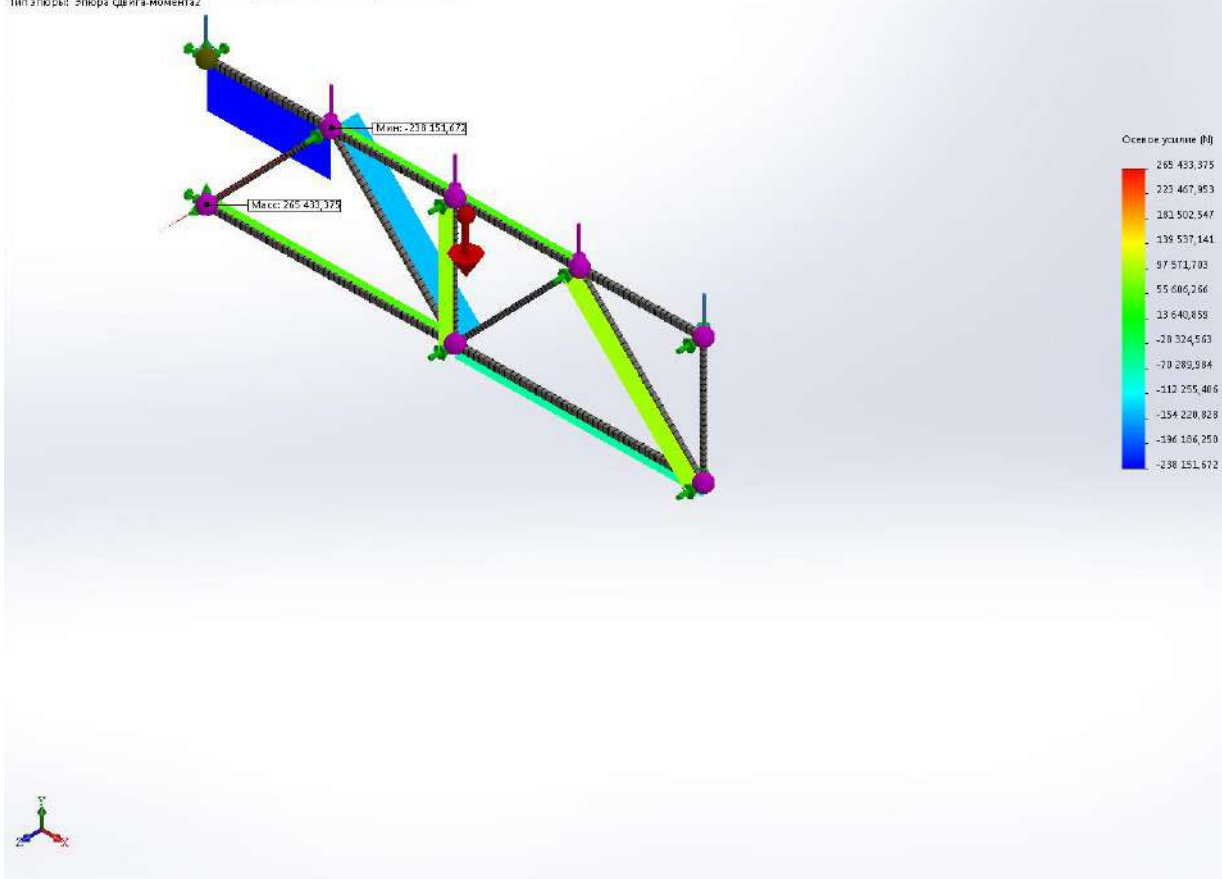
Имя	Тип
Эпюра сдвига-момента2	Осевое усилие

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Имя модели: Відправний елемент Ф-1
 Название исследования: Статический анализ 1 (По умолчанию «Как обработанный»)
 Тип эпюры: Эпюра сдвига-момента2



Відправний елемент Ф-1-Статический анализ 1-Эпюра сдвига-момента-Эпюра сдвига-момента2

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Додаток 3.

Розрахунки вузлів та з'єднань елементів ферми

Д 2.1. Розрахунок з'єднань елементів ферми

Зварювання виконуємо полуавтоматичною зваркою під флюсом, використовуючи зварний дріт *СВ – 08* діаметром *2мм*. Зварювальні шви прикріплення елементів решітки до поясів розраховуємо за металом шва, так як задовольняється умова:

$$R_{wf} \cdot \beta_f = 18 \cdot 0,9 = 16,2 \text{ кН} / \text{см}^2 < R_{wz} \cdot \beta_z = 16,65 \cdot 1,05 = 17,5 \text{ кН} / \text{см}^2, \text{ де}$$

β_f – коефіцієнт переходу від катета шва k_f до ширини відповідної площини руйнування за металом шва. Приймаємо $\beta_f = 0,9$ за ([13], стр. 39, табл.№34*) так як найбільше значення катета шва з усіх з'єднувальних елементів становить *6мм*.

R_{wf} – розрахунковий опір металу шва за наплавленим металом. Який приймаємо згідно ([13], стр. 6, табл.№3):

$$R_{wf} = 0,55 \frac{R_{wun}}{\gamma_{wm}}, \text{ де}$$

R_{wun} – нормативний опір металу шва. Приймаємо згідно ([13], стр. 7, табл.№4*). Для дроту марки *СВ – 08* $R_{wun} = 41 \text{ кН} / \text{см}^2$.

γ_{wm} – коефіцієнт надійності за металом шва. Який приймаємо за ([13], стр. 6, табл.№3, примітка №3) $\gamma_m = 1,25$.

Тоді отримаємо:

$$R_{wf} = 0,55 \frac{41}{1,25} = 18,04 \text{ кН} / \text{см}^2 \approx 18 \text{ кН} / \text{см}^2$$

β_z – коефіцієнт переходу від катета шва k_f до ширини відповідної площини руйнування за межою сплавлення. Приймаємо $\beta_z = 1,05$ за ([3], стр. 39, табл.№34*) так як найбільше значення катета шва з усіх з'єднувальних елементів становить *6мм*.

R_{wz} – розрахунковий опір металу шва за межою сплавління. Який приймаємо згідно ([3], стр. 6, табл.№3):

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

$$R_{wz} = 0,45 \cdot R_{un} = 0,45 \cdot 37 = 16,65 \text{ кН / см}^2, \text{ де}$$

R_{un} – нормативний опір металу конструкції. Приймаємо за ([3], стр. 64, табл. №51*). $R_{un} = 37 \text{ кН / см}^2$

– на обушку:

$$\ell^{об} = \frac{\alpha \cdot N_i}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c}, \text{ де}$$

α – коефіцієнт перерозподілу напружень по швах. Для рівнополичкових кутиків приймаємо для обушка $\alpha = 0,7$.

N_i – поздовжня сила у відповідному стрижени ферми.

k_f – катет шва, який визначаємо вихдячи з умови: $k_f \leq 1,2 \cdot t_{min}$ та $k_f \geq 4 \text{ мм}$,

де t_{min} – мінімальна товщина з'єднувальних елементів.

γ_{wf} – коефіцієнт надійності за матеріалом шва. Приймаємо згідно ([3], стр. 38, пункт 11.2*) $\gamma_{wf} = 1$.

γ_c – коефіцієнт умов роботи. Приймаємо $\gamma_c = 1$.

– на пері:

$$\ell^{перо} = \frac{\alpha \cdot N_i}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c}, \text{ де}$$

α – коефіцієнт перерозподілу напружень по швах. Для рівнополичкових кутиків приймаємо для пера $\alpha = 0,3$.

Всі інші величини приймаємо такіж самі як наведено вище. Розрахунок виконуємо у табличній формі. Результати зводимо у таблицю №5.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Таблиця Д 2.1 - Параметри з'єднання решітки з поясами

№ лем.	Зус., кН	Обушок, см (см ²)			Перо, см (см ²)			t, см	ℓ ₀ , см	i _{min} , см	i _{min} ×		n
		k _f	ℓ _{wf}	A _{wf}	k _f	ℓ _{wf}	A _{wf}				40	80	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10-2	-422	0,6	19	11,4	0,4	6	2,4	12	431	3,86	154, 4	-	2
2-11	299	0,6	13	7,8	0,4	4	1,6	5	424	2,16	-	172, 8	2
11-3	- 84,5	0,6	4	2,4	0,4	2	0,8	5	305	1,94	-	184, 8	3
11-4	-179	0,6	8	4,8	0,4	3	1,2	12	431	3,07	77,6	-	3
4-12	60,0 2	0,6	3	1,8	0,4	2	0,8	5	424	1,53	122, 8	-	3
12-5	- 84,6	0,6	4	2,4	0,4	2	0,8	5	305	2,44	97,6	-	3

Д 2.2. Розрахунок вузлів ферми

Д 2.2.1 Розрахунок і конструювання опорного вузла ферми

Всі елементи опорного вузла ферми виконуються з сталі марки ВСтЗпс6 (клас С245), розрахунковий опір $R_y = 24 \text{ кН} / \text{см}^2$, приймається попередньо для листового прокату товщиною 2 – 20 мм згідно ([3], стр. 64, табл. 51*).

Площу торцевого листа визначаємо виходячи з роботи сталі на зминання, тобто:

$$\sigma = \frac{R_{1-10}}{A_{on}} \leq R_p \cdot \gamma_c, \text{ де}$$

R_{1-10} – опорна реакція вузла ферми, тобто для опорного вузла – зминаюча сила. Вона дорівнює як наведено вище $R_{1-10} = 4 \cdot P = 4 \cdot 93,6 = 337,6 \text{ кН}$.

A_{on} – площа торця опорного ребра ферми.

R_p – розрахунковий опір зминанню торцевої поверхні. Визначається за ([3], стр. 5, табл. №1*), як:

$$R_p = \frac{R_{un}}{\gamma_m}, \text{ де}$$

R_{un} – нормативний опір листового прокату сталі. (в даному випадку сталі С245. Приймаємо згідно ([3], стр. 64, табл. №51*) $R_{un} = 37 \text{ кН} / \text{см}^2$.

γ_m – коефіцієнт надійності за матеріалом. Приймаємо за ([3], стр. 5, табл. №2*) $\gamma_m = 1,025$.

Тоді отримаємо:

$$R_p = \frac{37}{1,025} = 36,1 \text{ кН} / \text{см}^2$$

γ_c – коефіцієнт умов роботи. Приймаємо ([3], стр. 8, табл. №6*) $\gamma_c = 1$.

Тоді необхідна площа торця опорного ребра ферми буде становити:

$$A_{on} = \frac{1,2 \cdot R_{1-10}}{R_p \cdot \gamma_c} = \frac{1,2 \cdot 337,6}{36,1 \cdot 1} = 11,22 \text{ см}^2, \text{ де}$$

коефіцієнт 1,2 введено для підвищення зминанню опорного ребра. Приймаємо

$$A_{on} = 12 \text{ см}^2.$$

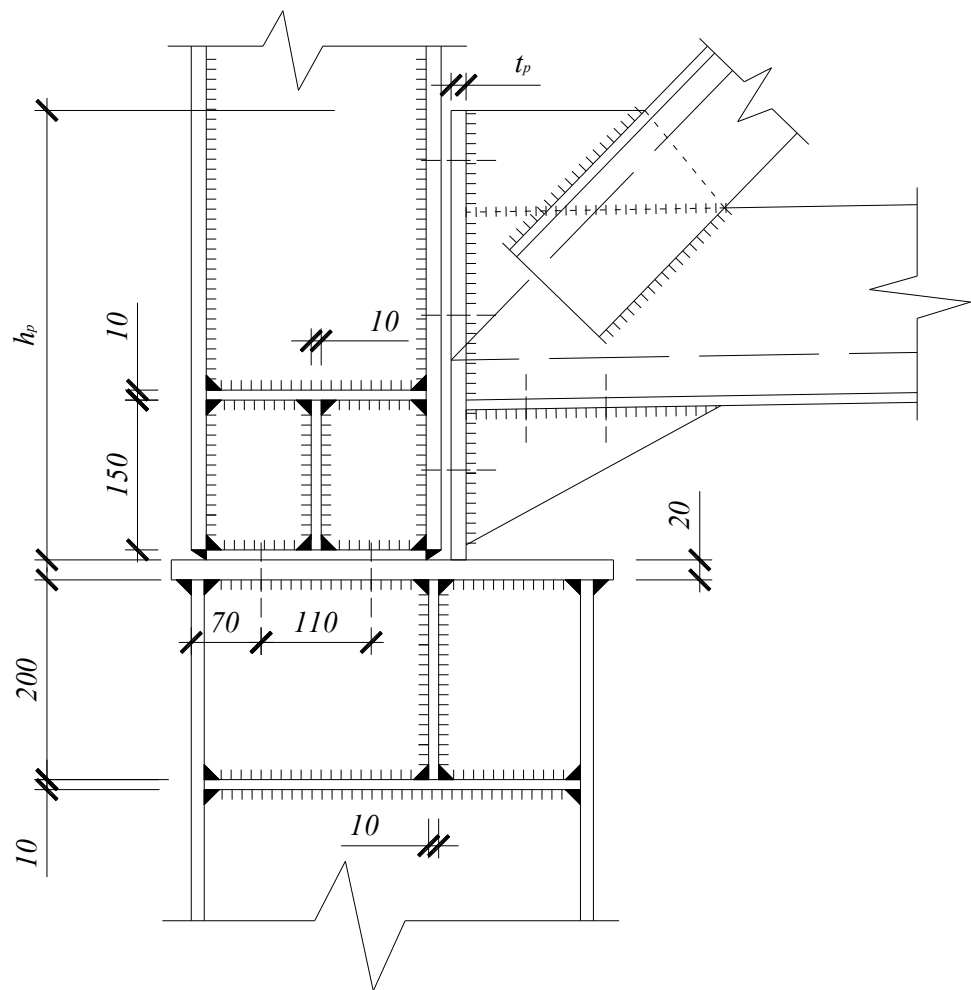


Рисунок Д.2.1 – Схема до розрахунку опорного вузла ферми

Приймаючи з конструктивних вимог товщину опорного ребра $t_p = 10 \text{ мм}$ отримаємо, що ширина опорного ребра становить:

$$b_p = \frac{A_{on}}{t_p} = \frac{14}{1} = 14 \text{ см.}$$

Враховуючи те, що мінімальна ширина опорного ребра становить 150 мм приймаємо $b_p = 150 \text{ мм}$.

Висоту опорного ребра визначаємо із умов міцності зрізанню зварного шва:

$$h_p \geq \frac{1,2 \cdot R_{1-10}}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c} = \frac{1,2 \cdot 337,6}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 18 \cdot 1 \cdot 1} = 20,8 \text{ см}$$

Але з конструктивних вимог висота ребра буде складати набагато більше. Тому за остаточну приймаємо висоту ребра визначену з конструктивних вимог, тобто:

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

$$h_p = 15 + 19,79 + h_{\text{креслення}} = 34,79 + h_{\text{креслення}}, \text{ де}$$

$h_{\text{креслення}}$ – величина визначена безпосередньо з креслення.

Д 2.2.2 Розрахунок і конструювання закріпного вузла верхнього поясу

Розрахунок і конструювання вузла верхнього поясу ферми полягає в тому, що треба законструювати дві накладки: вертикальну та горизонтальну для сполучення обох частин ферми. Накладки виконуються з сталі марки *ВСтЗпс6* (клас *C245*), розрахунковий опір $R_y = 24 \text{ кН} / \text{см}^2$, приймається попередньо для листового прокату товщиною $2 - 20 \text{ мм}$ згідно ([3], стр. 64, табл. 51*).

Площа цих накладок відповідно визначається за формулами:

$$\begin{aligned} A_{ГН} &= t_{ГН} \cdot b_{ГН}, \text{ де} \\ A_{ВН} &= t_{ВН} \cdot b_{ВН} \end{aligned}$$

$b_{ГН}$ – ширина горизонтальної накладки, яку приймаємо на 3 см менше ніж полиця тавра верхнього поясу. Тобто:

$$b_{ГН} = b_T - 3 = 20 - 3 = 17 \text{ см}$$

$t_{ГН}$ – товщина горизонтальної накладки, яку приймаємо зі співвідношення:

$$t_{ГН} \geq 1,1 \cdot t_T = 1,1 \cdot 7 = 1,342 \text{ мм}$$

Приймаємо $t_{ГН} = 1 \text{ см}$.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

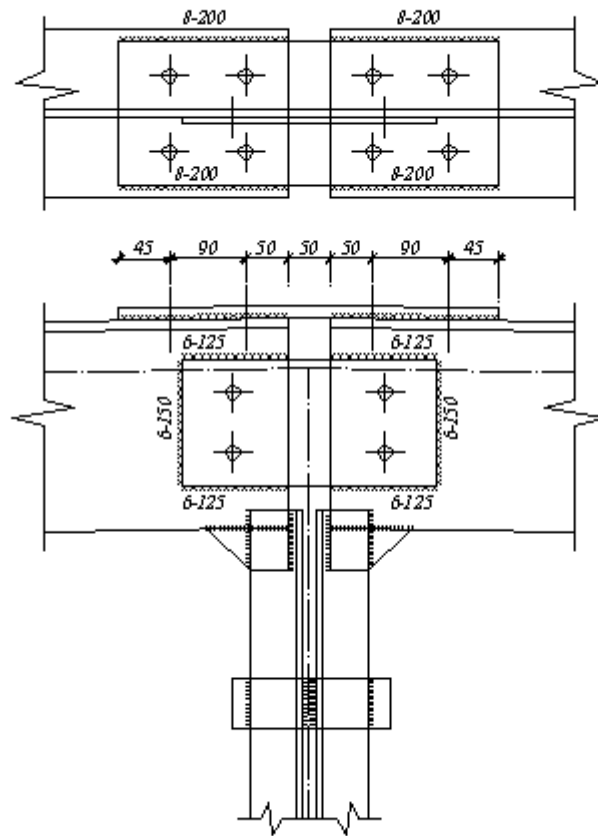


Рисунок Д 2.2 – Схема до розрахунку закріпного вузла ферми

b_{BG} – ширина вертикальної накладки, яку приймаємо на 10см менше ніж висота тавра верхнього поясу. Тобто:

$$b_{BG} = h_T - 10 = 11 - 3 = 8 \text{ см}$$

Приймаємо $b_{BG} = 10 \text{ см}$ і дворядне розташування болтів.

t_{BH} – товщина вертикальної накладки, яку приймаємо зі співвідношення:

$$t_{BH} \approx d_T = 9 \text{ мм}. \text{ Приймаємо } t_{BH} = 0,9 \text{ см}.$$

Тоді шукані площі будуть становити:

$$A_{GH} = 17 \cdot 1 = 17 \text{ см}^2$$

$$A_{BH} = 10 \cdot 0,9 = 9 \text{ см}^2$$

Перевіряємо виконання умови:

$$\sigma = \frac{1,2 \cdot N_{BP}}{2 \cdot A_{BH} + A_{GH}} \leq R_y \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_n}, \text{ де}$$

$N_{BII} = 749 \text{ кН}$ – максимальне зусилля у стрижені, який входить у розглядаємий вузол ферми. Отже будемо мати:

$$\sigma = \frac{1,2 \cdot 676}{2 \cdot 9 + 17} = 24,5 \text{ кН / см}^2 < 24 \cdot \frac{1}{0,95} = 25,26 \text{ кН / см}^2$$

Довжини накладок будуть становити:

– горизонтальної:

$$\ell_{GH} = \frac{\sigma \cdot A_{GH}}{\beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf}} + 5 = \frac{23,5 \cdot 17}{0,7 \cdot 0,8 \cdot 18 \cdot 1} + 5 = 42,3 \text{ см} \approx 43 \text{ см}$$

– вертикальної:

$$\ell_{BH} = \frac{\sigma \cdot A_{BH}}{\beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf}} - b_{BH} + 5 = \frac{23,5 \cdot 8}{0,7 \cdot 0,6 \cdot 18 \cdot 1} - 10 + 5 = 15,4 \text{ см} \approx 30 \text{ см}, \text{ де}$$

β_f – коефіцієнт переходу від катета шва k_f до ширини відповідної площини руйнування. Приймаємо $\beta_f = 0,7$ за ([3], стр. 39, табл. №34*) так як зварювання виконується ручною зваркою. Електроди E42.

Всі інші величини у знаменнику приймаємо згідно п. 4.3. пояснювальної записки.

Д 2.2.3. Розрахунок і конструювання закріпного вузла нижнього поясу

Розрахунок і конструювання вузла нижнього поясу ферми полягає в тому, що треба законструювати дві накладки: вертикальну та горизонтальну для сполучення обох частин ферми. Накладки виконуються з сталі марки ВСтЗпсб (клас С245), розрахунковий опір $R_y = 24 \text{ кН / см}^2$, приймається попередньо для листового прокату товщиною 2 – 20 мм згідно ([3], стр. 64, табл. 51*).

Площа цих накладок відповідно визначається за формулами:

$$A_{GH} = t_{GH} \cdot b_{GH}, \text{ де}$$

$$A_{BH} = t_{BH} \cdot b_{BH}$$

$b_{ГН}$ – ширина горизонтальної накладки, яку приймаємо на 3см більше ніж полиця тавра нижнього поясу. Тобто:

$$b_{ГН} = b_T + 3 = 14 + 3 = 17\text{см}$$

Приймаємо $b_{ГН} = 17\text{см}$.

$t_{ГН}$ – товщина горизонтальної накладки, яку приймаємо зі співвідношення:

$$t_{ГН} \geq 1,1 \cdot t_T = 1,1 \cdot 8 = 8,8\text{мм}$$

Приймаємо $t_{ГН} = 1,2\text{см}$.

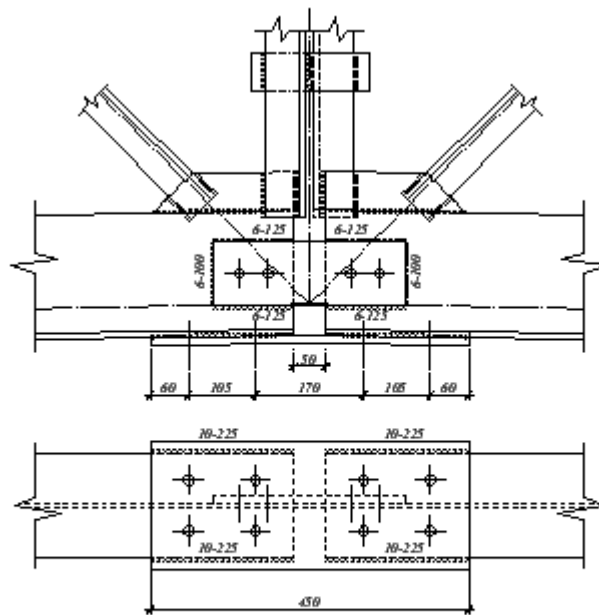


Рисунок Д 2.3 – Конструктивна схема до розрахунку закріпного вузла нижнього поясу

$b_{ВГ}$ – ширина вертикальної накладки, яку приймаємо на 10см менше ніж висота тавра верхнього поясу. Тобто:

$$b_{ВГ} = h_T - 10 = 11 - 3 = 8\text{см}$$

Приймаємо $b_{ВГ} = 8\text{см}$ і однорядне розташування болтів.

$t_{ВН}$ – товщина вертикальної накладки, яку приймаємо зі співвідношення:

$$t_{ВН} \approx d_T = 9\text{мм}$$

Приймаємо $t_{ВН} = 0,9\text{см}$.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Тоді шукані площі будуть становити:

$$A_{ГН} = 17 \cdot 1,2 = 20,4 \text{ см}^2$$

$$A_{ВН} = 8 \cdot 0,9 = 7,2 \text{ см}^2$$

Перевіряємо виконання умови:

$$\sigma = \frac{1,2 \cdot (N_{ВП} + 0,7 \cdot N_{розк})}{2 \cdot A_{ВН} + A_{ГН}} \leq R_y \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_n}, \text{ де}$$

$N_{ВП} = 634,05 \text{ кН}$ – максимальне зусилля у стрижені, який входить у розглядаємий вузол ферми. $N_{розк} = 60,02 \text{ кН}$ – зусилля в розксі, який входить в розглядаємий вузол ферми. Отже будемо мати:

$$\sigma = \frac{1,2 \cdot (634,05 + 0,7 \cdot 60,02)}{2 \cdot 7,2 + 20,4} = 24,5 \text{ кН / см}^2 < 24 \cdot \frac{1}{0,95} = 25,26 \text{ кН / см}^2$$

Довжини накладок будуть становити:

– горизонтальної:

$$\ell_{ГН} = \frac{\sigma \cdot A_{ГН}}{\beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf}} + 5 = \frac{24,5 \cdot 20,4}{0,7 \cdot 1 \cdot 18 \cdot 1} + 5 = 44,7 \text{ см} \approx 45 \text{ см}$$

– вертикальної:

$$\ell_{ВН} = \frac{\sigma \cdot A_{ВН}}{\beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf}} - b_{ВН} + 5 = \frac{24,5 \cdot 7,2}{0,7 \cdot 0,6 \cdot 18 \cdot 1} - 8 + 5 = 24,01 \text{ см} \approx 25 \text{ см}, \text{ де}$$

β_f – коефіцієнт переходу від катета шва k_f до ширини відповідної площини руйнування. Приймаємо $\beta_f = 0,7$ за ([3], стр. 39, табл. №34*) так як зварювання виконується ручною зваркою. Електроди E42.

Всі інші величини у знаменнику приймаємо згідно п. 4.3. пояснювальної записки.

Анотація

В магістерській кваліфікаційній роботі в якості об'єкта дослідження були

прийняті конструктивні рішення металевих несучих конструкцій цеху по ремонту видобувного та збагачувального обладнання на Полтавському ГЗК. Наукова робота полягала в розрахунковому визначенні нових конструктивних рішень і виборі варіантів поперечних перетинів ферм покрівлі цеху з метою зменшення маси виробу зі збереженням допустимих параметрів стійкості та міцності металоконструкцій.

Після визначення навантажень виконувався аналітичний розрахунок ферми методом вирізання вузлів (метод Ріттера). З метою перевірки аналітичного розрахунку та доцільності використання обраних сортаментних профілів виконувалось комп'ютерне моделювання ферми за допомогою програмного комплексу SolidWorks. Доведено, що визначені за допомогою інструменту SW Simulation значення внутрішніх зусиль в стрижнях приблизно дорівнюють результатам аналітичного розрахунку.

Так як при аналітичних і комп'ютерних розрахунках ферма, що досліджується, розглядалась як ферма з паралельними поясами, визначався вплив виконання поясів похилими на результати розрахунків.

Отримані результати показали, що мінімальний запас міцності двох стрижнів складає - 1,05 при необхідному запасі міцності – 1,2. Запропоновано замінити стрижні (розкоси), які виконано з кутників 70x70x6 на кутники 70x70x7, це збільшило коефіцієнт запасу міцності до 1,26, що задовольняє умовам міцності.

Виконувалось комп'ютерне моделювання варіантів виконання елементів ферми із зварних стрижнів, листового металу та з профільних труб. Комп'ютерне моделювання показало, що в деяких деталях з листового металу ферми з похилими поясами виникають високі напруження. Запропоновано внести зміни в конструкцію деталей, а саме збільшити розміри закладних

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

деталі, та зрізати фаски на кутах. Дослідження напруженого стану деталей після коригування показало виконання умов міцності.

Комп'ютерне моделювання ферми, елементи якої виконано з труб квадратного перерізу, довело, що несуча здатність та деформації обраних профілів повністю задовольняють вимогам першої та другої групам граничних станів. При цьому маса відправного елемента (напівферми) згідно аналітичних розрахунків становить 1079 кг. Маса виробу з профільних труб становить – 495 кг, що вдвічі менше від маси ферми виконаної з кутників та таврів. Таким чином умова оптимізації конструкції металевої ферми виконано.

					ДМК 017 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата		

Аннотация.

В магистерской квалификационной работе в качестве объекта исследования были приняты конструктивные решения металлических несущих конструкций цеха по ремонту добывающего и обоганительного оборудования на Полтавском ГОКе. Научная работа заключалась в расчетном определении новых конструктивных решений и выборе вариантов поперечных сечений ферм кровли цеха с целью уменьшения массы изделия с сохранением допустимых параметров устойчивости и прочности металлоконструкций.

После определения нагрузок выполнялся аналитический расчет фермы методом вырезания узлов (метод Риттера). С целью проверки аналитического расчета и целесообразности использования избранных сортаментный профилей выполнялось компьютерное моделирование фермы с помощью программного комплекса SolidWorks. Показано, что определенные с помощью инструмента SW Simulation значения внутренних усилий в стержнях примерно равны результатам аналитического расчета.

Так как при аналитических и компьютерных расчетах ферма исследуемого рассматривалась как ферма с параллельными поясами, определялся влияние выполнения поясов наклонными на результаты расчетов.

Полученные результаты показали, что минимальный запас прочности двух стержней составляет - 1,05 при необходимом запасе прочности - 1,2. Предложено заменить стержни (раскосы), которые выполнены из уголков 70x70x6 на уголки 70x70x7, это увеличило коэффициент запаса прочности до 1,26, что удовлетворяет условиям прочности.

Выполнялось компьютерное моделирование вариантов исполнения элементов фермы из сварных стержней, листового металла и из профильных труб. Компьютерное моделирование показало, что в некоторых деталях из листового металла фермы с наклонными поясами возникают высокие напряжения. Предложено внести изменения в конструкцию деталей, а именно увеличить размеры закладных детали, и срезать фаски на углах. Исследование

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

напряженного состояния деталей после корректировки показало выполнения условий прочности.

Компьютерное моделирование фермы, элементы которой выполнены из труб квадратного сечения, показало, что несущая способность и деформации избранных профилей полностью удовлетворяют требованиям первой и второй группам предельных состояний. При этом масса отправного элемента (полуфермы) согласно аналитических расчетов составляет 1079 кг. Масса изделия из профильных труб составляет - 495 кг, что вдвое меньше массы фермы выполненной из уголков и тавров. Таким образом условие оптимизации конструкции металлической фермы выполнены.

					ДМК 017 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата		

Annotation.

In the master's qualification work, constructive solutions for metal load-bearing structures of the workshop for the repair of mining and processing equipment at the Poltava Mining and Processing Plant were taken as the object of research. The scientific work consisted in the calculated determination of new design solutions and the choice of options for the cross-sections of the roof trusses of the workshop in order to reduce the weight of the product while maintaining the permissible parameters of stability and strength of metal structures.

After determining the loads, an analytical calculation of the truss was performed by cutting out nodes (Ritter's method). In order to check the analytical calculation and the feasibility of using the selected assortment profiles, a computer simulation of the farm was carried out using the SolidWorks software package. It is shown that the values of internal forces in the bars determined using the SW Simulation tool are approximately equal to the results of the analytical calculation.

Since in analytical and computer calculations, the investigated truss was considered as a truss with parallel belts, the influence of making the belts inclined on the calculation results was determined.

The results obtained showed that the minimum safety margin of two rods is 1.05 with the required safety margin of 1.2. It was proposed to replace the rods (braces), which are made of 70x70x6 corners with 70x70x7 corners, this increased the safety factor to 1.26, which meets the strength conditions.

Computer simulation of design options was carried out truss elements made of welded rods, sheet metal and shaped pipes. Computer simulations have shown high stresses occur in some of the sheet metal parts of a tilted chord truss. It is proposed to make changes in the design of parts, namely to increase the size of embedded parts, and to cut off chamfers at the corners. Investigation of the stress state of the parts after correction showed that the strength conditions were met.

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата

ДМК 017 ПЗ

Ст.

Computer simulation of a truss, the elements of which are made of square pipes, has shown that the bearing capacity and deformations of the selected profiles fully meet the requirements of the first and second groups of limiting states. In this case, the mass of the starting element (half-farm), according to analytical calculations, is 1079 kg. The mass of a product made of shaped pipes is 495 kg, which is half the mass of a truss made of corners and T-bars. Thus, the condition for optimizing the design of the metal truss is met

					ДМК 017 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата		