

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

Тернопіль
2020

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на тему: " Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення ферми покриття з моделюванням її напружено-деформівного стану " складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 64 аркушів формату А4 і графічної частини об'ємом 6 аркушів формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається із таких частин: аналітична, технологічна, дослідницька, конструкторська, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

В роботі проведено аналіз конструкції ферми покриття та проведено моделювання її напружено-деформівного стану в програмі SolidWorks. Дослідження проводили методом скінченних елементів при статичному навантаженні. Було визначено максимальні напруження, які виникають в фермі та прогини. На основі цього встановлено статичні коефіцієнти запасу міцності.

З врахуванням результатів моделювання напружено-деформівного стану при статичному навантаженні було змінено та обґрунтовано параметри технологічного процесу зварювання ферми та модернізовано і розроблено елементи складально-зварювальних пристосувань.

Запропоновані нововведення в технологічному процесі забезпечать точність складання ферм та підвищать ефективність виробництва.

Ключові слова: НАПІВАВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ, НАПІВАВТОМАТ, ФЕРМА, КОНДУКТОР, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ФЕРМИ ПОКРИТТЯ.	7
1.2 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛУ ЗВАРНОГО ВИРОБУ.	8
1.3 ТЕХНІЧНІ УМОВИ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБУ.	9
1.4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ФЕРМ.....	10
2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА	13
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	32
3.1 ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ЗВАРЮВАННЯ.	32
3.2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ ФЕРМИ.....	39
3.3 НОРМУВАННЯ ВИТРАТ МАТЕРІАЛІВ І ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.	41
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	44
4.1 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ КОНДУКТОРА ДЛЯ СКЛАДАННЯ ФЕРМ	44
4.2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТОСУВАНЬ ТА ЇХ РОБОТИ.	46
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	50
5.1 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	50
5.2 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	55
ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	60
ДОДАТКИ.....	62

ВСТУП

Практично у всіх галузях народного господарства знаходять широке застосування різного роду і призначення конструкції. Вони відрізняються один від одного розмірами, конструктивними особливостями, принципами дії, способом виготовлення. [1]

Важко знайти таку галузь, де не знаходили б застосування ті чи інші зварні конструкції. Так, широке застосування зварні конструкції знайшли в будівництві. Впровадження у виробництво зварювальних технологій, здатних забезпечити високу якість наплавленого металу і зварних з'єднань, спричинило за собою розроблення і застосування в конструкціях легированих сталей підвищеної та високої міцності, а також зварних конструкцій із сплавів кольорових металів. [1]

Високі темпи розвитку виробництва зварних конструкцій характерні також для будівельної галузі. Практично всі будівельні металеві конструкції є зварними. Правда, останнім часом в проектуванні зварних металоконструкцій має місце тенденція на максимальне скорочення зварювальних робіт в монтажних умовах.

Особливо велике значення зварювання там, де необхідно крім міцності, забезпечити ще і щільність з'єднань-ний. У будівництві це - резервуари, трубопроводи, посудини та апарати, котли, а також інші конструкції, що збираються, укрупнюються і зварюються при спорудженні-ванні тих чи інших об'єктів будівництва. [1]

Основним напрямком підвищення рівня механізації зварювальних робіт під час виготовлення та монтажу зварних конструкцій в будівництві є його індустріалізація. У той же час створюються технології, що дають можливість механізувати зварювальні процеси при зварюванні конструкцій в їх проектному положенні.

Вдосконалення виробництва зварних конструкцій на даний час реалізується шляхом розроблення і проектування ефективних конструктивних рішень з використанням прогресивних технологій зварювання.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції ферми покриття.

В роботі розглядаєм ферму покриття, яка відноситься до конструкції, що працюють на згин. Ферми складаються з окремих стержнів, які з'єднуються у вузлах і утворюють геометричну незмінну систему. Якщо сама ферма в цілому працює на згин, то в її конструктивних елементах виникають тільки поздовжні зусилля стиснення або розтягу. Це дозволяє більш раціонально використовувати матеріал у порівнянні з балками [1].

По конструктивним особливостям ферми є більш економічні по витраті металу, однак більш трудомісткі у виготовленні. Тому їх застосовують для перекриття великих прольотів при відносно невеликих навантаженнях.

Ферма складається з трьох основних конструктивних елементів - верхнього і нижнього поясів і решітки, яка складається із розкосів і стоек (рис. 1.1). Відстань між вузлами решітки ферми називається панеллю, а відстань між її опорами - прольотом.

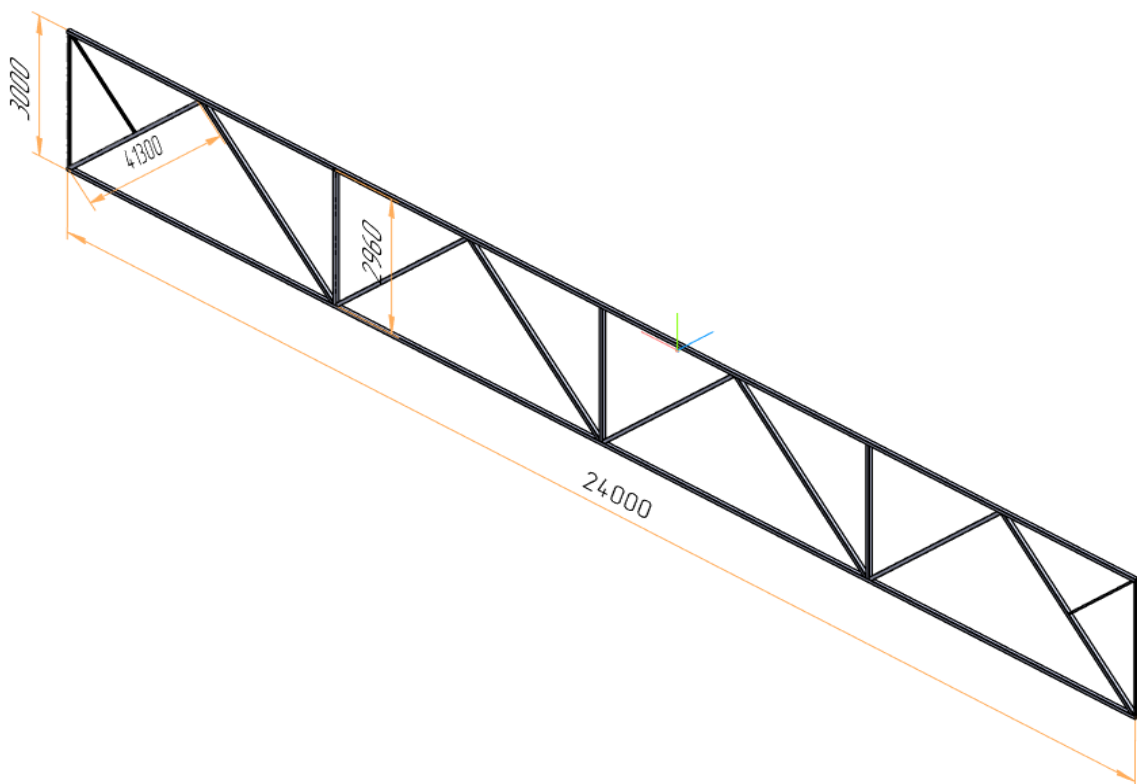


Рис. 1.1 Загальний вигляд ферми покриття

Ферми класифікуються за такими ознаками [2]:

- за статичною схемою: балочні ферми (розрізні, нерозрізні, консольні), арочні, рамні, комбіновані;
- за обрисами поясів: ферми з паралельними поясами, трапецоїдні, трикутні, полігональні, сегментні;
- за системою решітки: трикутні, розкісні, хрестові, ромбічні.

Найчастіше в фермах застосовують найбільш просту у виконанні трикутну решітку. Додаткові стійки ставлять тоді, коли в місці їх розташування прикладаються зосереджені сили або виникає необхідність у зменшенні довжини панелі верхнього, стиснутого пояса.

По виду статичної схеми ферми бувають нерозрізними, розрізними і консольними. Залежно від зусиль в елементах ферми їх поділяють на легкі і важкі. За конструктивним рішенням - на звичайні, комбіновані і з попередніми напруженнями.

Найчастіше використовують в перетинах елементів ферми спарені куточки.

Ферми з відкритих гнутих або гнуто-зварних профілів на 15 ... 20% легше, ніж ферми з парних куточків. Трубчастий переріз елементів ферм, раціональний по витраті металу.

В даному випадку ферму виготовляють довжиною 24 м та висотою 3 м із квадратної труби розмірами 80x80x5.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу.

Для виготовлення хребтової балки застосовують низьколеговану маловуглецеву якісну сталь марки 10ХСНД. Хімічний склад та механічні властивості якої приведено в таблиці 1.2 та 1.3 відповідно.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 10ХСНД, у % [3]

Стандарт	C	S	P	Mn	Cr	Si	Ni	Cu	N	As
ГОСТ 6713-91	≤0.12	≤0.035	≤0.035	0.5-0.8	0.6-0.9	0.8-1.1	0.5-0.8	0.4-0.6	≤0.008	≤0.08

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 10ХСНД, у % [3]

Стан постачання	Переріз, мм	$\sigma_{0.2}$	σ_B	$\delta, \%$
		МПа		
		Не менше		
Сортовий і фасонний прокат	До 15 вкл.	390	530	19

З метою визначення схильності даної сталі і зварних з'єднань до утворення гарячих і холодних тріщин провести її оцінку. Технологічна міцність зварного з'єднання, а саме основного металу, попередньо оцінюється за хімічним складом, шляхом визначення еквівалента вмісту вуглецю - Се. Розрахунок проведемо згідно методики запропонованої Міжнародним інститутом зварювання:

$$C_{екв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (1.1)$$

$$C_{екв.(09Г2С)} = 0,12 + \frac{0,5}{6} + \frac{0,6}{5} + \frac{0,5+0,4}{15} = 0,38;$$

Сталі, у яких Се = 0,2 ... 0,35% мають добру зварюваність, а при Се = 0,45 ... 0,5%, допускають зварювання без підігрівання при товщині елементів, що зварюються до 10 мм. При більш високому вмісті С, необхідна різна ступінь підігріву або зварювання взагалі неможливе.

1.3 Технічні умови на виготовлення виробу.

Ферми повинні виготовлятися у відповідності з вимогами які передбачені ДСТУ Б В.2.6-74:2008 [4]/

Відповідного до стандарту:

- ✓ елементи виготовляються із гнутих профілів сталей призначених для будівельних конструкцій;
- ✓ відхилення повинні відповідати кресленням;
- ✓ шорсткість торцевої поверхні повинна відповідати згідно з ГОСТ 2789;
- ✓ елементи та деталі ферм не повинні мати тріщин;

- ✓ зварні з'єднання виконують згідно з ГОСТ 14771;
- ✓ для зварювання ферм застосовують зварювальний дріт згідно з ГОСТ 2246.4.2.2 ;
- ✓ шви після зварювання повинні бути мати гладку лускоподібну поверхню;
- ✓ відхилення розмірів зварних швів повинні відповідати вимогам ГОСТ 5264, ГОСТ 8713, ГОСТ 14771.

1.4 Аналіз технологій виготовлення ферм

При виготовленні ферм, найбільш поширеним способом їх складання є спосіб копіювання шаблонів із застосуванням універсальних складальних пристроїв. Технологічний процес складання до зварювання кроквяних і підкроквяних ферм складається із складання копіра, потім складання напівферми за копіром, і далі — складання ферми. [2].

Складання копіра кроквяної ферми виконується за розміткою. Після завершення складання копіра кроквяної ферми на обох торцях копіра встановлюються і прикріплюються до стелажів кінцеві шаблони. Вони забезпечують однакову висоту ферми та правильне розташування їх по відношенню один відносно іншого. В якості шаблону може служити опорний стояк, до якої кроквяні ферми мають кріпитись на монтаж. Після установа шаблонів коригується положення кінцевих вузлових фасонки і вони остаточно кріпляться до поясів прихоплюваннями. При цьому отвори плиток кінцевих фасонки верхнього поясу повинні бути суміщені з відповідними отворами фасонки шаблону.

Після складання копіра ферми перевіряються його геометричні розміри. Відхилення габаритних розмірів і відстаней між групами монтажних отворів від проектних лінійних розмірів копіра ферми не повинні перевищувати для розмірів до 2,5 м — 2 мм; від 2,5 до 4,5 м — 3 мм; від 4,5 до 9 м — 4 мм; від 9 до 15 м — 7 мм.

Складання за копіром виконують для всієї партії ферм, крім останньої. Остання складається з самої ферми-копіра. Складання ферми виконують в наступному порядку. Спочатку на вузлові фасонки і прокладки копіра укладаються відповідні фасонки і прокладки складаної ферми. Поєднуються контури фасонки і прокладок, а в фасонках верхнього поясу і горизонтальних стикових накладках монтажного стику поєднуються отвори. Потім на нижні отвори шаблонів навішуються кінцеві плити опорних вузлів, поєднуючи відповідні отвори точеними пробками, і до них прихоплюються кінцеві вузлові фасонки нижніх поясів. Після цього на фасонки і прокладки накладаються кутики поясів, стояків і розкосів, сполучаються укладані полиці кутиків з полицями відповідних кутиків копіра і далі стягуються з раніше укладеними фасонками і прокладками, після чого вони прихоплюються. Під час складання кроквяних і підкроквяних ферм багато часу і зусиль витрачається на стиснення деталей. Зазвичай, користуються ексцентриковими затискачами і складальними струбцинами. Складена за копіром площа без других кутиків поясів, розкосів і стояків знімається з копіра краном, кантується на 180° і укладається на складальні стелажі полицями кутиків вниз. Після цього на другій площині ферми встановлюються і прихоплюються кутики та інші відсутні деталі. Перетин геометричних осей кутиків поясів і елементів решітки в одній точці забезпечується шляхом поєднання їх полиць з полицями, встановленими на першій площині за копіром [2].

Даний спосіб складання є продуктивнішим на 30...40% у порівнянні із складанням за розміткою. Також він забезпечує вищу точність розмірів ферми.

При виготовленні ферм у серійному виробництві елементів каркасів промислових будівель застосовують промислові потокові лінії. На них можна здійснювати виробництво декількох типорозмірів прогонів. Деталі верхнього та нижнього поясів подаються на автоматизовану лінію в зв'язках, розкоси — в стопках, вузлові фасонки, діафрагми та опорні планки — в контейнерній тарі. Складання проводиться в кондукторі без накладання прихоплень. Для з'єднання

деталей між собою застосовується контактне зварювання і механізоване зварювання в захисному газі [2].

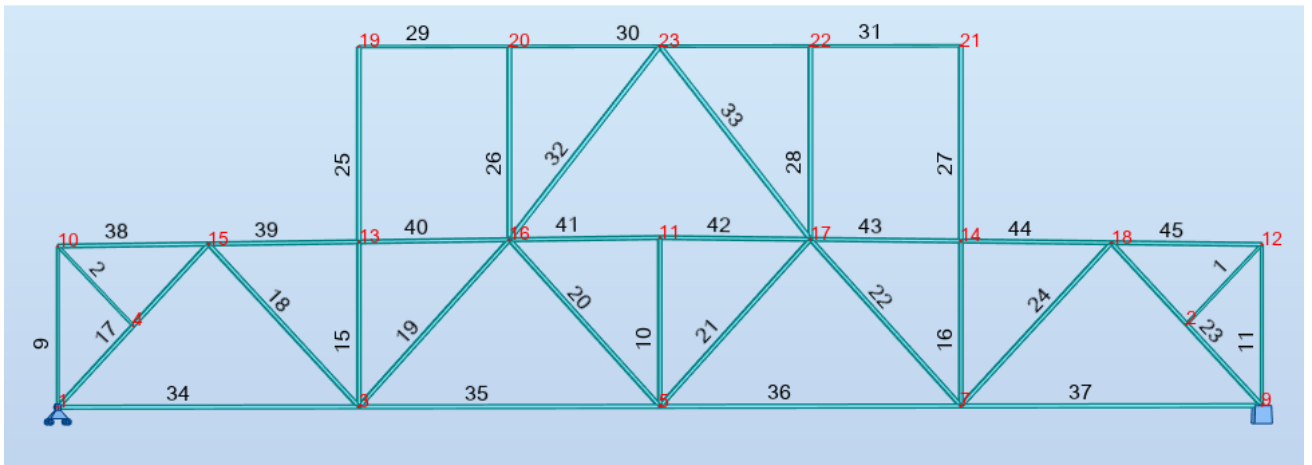
Кожний із вище згаданих способів виготовлення ферм має свої переваги та недоліки. Тому із врахуванням цього необхідно провести обґрунтування технологічного процесу та провести модернізацію складально-зварювальних пристосувань, попередньо провівши аналіз напружено-деформівного стану конструкції.

2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

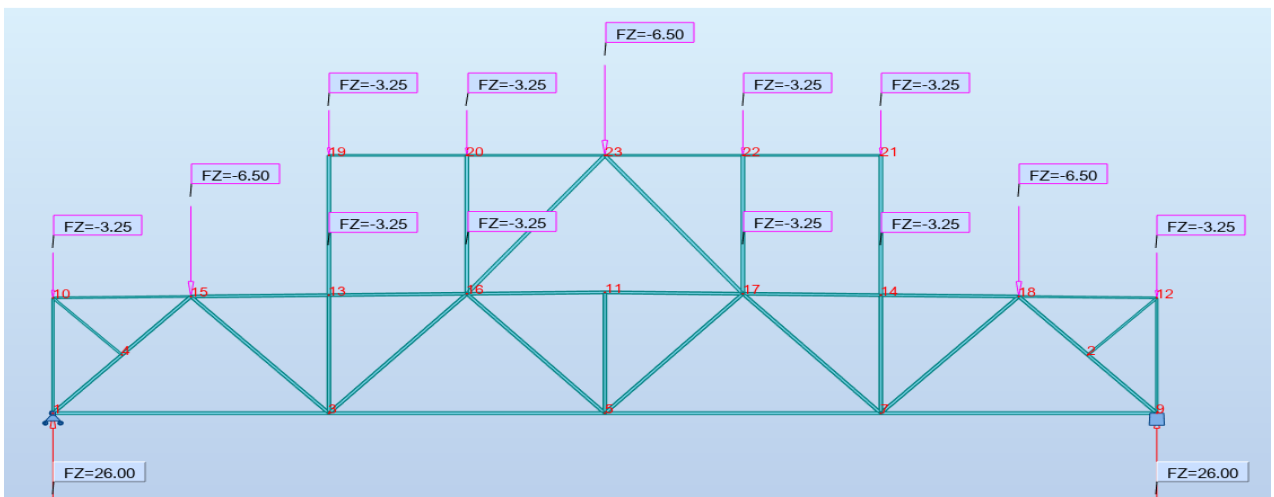
Для проведення досліджень напружено-деформівного стану ферми, необхідно визначити навантаження, які вона буде сприймати в процесі експлуатації. Так, навантаження від ваги покриття (сендвіч панелі) рівне $g_c = 0,35 \text{ кН/м}^2$, від ваги прогонів (швелера №18П) $g_{ш} = 0,978 \text{ кН/м}^2$, від снігу $S_o = 1240 \text{ Па}$ та від вітру $W_m = 0,69 \text{ кПа}$.

Маючи навантаження які діятимуть на ферму необхідно провести розрахунок її елементів, а саме поясів і елементів решітки. Даний розрахунок проведемо за допомогою програми Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019. Для проведення розрахунку необхідно змоделювати конструкцію ферми та встановити навантаження.

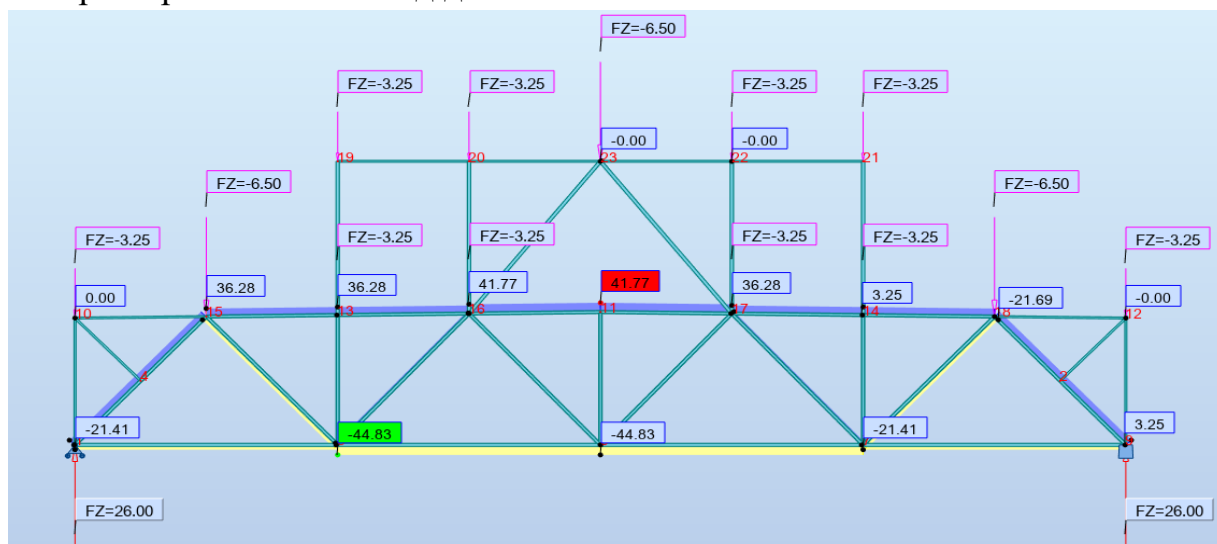
Схеми завантаження ферми



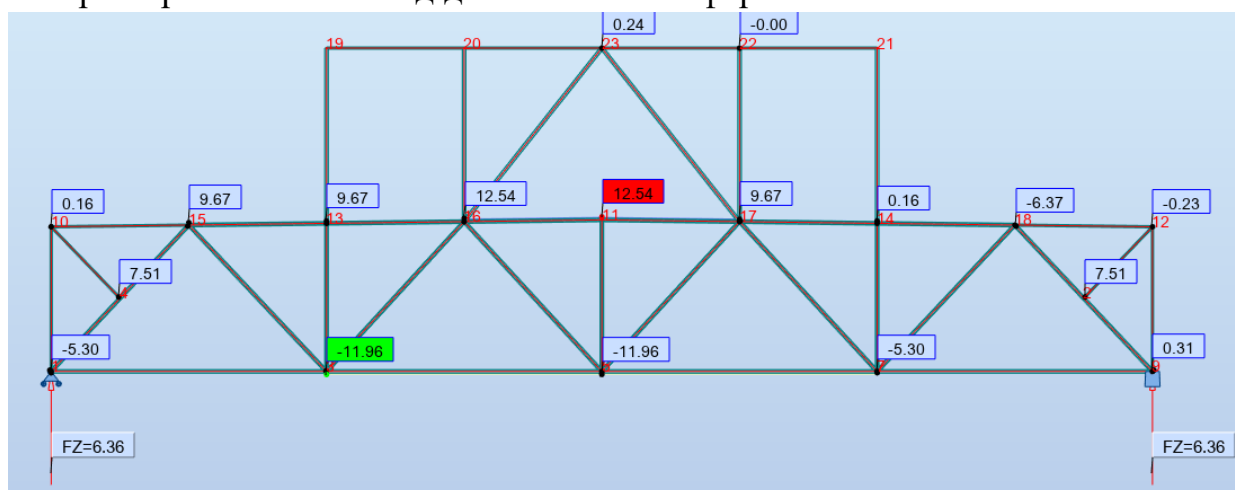
Епюри зусиль ферми від постійного навантаження



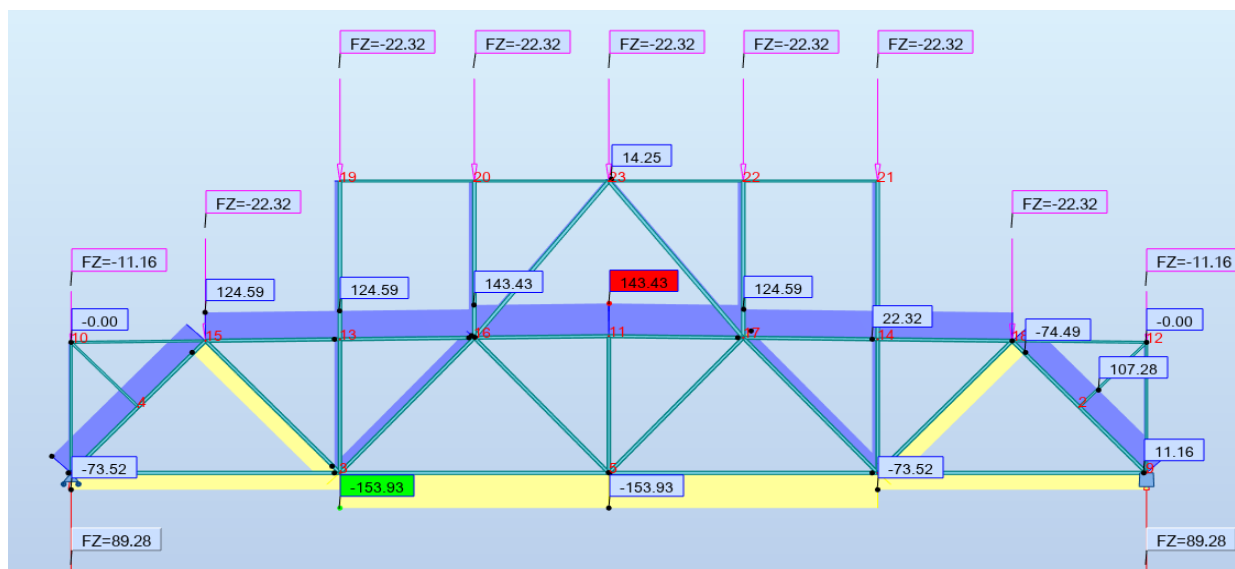
Епюра нормальних сил від дії постійного навантаження



Епюра нормальних сил від дії власної ваги ферми.



Епюра нормальних сил від дії снігового навантаження на всю конструкцію ферми.



The diagram shows a truss structure with various force and displacement values. The structure is supported by a central vertical column and two side columns. The top chord is horizontal, and the bottom chord is also horizontal. The truss members are connected by diagonal and vertical members. The values are as follows:

- Top Chord (Left to Right):**
 - Node 19: FZ=-29.02, FZ=-3.90
 - Node 20: FZ=-29.02, FZ=-3.90
 - Node 23: FZ=-29.02, FZ=-7.80
 - Node 22: FZ=-29.02, FZ=-3.90
 - Node 21: FZ=-29.02, FZ=-3.90
- Bottom Chord (Left to Right):**
 - Node 10: FZ=-14.51, FZ=-3.90
 - Node 13: FZ=-29.02, FZ=-7.80
 - Node 15: FZ=-29.02, FZ=-7.80
 - Node 17: FZ=-29.02, FZ=-7.80
 - Node 14: FZ=-29.02, FZ=-7.80
 - Node 12: FZ=-14.51, FZ=-3.90
- Internal Members (Left to Right):**
 - Member 10-13: 0.17
 - Member 13-15: -129.87
 - Member 15-17: -129.87
 - Member 17-14: -129.87
 - Member 14-12: -129.87
- Supports (Left to Right):**
 - Node 10: 185.46
 - Node 13: 37.81
 - Node 15: -267.05
 - Node 17: -267.05
 - Node 14: -127.11
 - Node 12: 185.21
- Other Values:**
 - Node 23: -0.00
 - Node 22: -0.00
 - Node 11: 250.37
 - Node 11: 250.37 (Red)
 - Node 11: 2.83
 - Node 11: -5.56
 - Node 11: 33.09
 - Node 11: 18.75
 - Node 11: 154.26
 - Node 11: 154.26

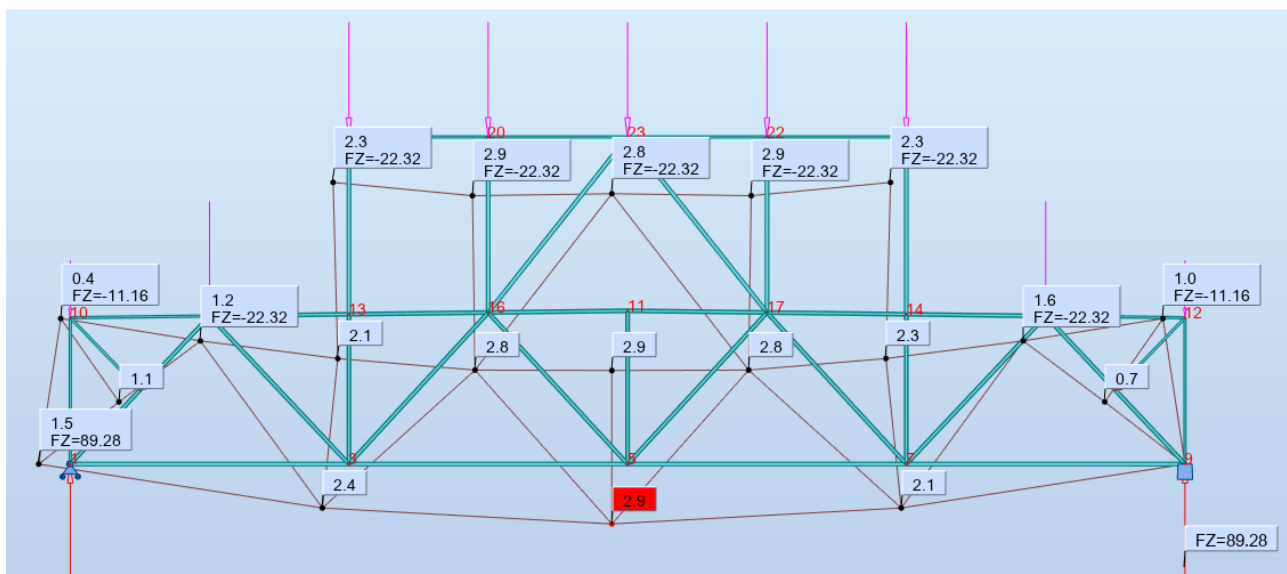
Diagram of a truss structure with internal force distribution. The truss has a bottom chord of 10m and a height of 3m. It consists of 10 vertical members, 4 horizontal top members, and 4 horizontal bottom members. Diagonal members connect the bottom chord to the top chord. Internal forces are shown in boxes at each joint. The left support is a pin support and the right support is a roller support. A vertical force $F_Z=6.36$ is applied at the left support. The internal force in the central vertical member is highlighted in red.

The diagram shows a truss structure with various force values and labels. The structure consists of a bottom chord, a top chord, and several vertical and diagonal members. The forces are labeled as follows:

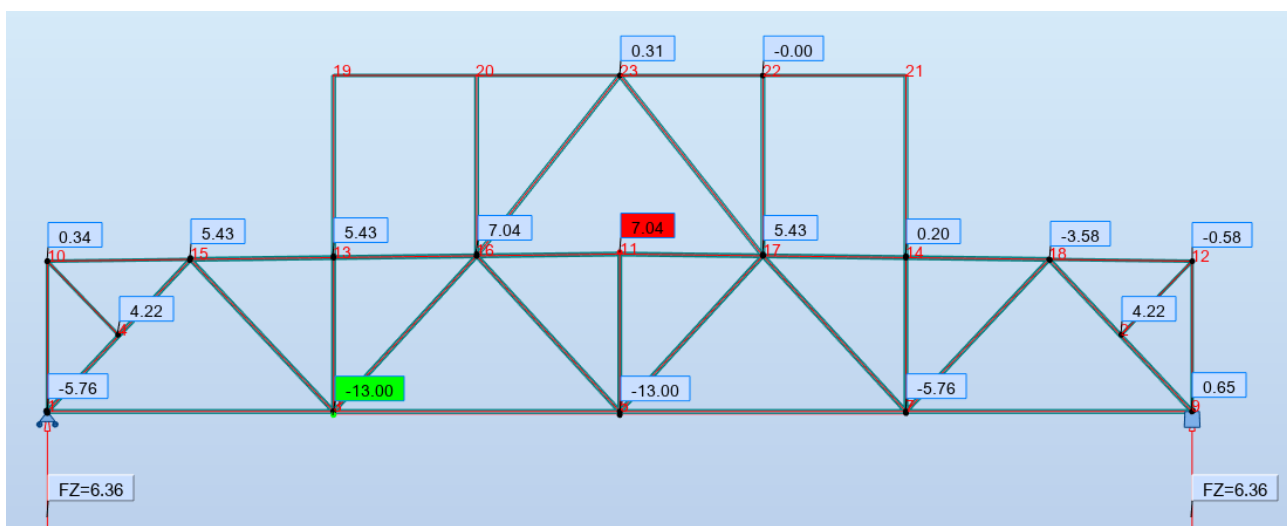
- Top chord (from left to right): 0.1 FZ=-3.25, 0.4 FZ=-6.50, 0.6 FZ=-3.25, 0.8 FZ=-3.25, 0.8 FZ=-6.50, 0.8 FZ=-3.25, 0.7 FZ=-3.25, 0.5 FZ=-6.50, 0.3 FZ=-3.25.
- Bottom chord (from left to right): 0.4 FZ=26.00, 0.7, 0.8, 0.6, 0.3 FZ=-3.25.
- Vertical members (from left to right): 0.3, 0.8, 0.7, 0.6, 0.2.
- Diagonal members (from left to right): 0.4, 0.8, 0.8, 0.7, 0.5.

The structure is supported by a pin support on the left and a roller support on the right. The forces are labeled in blue boxes, except for the 0.8 and 0.8 values on the bottom chord, which are in red boxes.

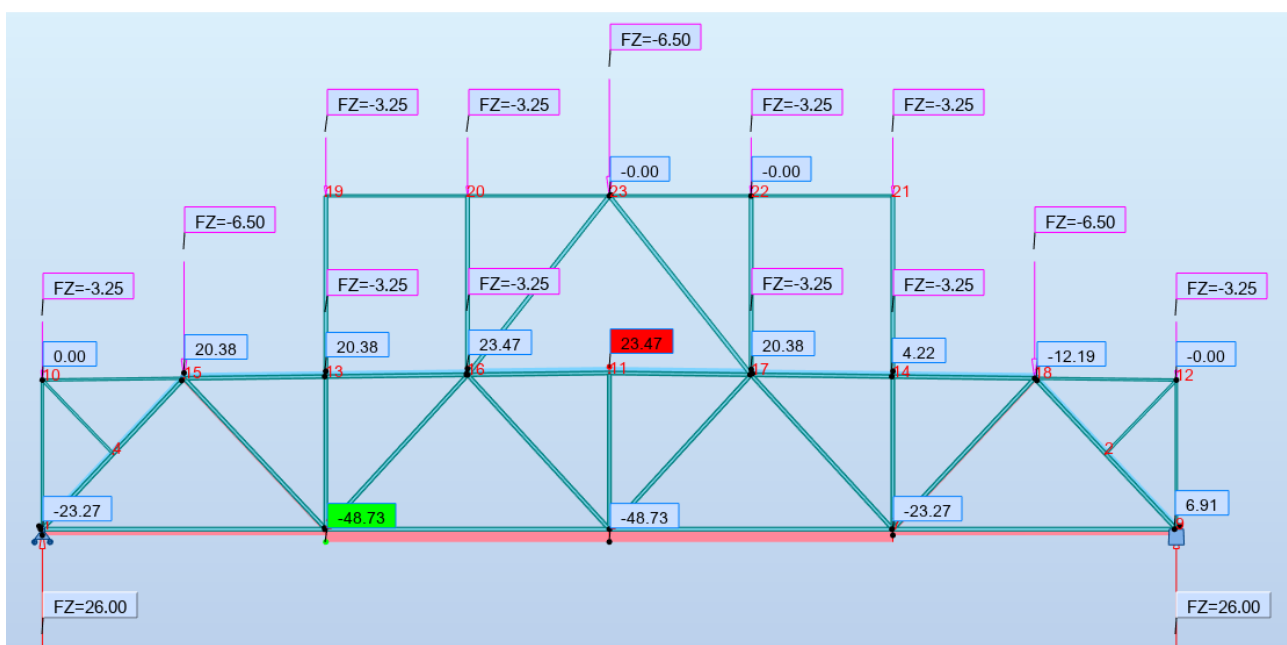
Епюра деформації ферми від дії комбінації навантажень власної ваги, постійного та снігового навантаження на всю конструкцію



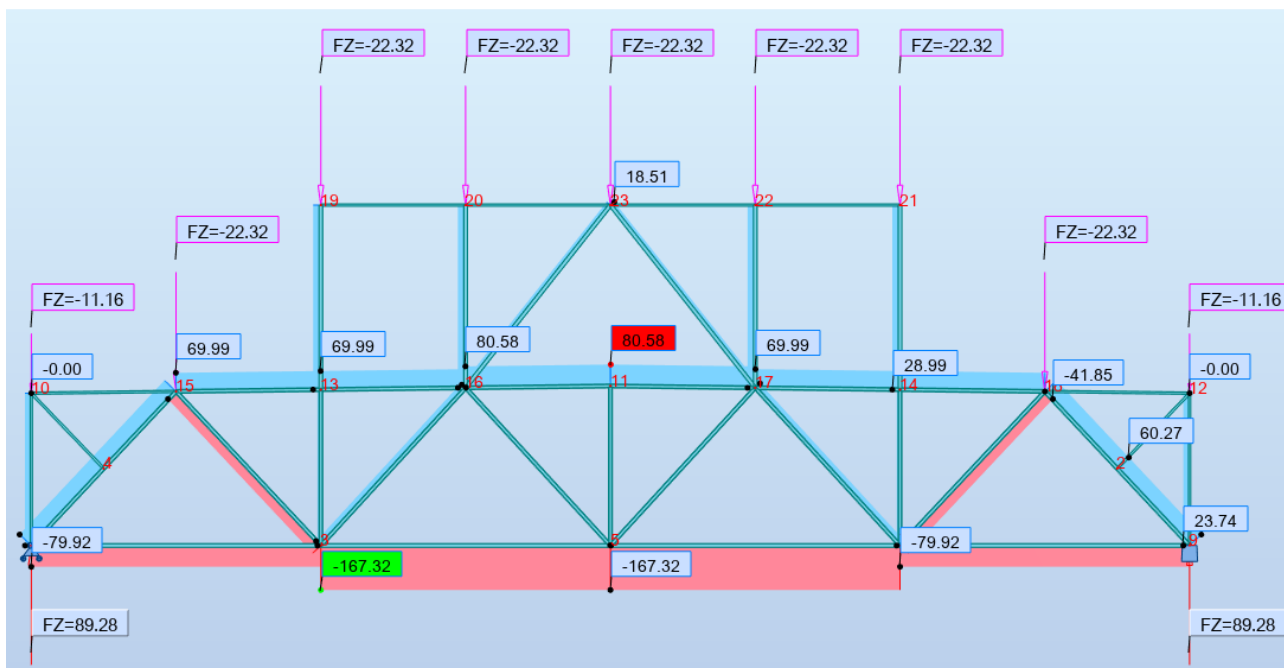
Епюра напружень в стержнях ферми від дії власної ваги ферми.



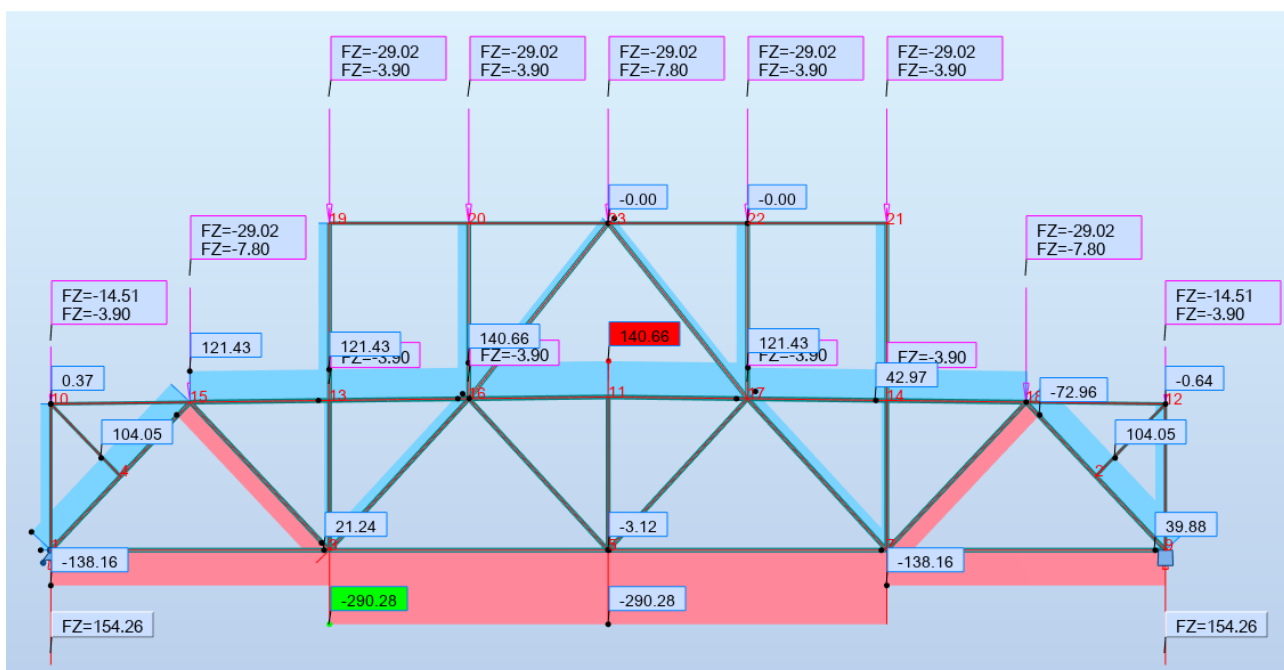
Епюра напружень в стержнях ферми від дії постійних навантажень.



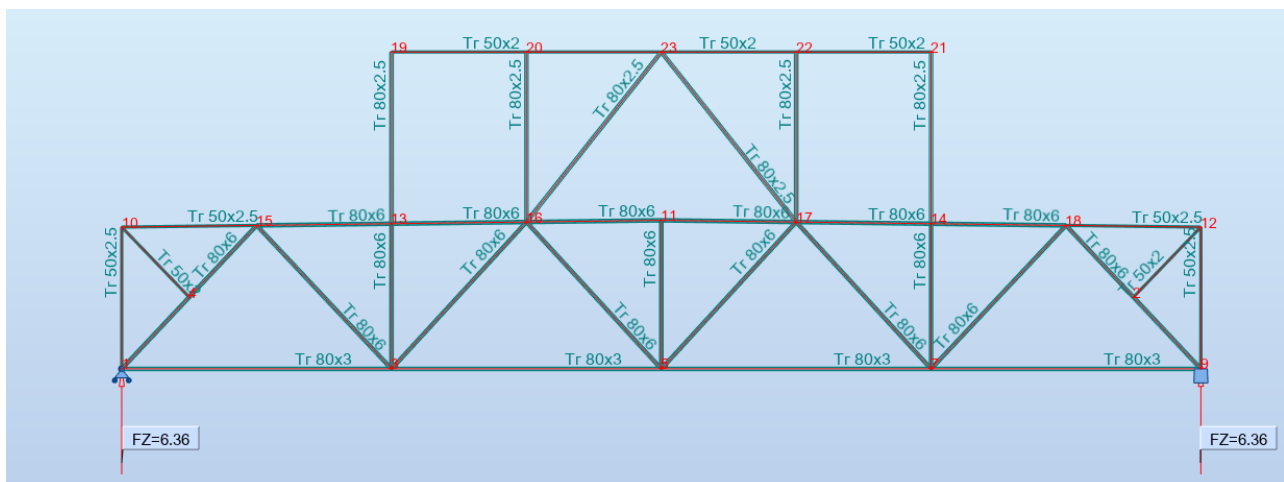
Епюра напружень в стержнях ферми від дії снігових навантажень.



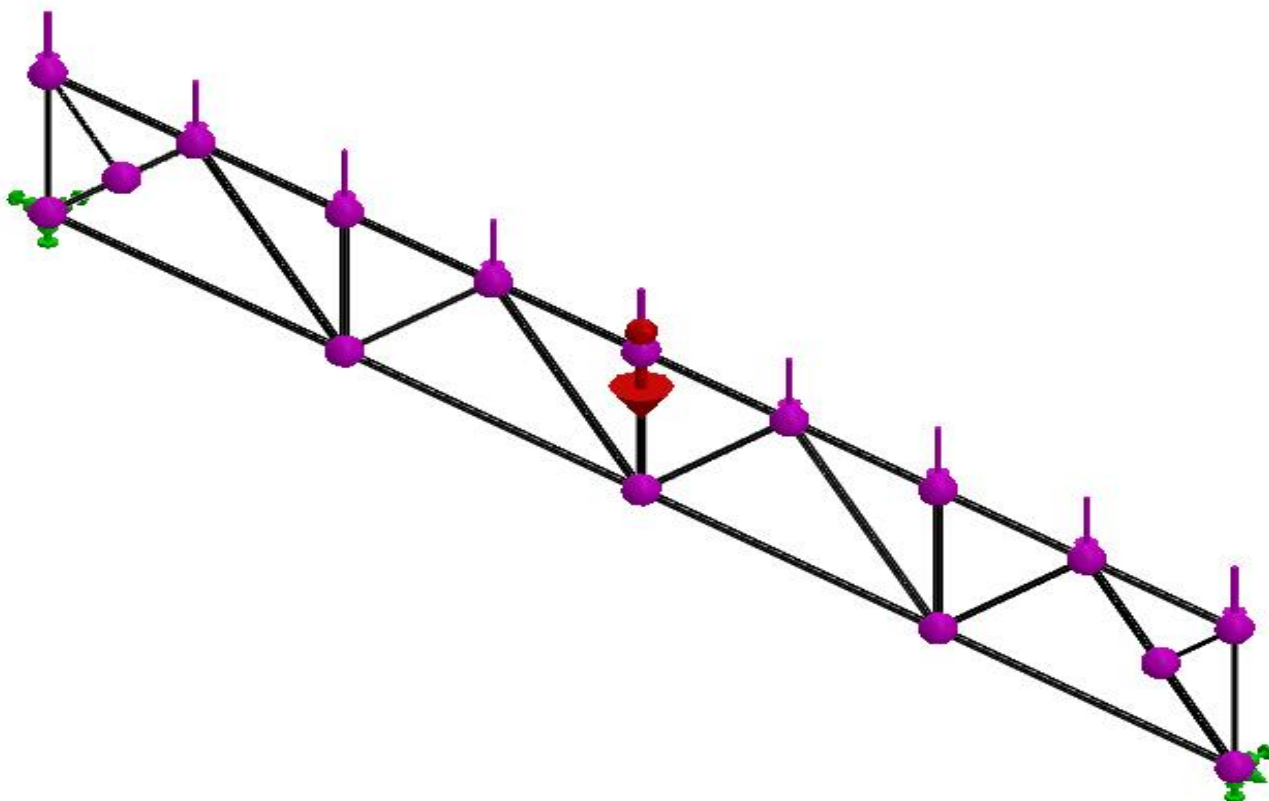
Епюра напружень в стержнях ферми від дії комбінації навантажень.



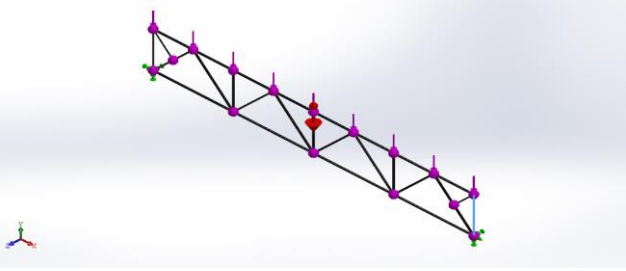
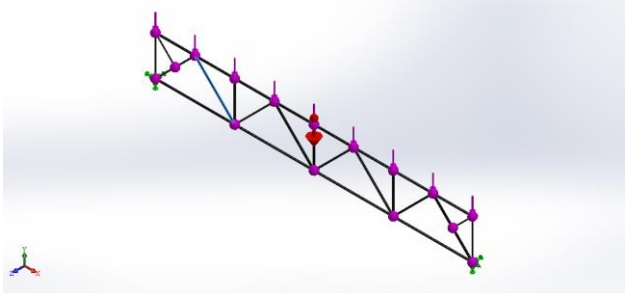
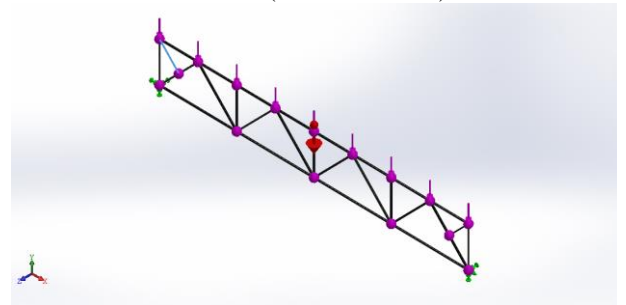
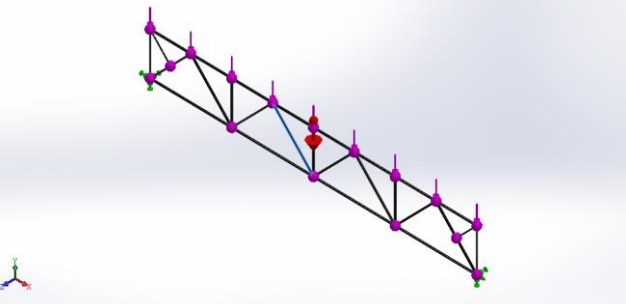
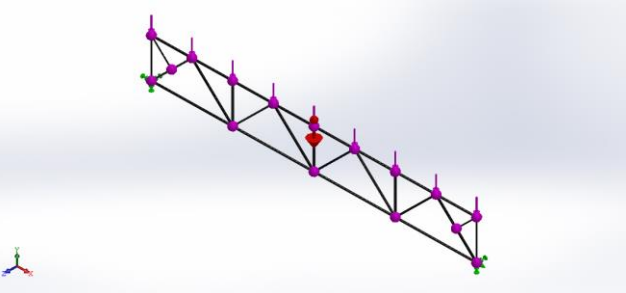
Ферма з підібраними елементами конструкції

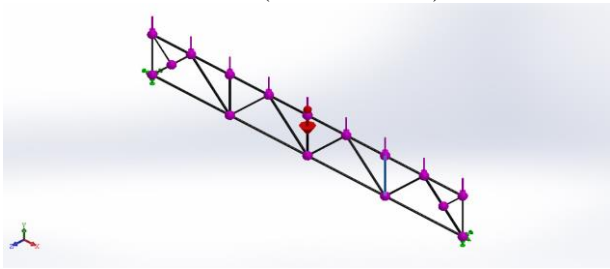
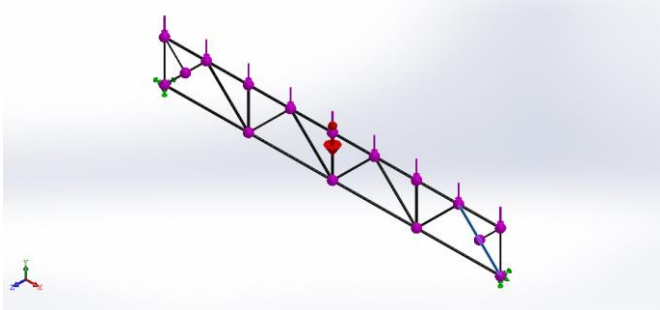
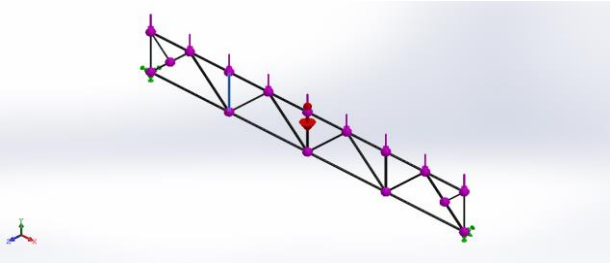
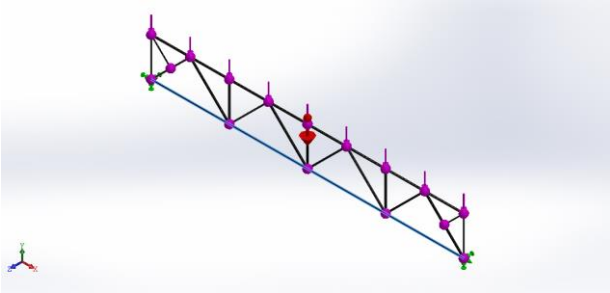
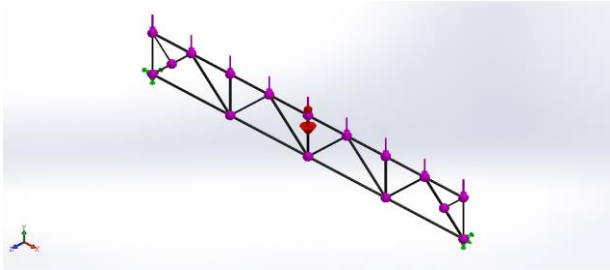


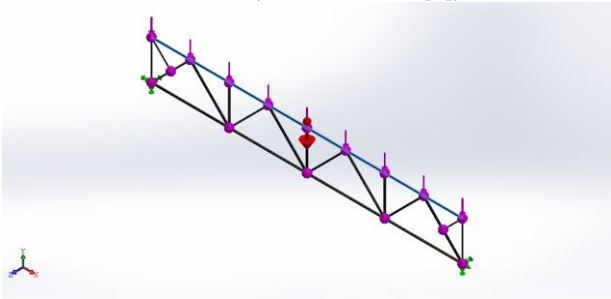
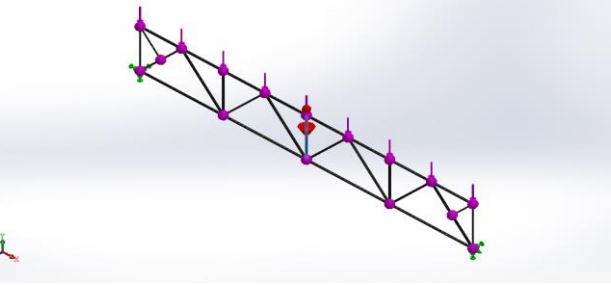
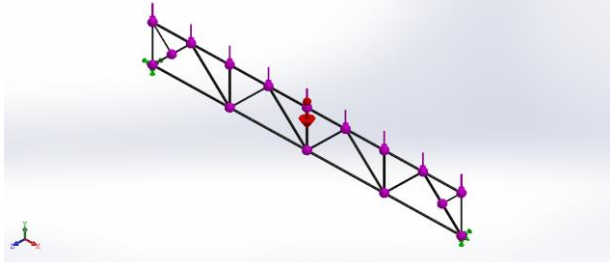
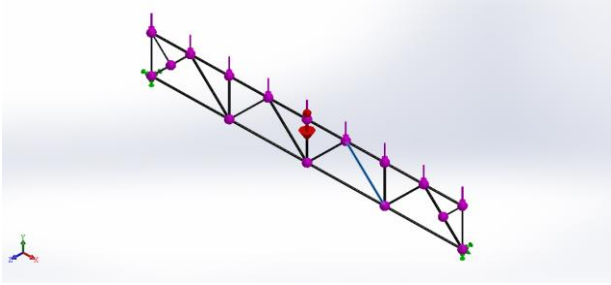
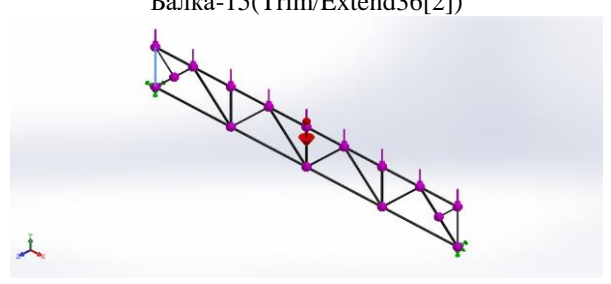
З метою перевірки правильності підбору конструктивних елементів ферми було проведено моделювання її напружено-деформівного стану в програмі SolidWorks. Для цього було створено 3D-модель ферми (рис.1.1) із попередньо розрахованими розмірами елементів. Створену модель досліджували на статичне навантаження.

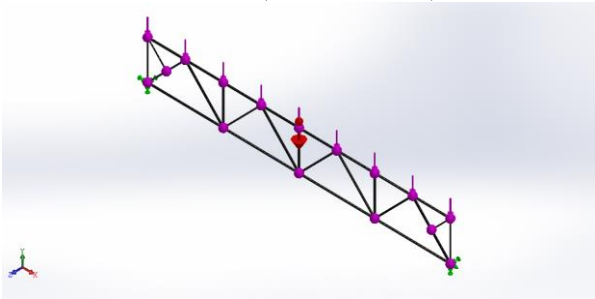
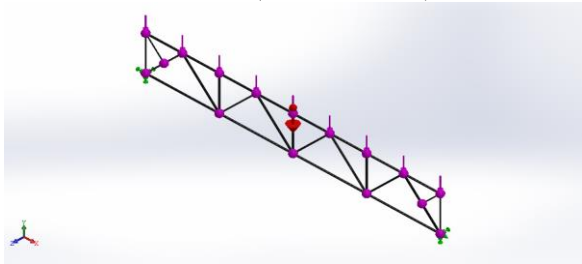


Імя моделі: Ферма
Активная конфигурация: Default<Как обработанный>

Тіла балок		
Ім'я та силка документа	Розглядається як	Об'ємні властивості
<p>Балка-1(Trim/Extend45)</p> 	Балка – постійного перерізу	<p>Стандарт сечення- Площадь сечения: 0.000534796m² Длина:2903.43mm Объем:0.00155275m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:12.2201kg Масса:119.757N</p>
<p>Балка-2(Trim/Extend16)</p> 	Балка – постійного перерізу	<p>Стандарт сечення-iso/square tube/80 x 80 x 5 Площадь сечения: 0.00143562m² Длина:4101.59mm Объем:0.00588841m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:46.3418kg Масса:454.15N</p>
<p>Балка-3(Trim/Extend43)</p> 	Балка – постійного перерізу	<p>Стандарт сечення-iso/square tube/40 x 40 x 4 Площадь сечения: 0.000534796m² Длина:2022.78mm Объем:0.00108178m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:8.5136kg Масса:83.4333N</p>
<p>Балка-4(Trim/Extend24)</p> 	Балка – постійного перерізу	<p>Стандарт сечення-iso/square tube/80 x 80 x 5 Площадь сечения: 0.00143562m² Длина:4101.83mm Объем:0.00588875m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:46.3444kg Масса:454.175N</p>
<p>Балка-5(Trim/Extend27)</p> 	Балка – постійного перерізу	<p>Стандарт сечення-iso/square tube/80 x 80 x 5 Площадь сечения: 0.00143562m² Длина:4092.47mm Объем:0.00587952m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:46.2719kg Масса:453.464N</p>

<p>Балка-6(Trim/Extend29)</p> 	<p>Балка – постійного перерізу</p>	<p>Стандарт сечения- Площадь сечения: 0.00143562m² Длина:2960mm Объем:0.00424943m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:33.443kg Масса:327.742N</p>
<p>Балка-7(Trim/Extend41)</p> 	<p>Балка – постійного перерізу</p>	<p>Стандарт сечения-iso/square tube/80 x 80 x 5 Площадь сечения: 0.00143562m² Длина:4129.5mm Объем:0.00592848m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:46.6572kg Масса:457.24N</p>
<p>Балка-8(Trim/Extend18)</p> 	<p>Балка – постійного перерізу</p>	<p>Стандарт сечения- Площадь сечения: 0.00143562m² Длина:2920mm Объем:0.00419201m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:32.9911kg Масса:323.313N</p>
<p>Балка-9(Trim/Extend42[1])</p> 	<p>Балка – постійного перерізу</p>	<p>Стандарт сечения-iso/square tube/80 x 80 x 5 Площадь сечения: 0.00143562m² Длина:24040mm Объем:0.0345123m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:271.612kg Масса:2661.79N</p>
<p>Балка-10(Trim/Extend22)</p> 	<p>Балка – постійного перерізу</p>	<p>Стандарт сечения-iso/square tube/80 x 80 x 5 Площадь сечения: 0.00143562m² Длина:4092.24mm Объем:0.00587911m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:46.2686kg Масса:453.432N</p>

<p>Балка-11(Trim/Extend38[1])</p> 	<p>Балка – постійного перерізу</p>	<p>Стандарт сечения-iso/square tube/80 x 80 x 5 Площадь сечения: 0.00143562m² Длина:24040mm Объем:0.0345123m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:271.612kg Масса:2661.79N</p>
<p>Балка-12(Trim/Extend26)</p> 	<p>Балка – постійного перерізу</p>	<p>Стандарт сечения-iso/square tube/80 x 80 x 5 Площадь сечения: 0.00143562m² Длина:2920mm Объем:0.00419201m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:32.9911kg Масса:323.313N</p>
<p>Балка-13(Trim/Extend46)</p> 	<p>Балка – постійного перерізу</p>	<p>Стандарт сечения-iso/square tube/80 x 80 x 5 Площадь сечения: 0.000534796m² Длина:2024.75mm Объем:0.00108285m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:8.52201kg Масса:83.5157N</p>
<p>Балка-14(Trim/Extend30)</p> 	<p>Балка – постійного перерізу</p>	<p>Стандарт сечения-iso/square tube/80 x 80 x 5 Площадь сечения: 0.00143562m² Длина:4101.59mm Объем:0.00588841m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:46.3418kg Масса:454.15N</p>
<p>Балка-15(Trim/Extend36[2])</p> 	<p>Балка – постійного перерізу</p>	<p>Стандарт сечения-iso/square tube/40 x 40 x 4 Площадь сечения: 0.000534796m² Длина:2920mm Объем:0.00156161m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:12.2898kg Масса:120.44N</p>

<p>Балка-16(Trim/Extend35)</p> 	Балка – постійного перерізу	<p>Стандарт сечения-iso/square tube/80 x 80 x 5 Площадь сечения: 0.00143562m² Длина:4123mm Объем:0.00591914m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:46.5836kg Масса:456.52N</p>
<p>Балка-17(Trim/Extend32)</p> 	Балка – постійного перерізу	<p>Стандарт сечения-iso/square tube/80 x 80 x 5 Площадь сечения: 0.00143562m² Длина:4092.24mm Объем:0.00587911m³ Массовая плотность:7870kg/m³ Масса:46.2686kg Масса:453.432N</p>

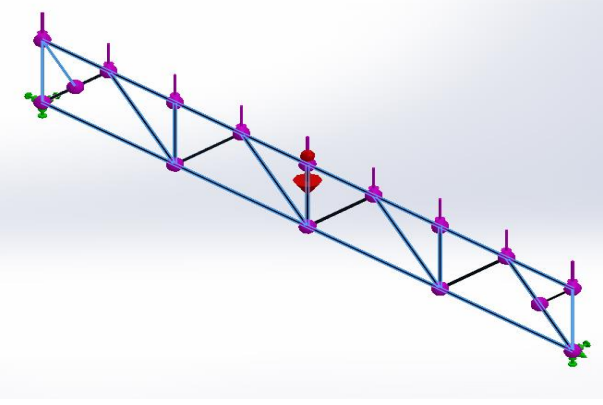
Властивості дослідження

ім'я дослідження	Статичний 2
Тип аналізу	Статичний
Тип сітки	Структура балок
Тип рішальної програми	Рішальна програма Direct sparse
Вплив навантажень на власні частоти:	Викл
М'яка пружина:	Викл
Інерційне розвантаження:	Викл
Несумісні параметри зв'язку	Авто
Великі переміщення	Викл
Розрахувати сили вільних тіл	Вкл
Папка результатів	Документ SOLIDWORKS

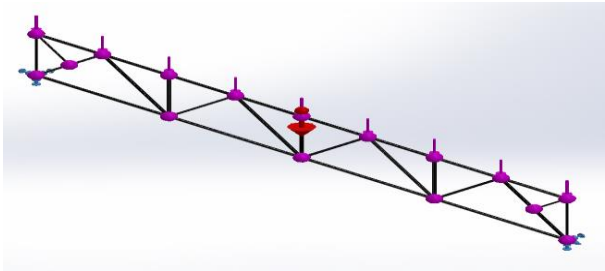
Одиниці вимірювання

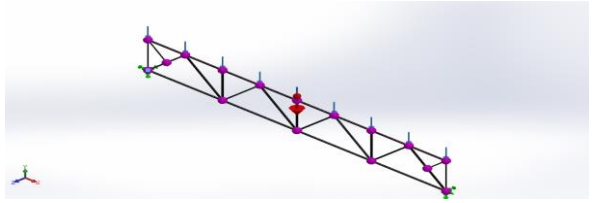
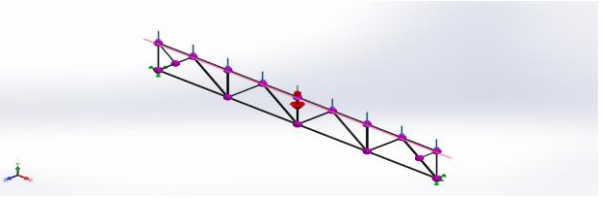
Система одиниць вимірювання:	SI (MKS)
Довжина/Переміщення	mm
Температура	Kelvin
Кутова швидкість	Рад/с
Тиск/Навантаження	N/m ²

Таблиця 2.4 Властивості матеріалу

Посилання на модель	Властивості
	<p>Ім'я: Сталь 09Г2С, гарячекатана полоса Тип моделі: Лінійний Пружний Ізотропний Критерій порочності по умовчання: Максимальне напруження von Mises Межа текучості: 1.8e+08 N/m² Межа міцності при розтягу: 3.25e+08 N/m² Модуль пружності: 2e+11 N/m² Коефіцієнт Пуассона: 0.29 Масова густина: 7870 kg/m³ Модуль переміщення: 8e+10 N/m² Коефіцієнт теплового розширення: 1.22e-05 /Kelvin</p>

Навантаження і кріплення

Ім'я кріплення	Зображення кріплення	Дані кріплення
Зафіксований-1		<p>Об'єкти: 2 Joint(s) Тип: Зафіксована геометрія</p>

Ім'я навантаження	Зображення	Дані
Сила-1		<p>Об'єкт: 9 Шарнір Справочный Грань< 1 > : Тип: Приложить силу Значення: ---, ---, 229000 N Момент: ---, ---, --- N.m</p>
Сила-2		<p>Справочный Top Plane : Значення: 0 0 -9.81 Одиниці m/s² вимірювань:</p>

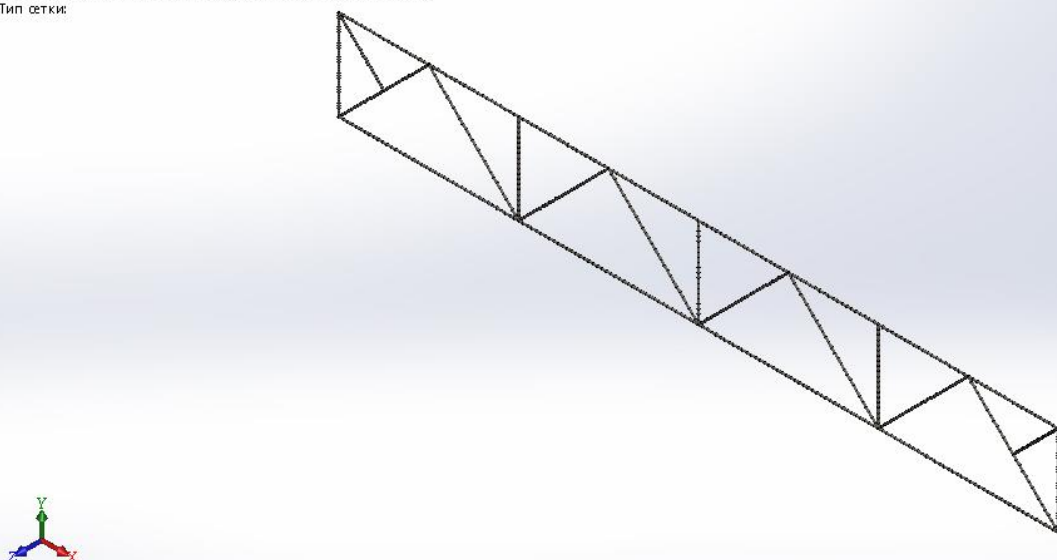
Інформація про сітку

Тип сітки	Структура балок
-----------	-----------------

Інформація про сітку – Деталі

всього вузлів	748
всього елементів	744
Час для завершення сітки (hh; mm; ss):	00:00:04

Имя модели: ФЕРМА
Название и исследование: Статический 2 [-Default<As Machined>-]
Тип сетки:



Результуючі сили

Сили реакції

Вибраний набір	Одиниці вимірювання	Сума по X	Сума по Y	Сума по Z	Результуюча
всей модели	N	0	2.0715e+06	-6.1458e-13	2.0715e+06

Моменти реакції

Вибраний набір	Одиниці вимірювання	Сума по X	Сума по Y	Сума по Z	Результуюча
всей модели	N.m	9.62979e-11	4.33962e-11	1.31738	1.31738

Сили

Ім'я	З'єднання	По осі(N)	Зсув1(N)	Зсув2(N)	Момент1(N.m)	Момент2(N.m)	Згинний момент(N.m)
Балка-1(Trim/Extend45)	1	225042	0.0361586	170.014	-402.998	0.0857098	6.57966e-12
	2	-224918	0.0350026	-164.578	-98.8881	0.0210316	-6.58008e-12

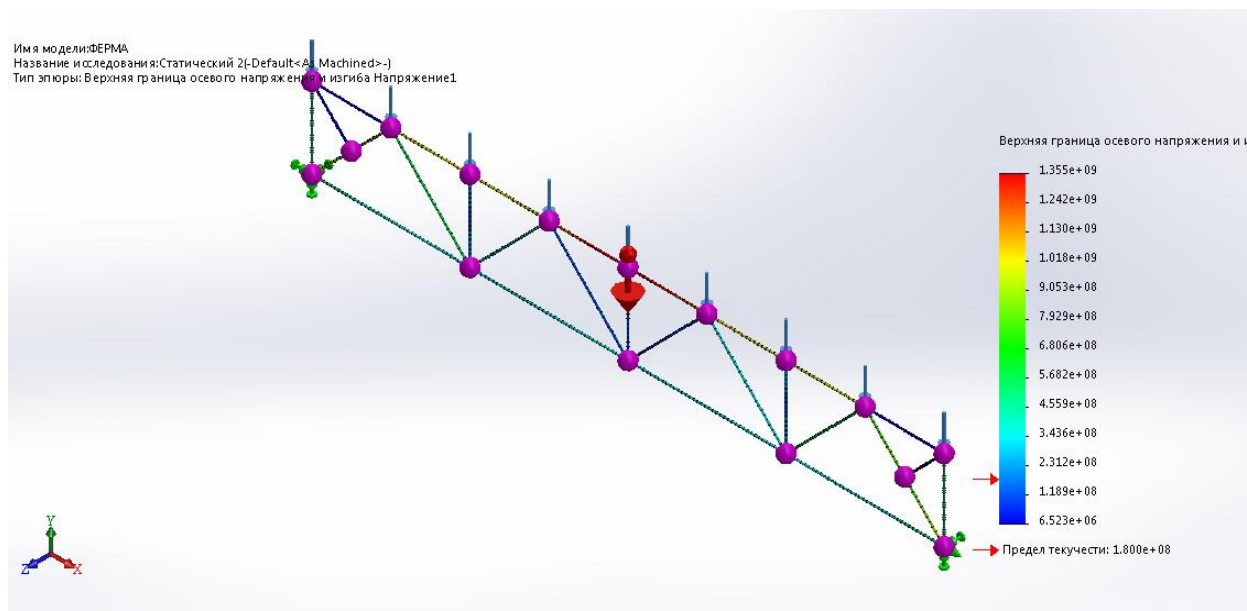
Ім'я	З'єднан ня	По сі(N)	Зсув1(N)	Зсув2(N)	Момент1(N.m)	Момент2(N.m)	Згинний момент(N .m)
Балка- 2(Trim/Extend1 6)	1	-809965	-11.8875	- 1.09334 e-11	3.48327e-11	574.385	-4.11875e- 11
	2	810298	-321.979	1.09355 e-11	1.15584e-11	84.551	4.11874e-11
Балка- 3(Trim/Extend4 3)	1	-5418.59	-218.759	1.16463 e-11	9.8995e-12	222.895	7.33984e-12
	2	5480.52	280.738	- 1.16645 e-11	1.48253e-11	306.876	-7.33992e- 12
Балка- 4(Trim/Extend2 4)	1	-161019	153.019	- 5.09503 e-13	1.4394e-11	1195.25	-1.4733e-11
	2	161351	-485.465	5.11519 e-13	-1.22279e-11	158.625	1.4733e-11
Балка- 5(Trim/Extend2 7)	1	161010	-152.822	9.31266 e-13	1.44762e-11	1195.22	-1.38298e- 11
	2	-161342	485.361	- 9.33218 e-13	-1.05208e-11	158.597	1.38298e-11
Балка- 6(Trim/Extend2 9)	1	-227399	-1178.09	1.58706 e-11	4.85782e-11	1839.46	-6.77232e- 12
	2	227066	1178.09	- 1.58455 e-11	-1.00409e-12	1694.8	6.77232e-12
Балка- 7(Trim/Extend4 1)	1	1.13975e +06	-4396.04	- 2.59365 e-10	8.467e-11	-7524.85	-4.39046e- 11
	2	- 1.13914e +06	-1409.45	- 2.62213 e-10	-1.05822e-10	1499.04	3.35107e-11
	3	- 1.13959e +06	4228.52	2.58549 e-10	4.6468e-10	-1627	4.39035e-11
Балка- 8(Trim/Extend1 8)	1	-227398	1178.24	9.80444 e-12	4.21146e-11	-1839.65	2.85893e-12
	2	227066	-1178.24	- 9.80164 e-12	-1.27055e-11	-1695.07	-2.85893e- 12
Балка- 9(Trim/Extend4 2[1])	1	460070	1668.89	- 2.15306 e-12	3.84703e-11	5138.72	-7.23703e- 11
	2	460108	434.743	3.32197 e-13	3.53052e-11	157.88	-4.86341e- 12
	3	460114	230.262	1.15266 e-12	3.37964e-11	771.306	4.66532e-12
	4	-460070	-1003.87	2.15307 e-12	-2.55519e-11	2879.56	7.23703e-11
	5	-460153	1668.86	- 5.7301e -12	-4.98262e-11	-5138.65	-7.21723e- 11
Балка- 10(Trim/Extend 22)	1	-489486	-343.324	- 7.19807 e-12	-1.04857e-11	1456.31	-1.88019e- 11
	2	489154	676.669	7.1961e -12	-2.00472e-11	708.763	1.88019e-11

Ім'я	З'єднан ня	По сі(N)	Зсув1(N)	Зсув2(N)	Момент1(N.m)	Момент2(N.m)	Згинний момент(N .m)
Балка- 11(Trim/Extend 38[1])	1	-3931.31	-8.48152	1.71683 e-12	1.59282e-11	124.021	-2.87008e- 11
	2	- 1.37531e +06	1877.2	1.3654e -11	8.9869e-11	-2064.58	1.52718e-11
	3	3844.15	-8.59543	1.83145 e-12	-1.90566e-11	-123.82	-3.11739e- 11
	4	- 1.83658e +06	1273.06	1.02589 e-12	3.71882e-11	-844.284	1.67236e-12
	5	- 1.3765e+ 06	722.044	- 4.45193 e-12	2.39446e-11	-294.127	-1.5565e-12
	6	- 1.37532e +06	-1544.44	1.70357 e-09	4.13769e-11	3067.91	1.64104e-12
	7	3931.31	341.028	- 1.71683 e-12	-2.10792e-11	-648.344	2.87008e-11
	8	- 1.37649e +06	-389.604	5.76148 e-12	4.60622e-11	1373.19	2.56631e-12
	9	- 1.83658e +06	-940.496	6.79061 e-13	3.42061e-11	2476.43	-1.30817e- 12
Балка- 12(Trim/Extend 26)	1	-227452	0.18805 6	2.25917 e-12	9.75383e-12	-0.00946475	-9.58357e- 14
	2	227119	0.17320 4	- 2.25637 e-12	-2.98053e-12	-0.0124209	9.58458e-14
Балка- 13(Trim/Extend 46)	1	-5541.9	- 0.00627 716	- 218.762	-222.909	0.00639615	-6.52385e- 12
	2	5603.83	- 0.00897 918	280.694	-306.868	-0.00981648	6.51703e-12
Балка- 14(Trim/Extend 30)	1	-489144	-677.197	- 8.01329 e-12	-1.947e-11	708.715	1.65078e-11
	2	489477	343.288	8.01525 e-12	-1.45297e-11	1456.25	-1.65078e- 11
Балка- 15(Trim/Extend 36[2])	1	-225005	9.99696 e-12	167.322	99.0745	-3.30301e-11	6.91196e-12
	2	225129	- 9.61594 e-12	- 167.322	402.891	4.2146e-12	-6.91196e- 12
Балка- 16(Trim/Extend 35)	1	1.13903e +06	1413.53	3.19838 e-10	-1.45928e-10	1500.76	3.60665e-11
	2	- 1.13919e +06	-1249.51	- 3.20872 e-10	-5.33655e-10	1322.57	-3.60658e- 11
	3	- 1.13964e +06	4397.9	3.16305 e-10	1.2191e-10	-7526.35	-5.00459e- 11
	1	809911	11.8049	7.60593 e-12	3.51618e-11	573.958	-3.11895e- 11

Ім'я	З'єднання	По осі(N)	Зсув1(N)	Зсув2(N)	Момент1(N.m)	Момент2(N.m)	Згинний момент(N.m)
Балка-17(Trim/Extend 32)	2	-810244	323.892	-7.6079e-12	-2.89026e-12	83.8486	3.11895e-11

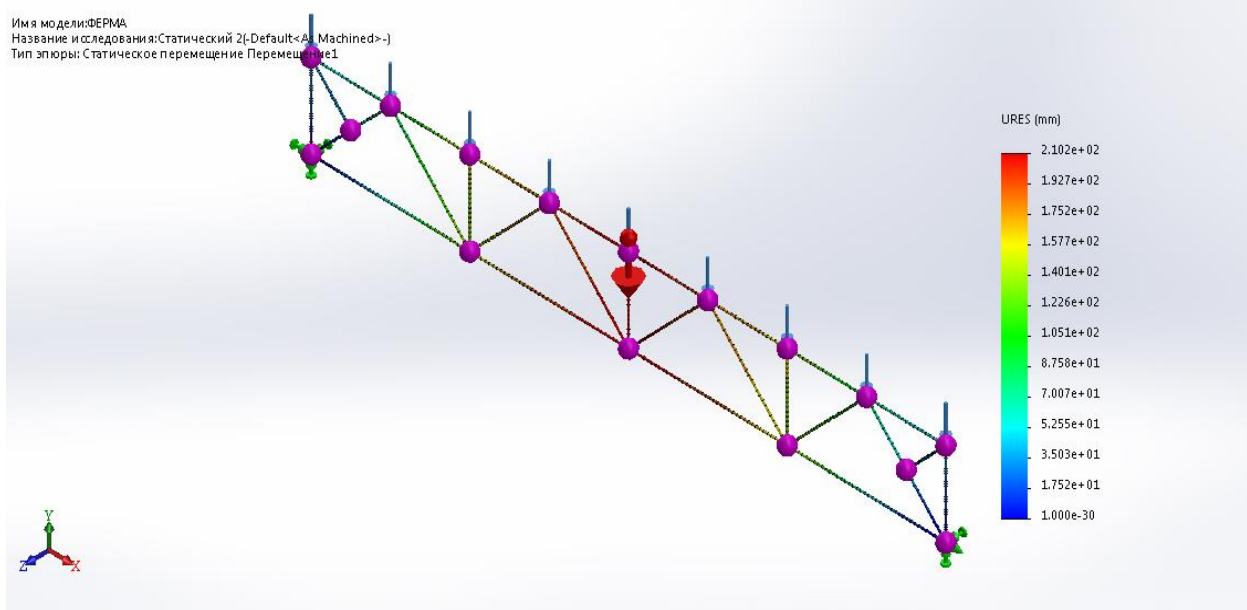
Результати дослідження

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Напруження 1	Верхня границя осевого напряжения и изгиба	6.523e+06 N/m^2 Елемент: 573	1.355e+09 N/m^2 Елемент: 494

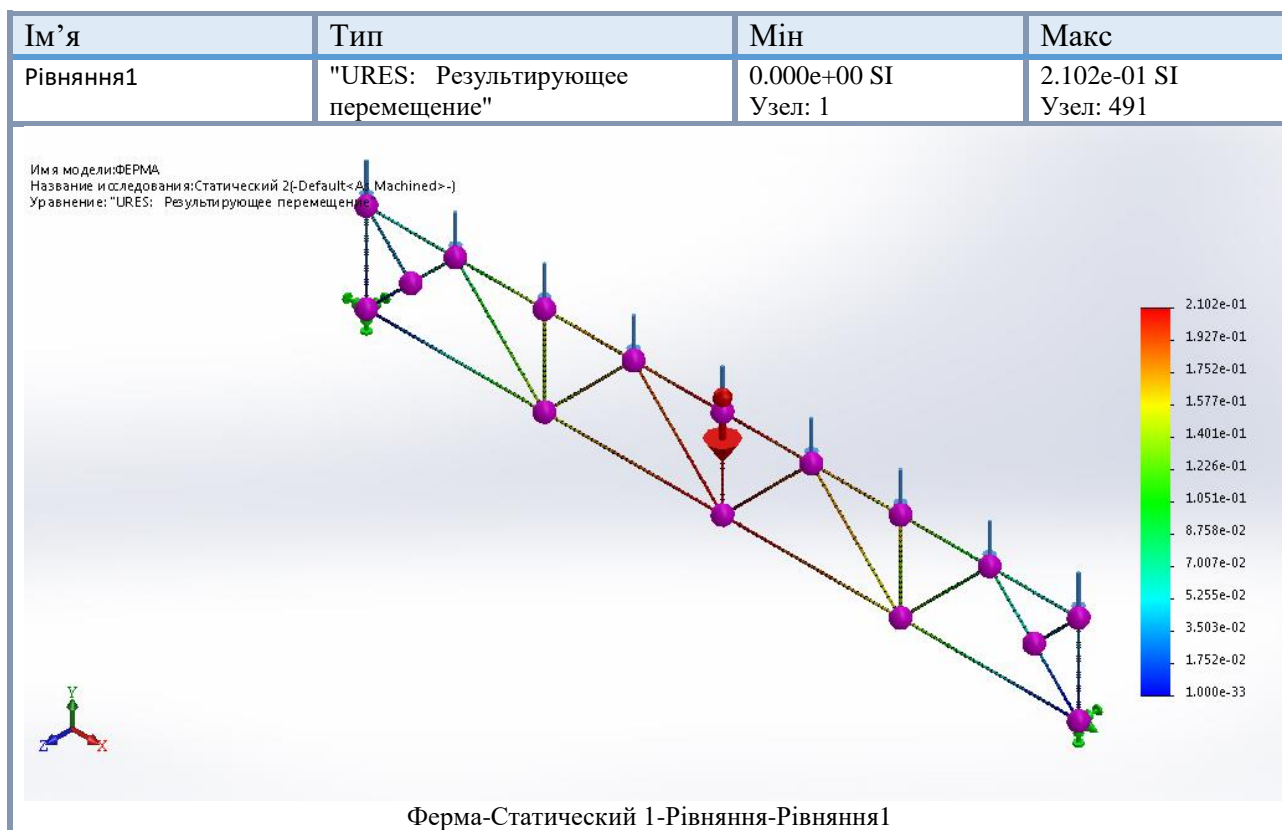
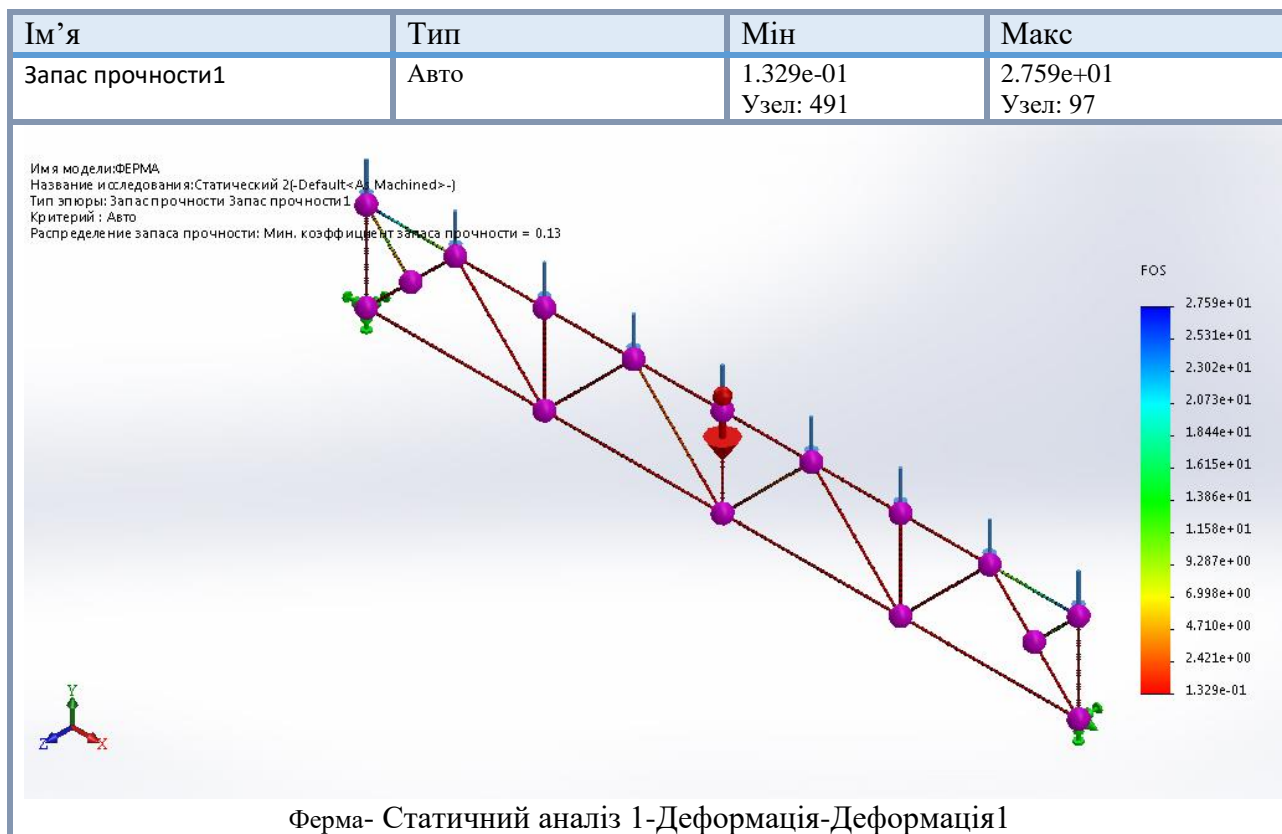


Ферма -Статичний аналіз 1-Напруження-Напруження1

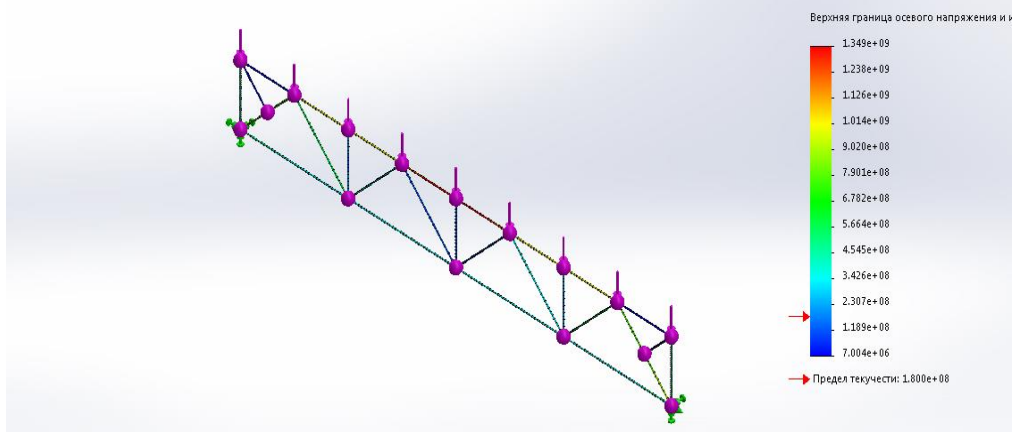
Ім'я	Тип	Мін	Макс
Переміщення1	URES: Результирующее перемещение	0.000e+00 mm Узел: 1	2.102e+02 mm Узел: 491



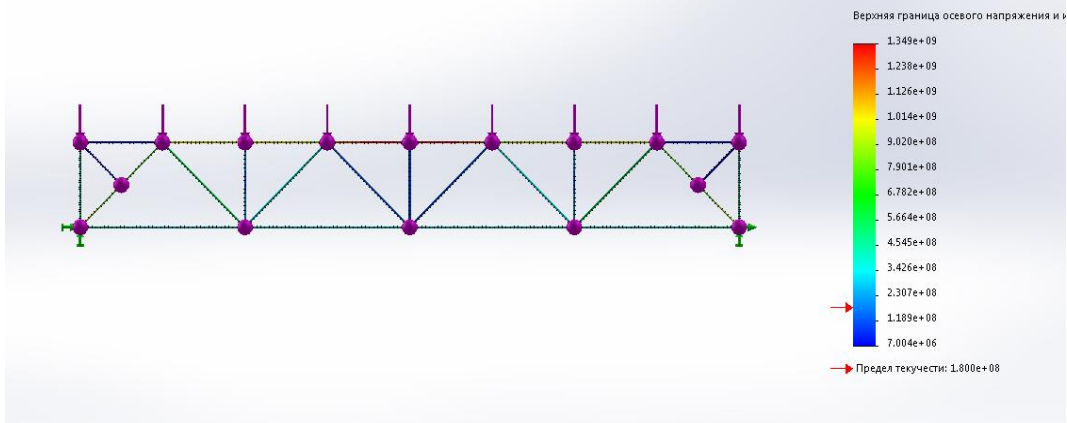
ФЕРМА-Статический 1-Запас міцності-Запас міцності1



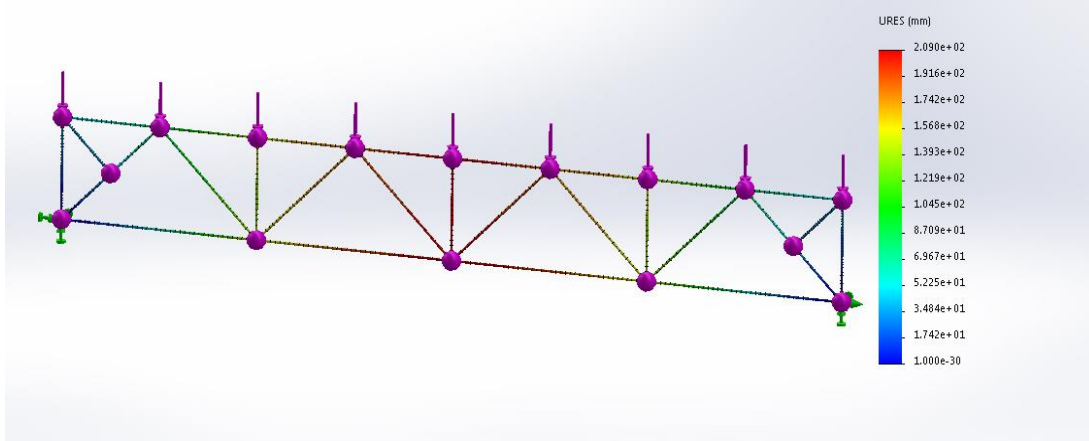
Имя модели:ФЕРМА
 Название исследования:Статический 2(Default<As Machined>-)
 Тип эпюры:Верхняя граница осевого напряжения и изгиба Напряжение1



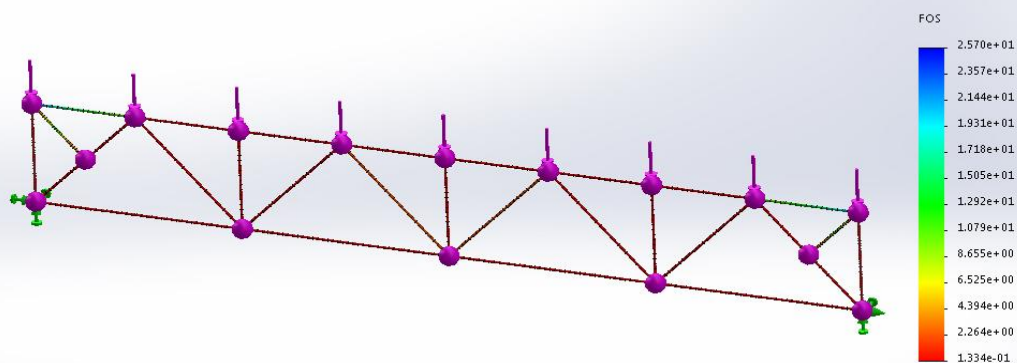
Имя модели:ФЕРМА
 Название исследования:Статический 2(Default<As Machined>-)
 Тип эпюры:Верхняя граница осевого напряжения и изгиба Напряжение1



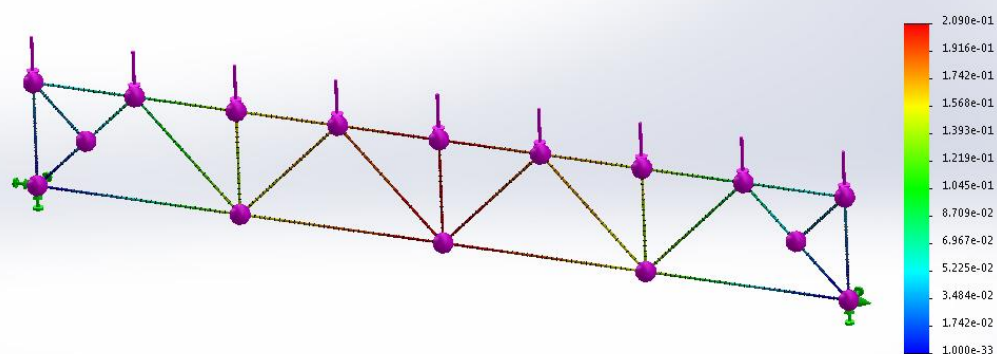
Имя модели:ФЕРМА
 Название исследования:Статический 2(Default<As Machined>-)
 Тип эпюры:Статическое перемещение Перемещение1



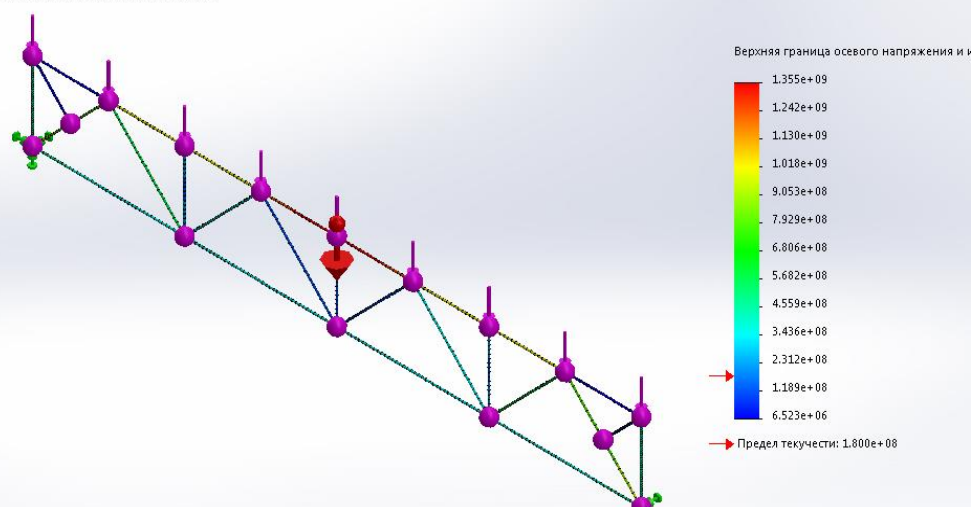
Имя модели:ФЕРМА
 Название исследования:Статический 2(Default<As Machined>-)
 Тип эпюры: Запас прочности Запас прочности1
 Критерий : Авто
 Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 0.13

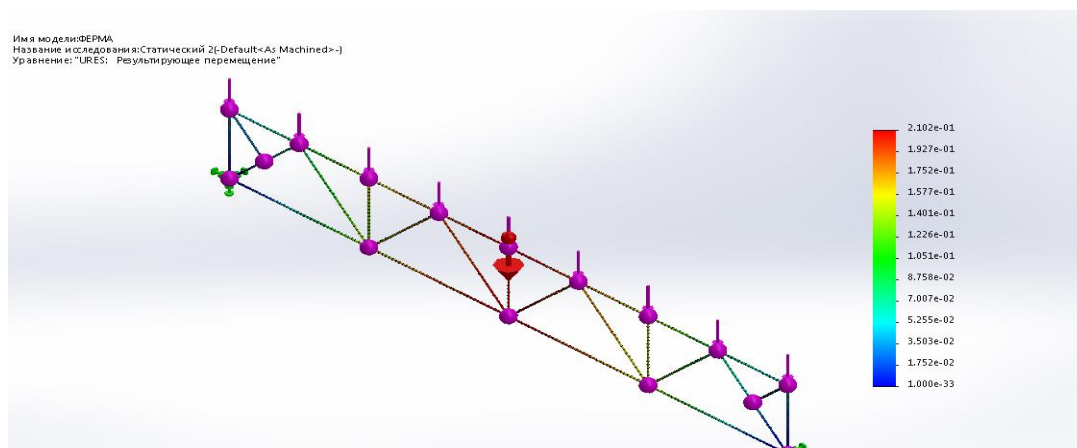
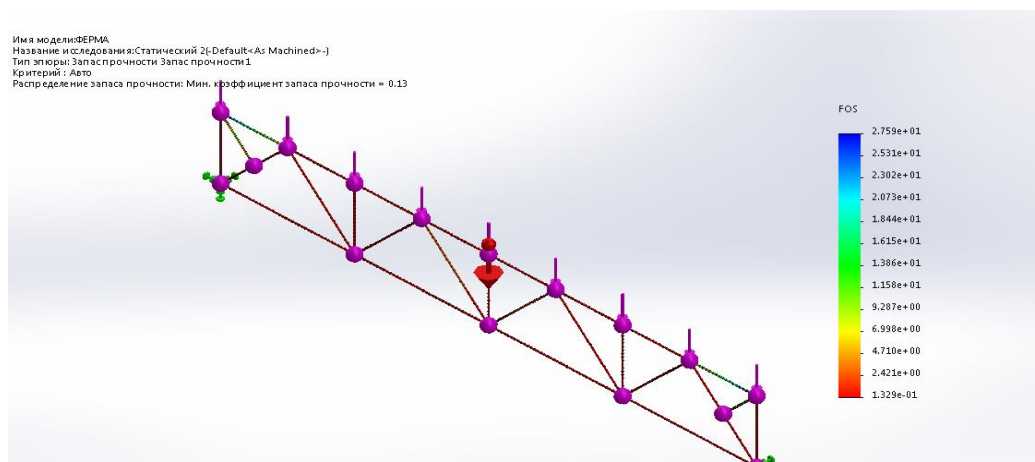
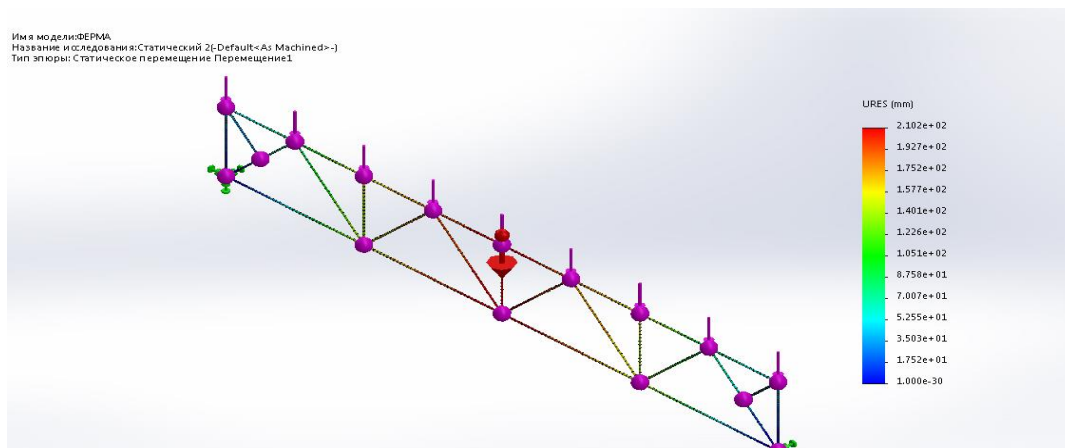


Имя модели:ФЕРМА
 Название исследования:Статический 2(Default<As Machined>-)
 Уравнение: "URES": Результирующее перемещение"



Имя модели:ФЕРМА
 Название исследования:Статический 2(Default<As Machined>-)
 Тип эпюры: Верхняя граница осевого напряжения и изгиба Напряжение1





Висновок. На основі проведених досліджень, шляхом моделювання напружено-деформівного стану ферми перекриття, встановлено, що максимальні напруження які виникають при статичному навантаженні ферми в 250 кН є менші за границю міцності. Визначено статичні коефіцієнти запасу міцності за напруженнями. При статичному розрахунку МСЕ в програмному комплексі SolidWorks отримано максимальні значення прогинів ферми, які не перевищують вимог.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Обґрунтування способу зварювання.

При зварюванні ферм різної конструкції та призначення найбільш широкого застосування в промисловості знайшов спосіб зварювання в захисних газах. Він переважно застосовується в промислових умовах виробництва. При зварюванні його при монтажних роботах необхідно передбачити заходи проти порушення газового захисту потоками повітря. На ефективність газового захисту впливають тип зварного з'єднання і швидкість зварювання. Зі збільшенням швидкості зварювання стабільність захисту знижується. [5]

Для забезпечення надійного захисту зони зварювання і зварювальної ванни від навколишнього повітря важливе значення мають відстань сопла пальника до виробу, а також його розмір та витрата захисного газу. Надмірне наближення до виробу збільшує забризкування сопла, а видалення призводить до порушення захисту зони зварювання. При існуючому обладнанні відстань сопла від виробу зазвичай витримують в межах 7-25 мм.

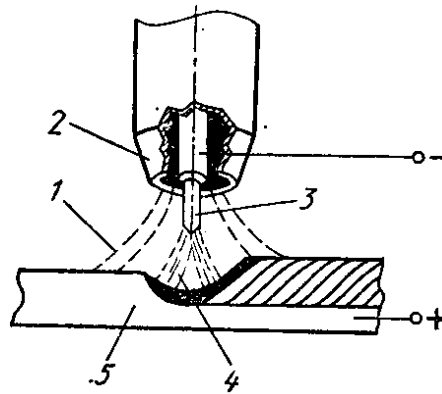
Зварювання в захисних газах (рис. 3.1), як правило, виконують при напрузі на дузі 22-34 В. При цьому забезпечується надійний захист плавильного простору. Для зварювання застосовують електродний дріт суцільного перетину діаметром 0,5-4 мм (сила струму 50-700 А), а також порошкові драти.

В якості захисного середовища застосовують три основні групи газів: а) інертні гази; б) активні гази; в) суміші газів. [5]

При зварюванні в інертних газах, гази не взаємодіють з металом зварювальної ванни і не утворюють з ним хімічних сполук. Недоліком їх застосування є висока вартість і дефіцитність деяких із них. Найбільш широкого застосування при зварюванні з інертних газів знайшов аргон. При застосуванні даного газу забезпечується висока стійкість дугового розряду. [5]

Зварювання в аргоні ведуть дугою прямого дії, що не плавиться, в основному вольфрамовим неплавким електродом або плавким електродом, за хімічним складом близьким до складу основного металу на змінному або постійному струмі прямої полярності. Цей спосіб зварювання застосовують

переважно при виготовленні конструкцій та апаратури з тонколистових високолегованих сталей, титанових і алюмінієвих сплавів. [5]



- 1- потік газу; 2 – сопло; 3 – електрод (дріт); 4 – зварювальна дуга;
5 – основний метал

Рис. 3.1 – Схематичне зображення зварювання в захисних газах

При зварюванні з захистом активними газами найбільш широко використовують вуглекислий газ.

Активні гази або продукти їх дисоціації в процесі зварювання взаємодіють з металом зварювальної ванни, розчиняються та утворюють хімічні сполуки.

Зварювання у вуглекислому газі виконують плавким електродом суцільного перерізу і порошкові дроти. Зварювання низьколегованими дротами суцільного перерізу здійснюють на постійному струмі зворотної полярності.

При зварюванні постійним струмом прямої полярності внаслідок більш високого вмісту в металі шва водню спостерігається інтенсивне утворення пор. Захист з вуглекислим газом застосовують в основному при напівавтоматичному та автоматичному зварюванні маловуглецевих і низьколегованих сталей. [5]

Напівавтоматичне зварювання в вуглекислому газі можна виконувати у всіх просторових положеннях. Широке використання напівавтоматичного зварювання в вуглекислому газі замість ручного зварювання покритими електродами обумовлено більшою продуктивністю, кращими умовами праці та меншими вимогами до кваліфікації зварника, а в порівнянні з напівавтоматичним зварюванням під флюсом полягають в можливості візуального спостереження за розташуванням електрода, відсутності операцій

по утриманню та видалення флюсу і можливості виконання швів у всіх просторових положеннях. [5]

Суттєвим недоліком зварювання в вуглекислому газі є інтенсивне розбризкування металу, що викликає засмічення апаратури і деталей, що зварюються.

Також на даний час широке застосування знайшов спосіб зварювання із застосуванням газових суміш. На практиці застосовують суміші інертних газів, суміші інертних і активних газів і суміші активних газів. Переваги захисту сумішшю газів зводяться до покращення технологічних і металургійних властивостей захисної атмосфери. Відомі подвійні і потрійні суміші інертних і активних газів на основі аргону. Це подвійні суміші $Ar + O_2$; $Ar + CO_2$; $Ar + N_2$ і $Ar + H_2$. В потрійних сумішах зазвичай використовують в різних співвідношеннях аргон, вуглекислий газ і кисень. [5]

Для зварювання також застосовують суміші активних газів $CO_2 + O_2$ і $CO_2 + N_2$, але особливо суміш $CO_2 + O_2$, яку використовують для виготовлення конструкцій з маловуглецевих і низьколегованих сталей. [5]

Виходячи із вище сказаного при зварюванні ферми будемо застосовувати спосіб із застосування суміші газів $Ar + CO_2$ у співвідношенні 75%Ar та 25% CO_2 .

Із врахуванням вище сказаного для зварювання сталі 10ХСНД вибираєм кремніє-марганцевий електродний дріт марки Св08Г2С (хім. склад дроту приведено в таблиці 3.1).

Таблиця 3.1 – Хімічний склад дроту згідно ГОСТ2246 – 70 [6]

Вміст елементів, %						
<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>S</i>	<i>P</i>
не більше						
0,05-0,11	0,70-0,95	1,8-2,1	0,20	0,25	0,025	0,03

Для забезпечення міцності зварних з'єднань необхідно підібрати або розрахувати параметри режиму зварювання. При розрахунку необхідно керуватись типом з'єднання та способом зварювання. Так, як ферма покриття виготовляється із квадратної труби з товщиною стінки 6 мм і зварювання

проводять кутовими швами, тому проведемо розрахунок режиму зварювання для катета 3 мм згідно методики [7,8,9]. Схема з'єднання приведена на рисунку 3.2.

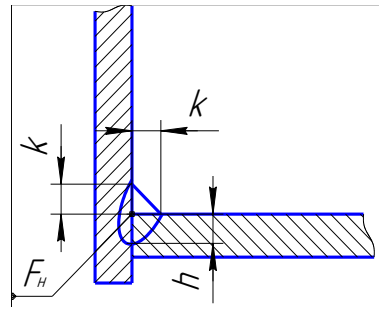


Рисунок 3.2 - Схема кутового з'єднання

k - катет шва; h - глибина проплавлення основного металу; F_n – площа поперечного перерізу наплавленого металу

Визначаємо глибину проплавлення за формулою:

$$h = 0.8 \cdot k, \quad (3.1)$$

де, k – катет шва, мм;

$$h = 0,8 \cdot 3 = 2,4 \text{ мм.}$$

Визначаємо величину зварювального струму:

$$I_{зв} = \frac{h}{K_a} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

де, K_a – коефіцієнт, який залежить від діаметру електродного дроту;

$$I_{зв} = \frac{2.4}{1.6} \cdot 100 = 150 \text{ А.}$$

Визначаємо діаметр дроту:

$$d_e = 1.13 \sqrt{\frac{I_{зв}}{j}}, \quad (3.3)$$

де, j – густина струму, А/мм^2 ; $j=145 \text{ А/мм}^2$;

$$d_e = 1.13 \sqrt{\frac{150}{145}} = 1,15 \text{ мм.}$$

Діаметр дроту приймаємо $d_e = 1.2\text{мм}$.

Величину вильоту електродного дроту вибираємо рівною 15мм.

Визначаємо напругу на дузі:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot I_{36} \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_e}} \pm 1, \quad (3.4)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 150 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1.2}} \pm 1 = 26,85 \pm 1\text{В}.$$

Визначаємо швидкість подачі дроту:

$$V_{n.d.} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{36}}{\pi \cdot d_e^2 \cdot j}, \quad (3.5)$$

де, α_n – коефіцієнт наплавлення, г/А · год; $\alpha_n = 14$ г/А · год;

j – густина металу, $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$; $j = 7.9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$;

$$V_{n.d.} = \frac{4 \cdot 14 \cdot 150}{3.14 \cdot 1.2^2 \cdot 7.9} = 235,16 \frac{\text{м}}{\text{год}}.$$

Визначаємо швидкість зварювання:

$$V_{36} = \frac{A}{I_{36}}, \quad (3.6)$$

де, $A = 3,5 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{год}}$;

$$V_{36} = \frac{3,5 \cdot 10^3}{150} = 23,33 \frac{\text{м}}{\text{год}}.$$

Розраховані параметри зварювання зводимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2. Параметри режимів зварювання хребтової балки

Діаметр електродного дроту, мм	Сила зварювального струму, А	Напруга на дузі, В	Швидкість зварювання, м/год	Швидкість подачі дроту, м/год
1.2	150	27	23	235

Для проведення зварювальних робіт на розрахованих режимах проведемо вибір зварювального обладнання. Оскільки спосіб зварювання в нашому випадку є напівавтоматичним, тому необхідно підібрати зварювальний напівавтомат та джерело живлення, які б забезпечували стабільність процесу зварювання на розрахованих режимах.

Джерело живлення зварювальної дуги, повинно забезпечувати надійне збудження дуги, підтримувати її стійке горіння; сприяти доброму переносу металу; давати можливість налаштовуватись на потрібний режим зварювання.

Зварювання проводять на постійному струмі зворотної полярності. Це пояснюється тим, що при прямій полярності процес зварювання характеризується великим розбризкуванням, навіть при зварюванні значно меншими струмами. Це приводить до зменшення глибини провару [10].

При зварюванні на постійному струмі в середовищі захисного газу на великих густинах струму статична характеристика дуги зростаюча. Для забезпечення саморегулювання зварювального процесу в даному випадку необхідно, щоб джерело живлення мало жорстку чи зростаючу статичну характеристику.

Отже, для механізованого зварювання плавким електродом вибираємо напівавтомат ПДГ-312 з випрямлячем ВС – 450 (рис 3.3).

Технічна характеристика напівавтомата наведена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика зварювального напівавтомату
ПДГ – 312 [11]

Номінальна сила зварювального струму, А	315
Діаметр електродного дроту, мм	1,0...1,4
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	120-960
Маса подаючого пристрою, кг	12

Напівавтомати для механізованого зварювання плавким електродом серії ПДГ комплектують уніфікованими пальниками типу ГДПГ [11].

Випрямляч ВС – 450 з жорсткою зовнішньою характеристикою, забезпечує плавне регулювання вихідної напруги. Цей випрямляч складається з трансформатора із нормальним магнітним розсіюванням і трьохфазного дроселя насичення [10].

Робочі обмотки дроселя включені в випрямний блок. Регулювання вихідної напруги ступінчасто – плавне. Випрямляч має дистанційне керування.

Використання випрямлячів більшої потужності з аналогічною зовнішньою характеристикою буде економічно не ефективно через великі енерговитрати.



Рис. 3.3 – Загальний вигляд напівавтомата ПДГ – 312 – 5
з джерелом ВС – 450

Технічна характеристика зварювального випрямляча ВС – 450 наведена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика зварювального випрямляча
ВС – 450 [11]

Технічна характеристика	Показник
Номінальна сила зварювального струму, А	450
Номінальний режим роботи при ПВ, %	65
Номінальна робоча напруга, В	38
Межі регулювання сили зварювального струму, А	30...450
Первинна потужність, кВ · А	20,5
ККД,	83
Габаритні розміри (довжина × ширина × висота), мм	610×685×915
Маса, кг	185

Для механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу або сумішах відкритою дугою при постійній швидкості подачі дроту застосовують випрямлячі з полого-падаючою зовнішньою характеристикою. Дана

характеристика забезпечує надійне запалення дуги, підвищує її саморегулювання і стабільність процесу зварювання на стадіях запалювання, горіння дуги і короткого замикання. Для зменшення розбризкування розплавленого металу використовують дросель, включений в ланцюг випрямленого струму. Дросель уповільнює наростання струму в первинній фазі короткого замикання, що дозволяє краплі розплавленого металу на торці електродного дроту злитися з ванною розплавленого металу на виробі з утворенням рідкої перемички.

3.2 Опис технологічного процесу зварювання ферми

Технологічний процес виготовлення металевих конструкцій складається з послідовного виконання ряду операцій, а саме: різання, оброблення кромки і очищення під зварювання, складання та зварювання, контролю зварних з'єднань та конструкції в цілому.

Так, як ферма виготовляється із труб квадратного перерізу, то різання заготовок доцільно проводити механічним способом. При механічному різанні не потрібно очищати кромки під зварювання. Для труби будемо застосовувати відрізний станок типу Workline 410.280 DG (рис.3.6).

Різнання труб виконують розмірами згідно креслень та прономерувати. Порізані на необхідні розміри труби та з відповідними кутами спряжень сортують та складають окремо.



Рис. 3.6 Відрізний станок Workline 410.280 DG [9]

Наступною операцією йде складання зварної ферми. Складання виконують у спеціальному кондукторі (п.4).

Спочатку встановлюють верхній пояс ферми та фіксують його за допомогою пневмопритискачів. Після цього встановлюють у зазначеній в технологічному процесі послідовності елементи решітки ферми. Останньою стадією є встановлення нижнього пояса. Всі елементи по мірі встановлення притискають до рами кондуктора за допомогою притискачів.

Коли конструкція ферми повністю кладена та зафіксована виконують зварювання. Для автоматизації процесу виготовлення ферми застосовують зварювальний маніпулятор, який переміщається в здовж кондуктора по направляючих. Зварювання виконують стиків виконують у певній послідовності згідно техпроцесу. Після зварювання швів з однієї сторони напів-зварену ферму за допомогою спеціального механізму перевертають на 180° та проводять зварювання.

Зварену ферму знімають з кондуктора і переміщають на операцію зачищення та виправлення дефектів. Після цього проводять контроль якості

зварних з'єднань. Коли конструкція ферми пройшла контрольні операції вона поступає на операцію фарбування. І так процес повторюється.

3.3 Нормування витрат матеріалів і електроенергії.

Загальні правила нормування витрат, втрат і відходів зварювальних матеріалів та методи їх визначення у зварювальному виробництві встановлює ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання». [13]

Норма витрат зварювального дроту :

$$H_{випр} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m H_{bij} \times L_{ij} \times K_{1i} \times K_{2j} \times K_{3i}, \quad (3.7)$$

де H_{bij} – норматив витрат i – го матеріалу на один метр j – го шва при даній товщині, кг;

L_{ij} – довжина i – го виду матеріалу j – го типу шва, м;

K_{1i} – поправочний коефіцієнт, що враховує технологічні втрати і відходи i – го виду матеріалу ($K_{1i} = 1,1$);

K_{2j} – поправочний коефіцієнт, що враховує просторове положення j – го шва ($K_{2j} = 1,1$);

K_{3i} – поправочний коефіцієнт, що враховує витрати i – го матеріалу на прихоплювання ($K_{3i} = 1$ (згідно технологічного процесу));

j – кількість швів, $j = 1, 2, 3, \dots, t$.

$$H_{bi} = M \cdot K_{bi}, \quad (3.8)$$

$$H_{bi} = 3,9 \cdot 1,1 = 4,29$$

де M – маса наплавленого металу на 1 метр шва, кг;

Kbi – коефіцієнт витрат i – го матеріалу, що враховує технологічні втрати і відходи зварювальних матеріалів ($Kbi = 1,1$).

Маса наплавленого металу на 1 метр шва рівна:

$$M = F \cdot \rho \cdot L \cdot 10^{-3} \quad (3.9)$$

$$M = 0,50 \cdot 7,85 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 3,9 \text{ кг.}$$

де F – площа поперечного перерізу металу шва зварного з'єднання, м²;

ρ – густина металу шва, для маловуглецевої сталі $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$;

L – довжина шва, м.

Витрати зварювального дроту будуть наступні

$$H_{\text{вир}} = 4,29 \cdot 6,2 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 32 \text{ кг.}$$

Норма витрат захисного газу:

$$H_{\text{взг}} = \sum H_{\text{г}} + \Pi_{\text{гзк}} \quad (3.10)$$

де $H_{\text{г}}$ – норматив витрат захисного газу на метр шва, л;

$\Pi_{\text{гзк}}$ – технологічні втрати газу на зварну конструкцію, л ($\Pi_{\text{гзк}} = 0,7 \text{ л}$).

Норматив витрати захисного газу на метр шва буде рівна:

$$H_r = \sum H_{\text{пг}} \cdot T_{\text{oi}} + H_{\text{дгі}} = 108,9 \quad (3.11)$$

$$H_r = 9 \cdot 12 + 0,9 = 108,9 \text{ л.}$$

де $H_{\text{пг}}$ – питома витрата захисного газу, л/хв;

T_{oi} – основний час зварювання одного метра шва, хв ($T_{\text{oi}} = 12 \text{ хв}$);

$H_{\text{дгі}}$ – додаткові витрати захисного газу на виконання підготовчо

– заключних операцій при зварюванні і – того проходу мЗ;

n – кількість проходів, $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Норма витрати газу на конструкцію $H_{\text{гзк}}$

$$H_{\text{гзк}} = \sum H_r + \Pi_{\text{гзк}} \quad (3.13)$$

$$H_{\text{ГЗК}} = 108.9 + 0.7 = 109.6 \text{ л.}$$

Витрати електроенергії на один кілограм наплавленого металу [14]:

$$E = \frac{U_{\delta}}{\alpha_n \cdot \eta_e \cdot k_{\delta}}, \quad (3.14)$$

де η_e – ефективний коефіцієнт корисної дії процесу нагрівання ($\eta_e = 0,7 \dots 0,99$; приймаємо $\eta_e = 0,8$);

k_{δ} – коефіцієнт корисної дії джерела живлення дуги.

Витрати електроенергії визначаємо враховуючи масу наплавленого металу в цілому на зварювання всіх швів конструкції. Тому формула (3.14) в такому випадку буде мати наступний вигляд:

$$E = \sum \frac{U_{\delta} \cdot M}{\alpha_n \cdot \eta_e \cdot k_{\delta}}. \quad (3.15)$$

$$E = \frac{40 \cdot 3,9}{19,9 \cdot 0,8 \cdot 0,7} = 14 \text{ кВт/год}$$

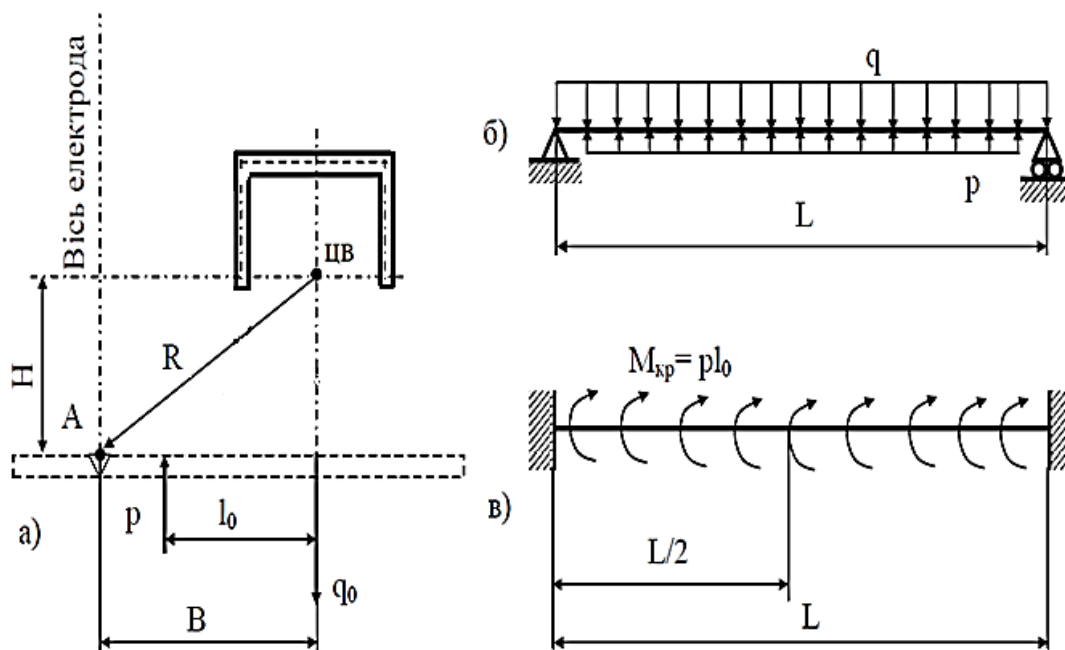
$$E = \frac{40 \cdot 1,4}{13,6 \cdot 0,8 \cdot 0,7} = 7,3 \text{ кВт/год}$$

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок елементів кондуктора для складання ферм

Верхній швелер не тільки опора для пневмопритискачів, але й стенд для самого виробу де буде він збиратися та прихоплюватися .

Розрахункова схема конструкції показана на рис. 4.1.



а — схема сил в поперечному перерізі швелера ; б — згинання швелера;
в — кручення швелера

Рисунок. 4.1 . Схема навантаження верхньої опорної швелера [15]

Згинання швелера виникає від дії рівномірно розподіленого навантаження[15]

$$q = q_0 - p, \quad (4.1)$$

$$q = 900 - 280 = 620 \text{ Н/м}$$

де q_0 — розподілене навантаження від власної ваги швелера, Н/м;

p — розподілена сила клавішних притискачів, Н/м.

Найбільший згинальний момент буде посередині прольоту швелера

$$M_3 = \frac{q \cdot L^2}{8}, \quad (4.2)$$

$$M_3 = \frac{620 \cdot 24^2}{8} = 44640 \text{ Н/м}$$

Максимальні напруження від згинального моменту

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W} \leq [\sigma] \quad (4.3).$$

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W}, \quad W = \frac{M_3}{\sigma_3} = \frac{44640}{160} = 0,000279 \text{ м}^3$$

Максимальний прогин швелера посередині прольоту

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I}. \quad (4.4)$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{44640 \cdot 24^4}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 895} = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

Швелер також навантажена крутним моментом, рівномірно розподіленим по всій довжині [15]

$$m_{кр} = p \cdot l_0 \quad (4.5)$$

де l_0 — поперечне плече сили відносно центра ваги швелера.

Найбільший крутний момент діє в защемленні швелера

$$M_{кр} = m_{кр} \frac{L}{2} = \frac{p \cdot l_0 \cdot L}{2} \quad (4.6)$$

$$M_{кр} = \frac{280 \cdot 0,004 \cdot 24}{2} = 13,4 \text{ Нм}$$

Найбільш дотичні напруження від кручення будуть на опорі

$$\tau = \frac{pl_0L}{4F\delta} \leq [\tau] \quad (4.7)$$

$$\tau = \frac{280 \cdot 1,911 \cdot 2,730}{4 \cdot 2,34 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0052} = 10,079 \cdot 10^7 \text{ МПа}$$

де F — площа, що обмежена середньою лінією;

δ — товщина стінки швелера.

Значення кута закруту швелера посередині прольоту

$$\alpha = \frac{p \cdot l_0 \cdot s \cdot L^2}{32 \cdot F^2 \cdot G \cdot \delta} \quad (4.8)$$

$$\alpha = \frac{280 \cdot 4 \cdot 4,380 \cdot 0,10}{32 \cdot 2,34 \cdot 10^{-32} \cdot 0,0052 \cdot 5,3846 \cdot 10^{10}} = 0,8988$$

де s — довжина середньої лінії поперечного перерізу швелера;

α — кут закруту швелера, рад;

G — модуль зсуву, МПа.

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} \quad (4.9)$$

$$G = \frac{2,1 \cdot 10^{11}}{2 \cdot (1 + 0,95)} = 5,384 \cdot 10^{10} \text{ Па}$$

4.2 Опис конструкції кондуктора складання та зварювання ферми.

Устакування для складання типових плоских кроквяних ферм завдовжки 18, 24, 30 і 36 м зазвичай містять кондуктор для складання першої площини ферми, кондуктор 8 для складання другої площини ферми, кантувачі і напівкозлові крани. В комплекти кондукторів входять фіксуючі пристрої та струбцини з гідравлічними притискачами, які забезпечують установаження деталей в проектне положення і їх закріплення в процесі складання [2].

Операції із складання ферми на установці здійснюються в такому порядку. Спочатку деталі ферми пакетами і в контейнерах подаються зі складу мостовим краном на позицію складання, які розташовані біля складального кондуктора в зоні обслуговування напівкозлових кранів. Потім в кондукторі виконують складання ферми. Для цього деталі ферми по одній встановлюються в кондуктор, притискаються і закріплюються. Повністю складену ферму зварюють з однієї сторони за допомогою робота (рис. 4.2.), який переміщається вздовж кондуктора по направляючих.



Рис. 4.2 Загальний вигляд зварювального робота

Складально-зварювальний кондуктор (рис.4.3 та рис.4.2) забезпечує можливість складання ферм всіх типорозмірів, причому ферми в кондукторі складаються за один спосіб без кантування. Технологічний процес складання полягає в послідовному установленні компонентів ферми в змонтований кондуктор і в їх подальшому прихоплюванні. Перед прихоплюванням деталі підтискаються за допомогою спеціальних складальних пристроїв. Після складання ферми проводять візуальний контроль стикування та розташування елементів ферми.

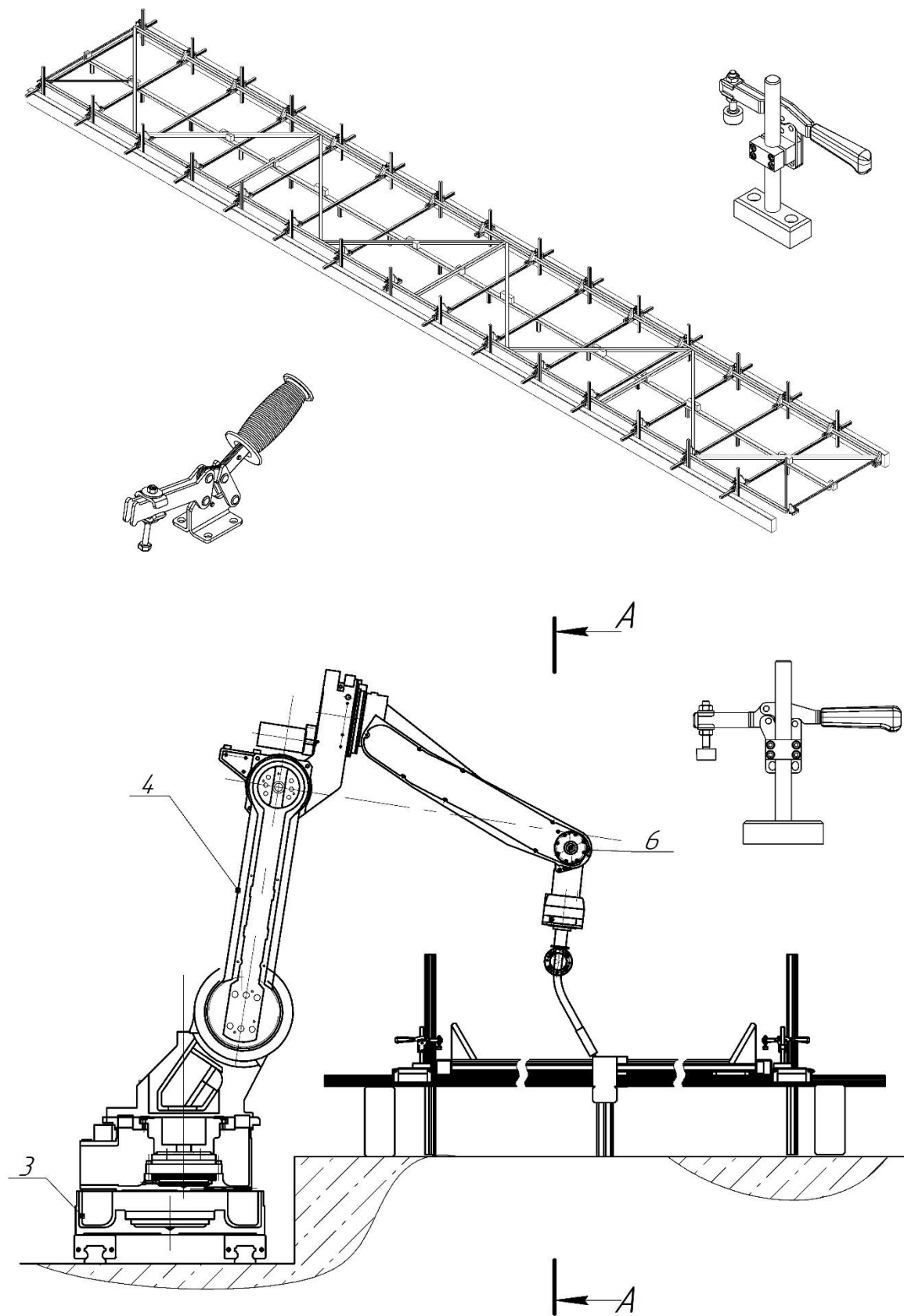


Рис. 4.3 Схематичне зображення скаладально-зварювального кондуктора

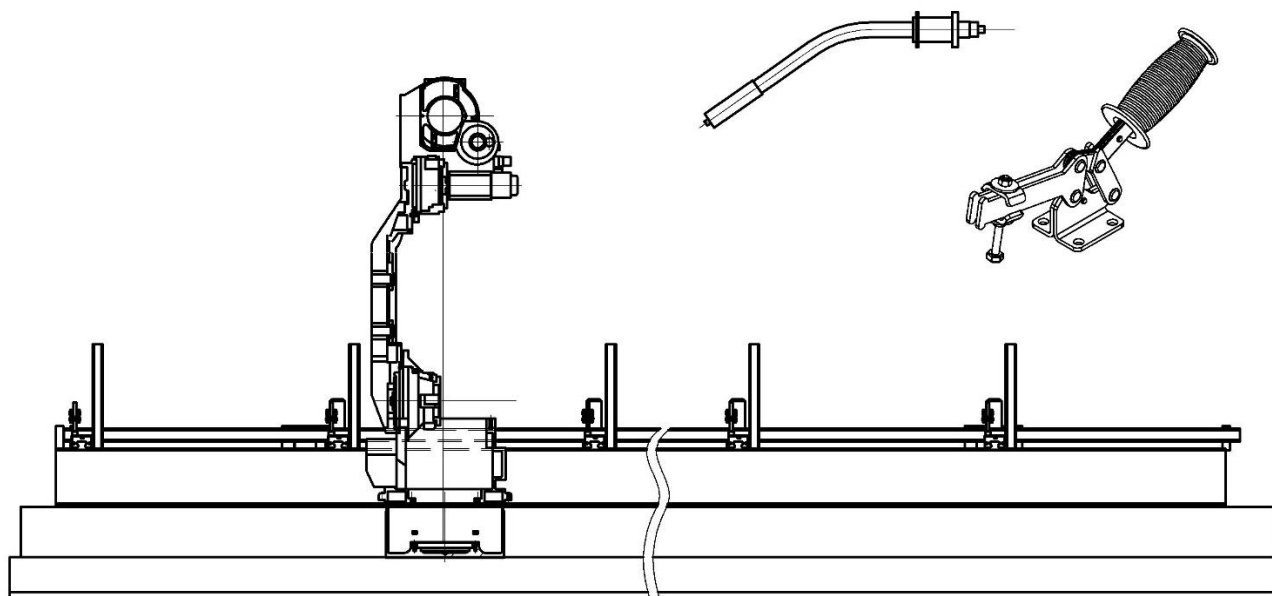


Рис. 4.3 Схематичне зображення кондуктора з боку

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці

5.1.1 Характеристика системи вентиляції

Основним завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря і заданих метеорологічних умов у виробничих приміщеннях.

Вентиляцією забезпечується видалення із повітря забруднень і зниження температури нагрітого повітря, та забезпечення подачі свіжого повітря.

По способу переміщення повітря вентиляція буває природною і технічною. Також можливе поєднання природної і механічної вентиляції (змінна вентиляція) в різноманітних варіантах.

В залежності від того, для чого служить система вентиляції, - для подачі чи видалення повітря з приміщення чи для того і для іншого одночасно, вона може називатися приточною, витяжною, та приточно-витяжною.

Повітрообмін при природній вентиляції відбувається внаслідок різниці температур повітря в приміщенні і повітря ззовні, а також внаслідок дії вітру.

Різниця температур повітря всередині і ззовні приміщення, викликають поступання холодного повітря в приміщення і витіснення теплого повітря з приміщення. При дії вітру з вітряної сторони приміщення створюється пониження тиску, внаслідок чого проходить витяжка теплого чи забрудненого повітря з приміщення; з протилежного боку споруди створюється залишковий тиск повітря і свіже повітря поступає в приміщення на зміну повітря яке витягується. Робота деяких витяжних вентиляційних пристроїв в вагомій мірі залежить від цих факторів.

Природна вентиляція виробничих приміщень може бути організованою і неорганізованою.

При неорганізованій вентиляції поступання і витіснення повітря відбувається через щілиності і пори стін та обшивки, та через вікна квартир, спеціальні проміжки для вентиляції.

Організовано вентиляція виробничих приміщень здійснюється аероцією і дефлекторами.

Аероція – це організована природня вентиляція, яка здійснюється в холодному приміщенні за рахунок повітряного тиску, а в гарячих цехах – завдяки сумісній чи роздільній дії гравітаційного і вітрового тиску.

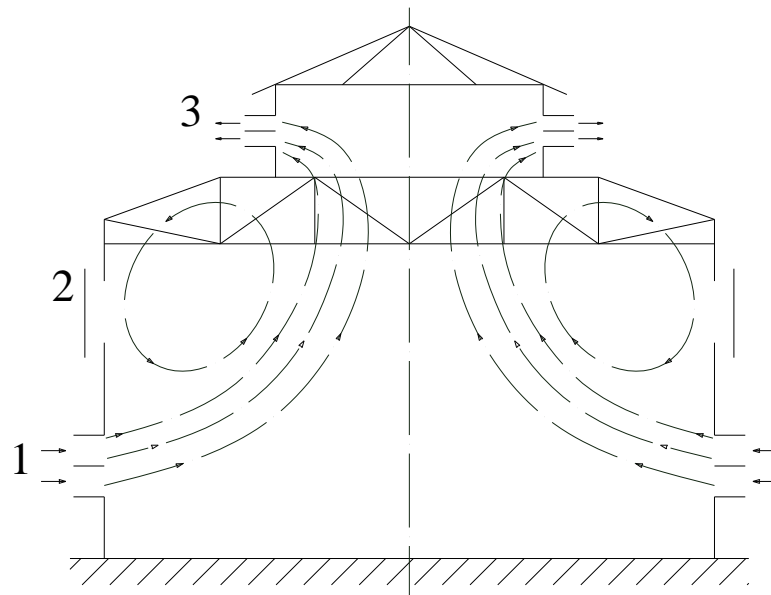
Аероція здійснюється наступним чином. В приміщення цеху, обладнаного трьома рядами отворів (1,2,3) з кватирками в літній період відкривають кватирки отворів 1 і 3 (рисунок 5.1а). Свіже повітря поступає в приміщення через нижні отвори 1, які розміщені на невеликій висоті від підлоги(1-1,5м), а виходить через отвори 3 в верхній частині приміщення.

Поступання зовнішнього повітря в зимовий час здійснюється через отвори 3, розміщені на висоті 4,7 м від підлоги(рисунок 5.1б). Дана висота приймається з таким розрахунком, щоб холодне повітря, опускалося до робочої зони, встигало достатньо прогрітися за рахунок перемішування з теплим повітрям приміщення [16]. Міняючи розміщення кватирок, можна регулювати повітрообмін приміщення.

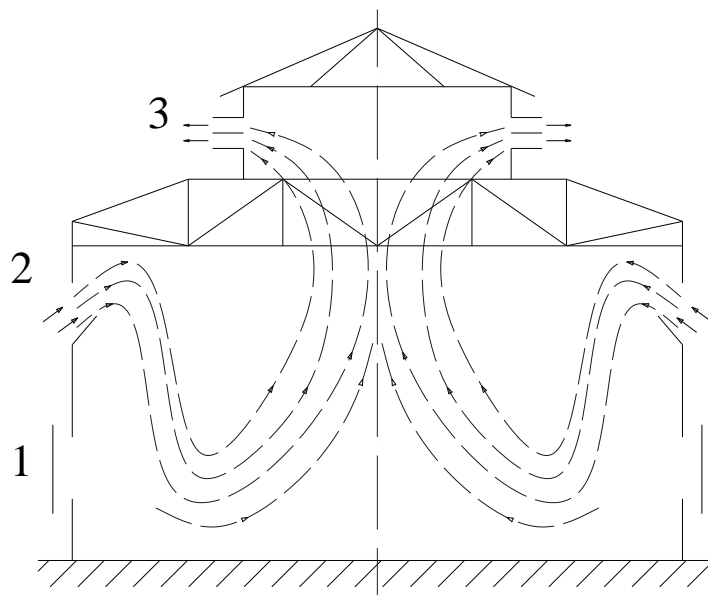
Дифлектори являють собою спеціальні насадки, які встановлюють на витяжних повітропроводах які використовують енергію вітру.

Дифлектори використовуються для видалення забрудненого повітря з приміщення порівняно невеликої площі і об'єму, також для місцевої вентиляції.

В системі механічної вентиляції рух повітря спричиняється вентиляторами і в деяких випадках – ежекторами. Установки приточної вентиляції зазвичай складається з наступних елементів: повітрезабірного



а)



б)

1, 2, 3 – вентиляційні отвори;

а, б – відкриті вентиляційні отвори в теплу і холодну пору року

Рисунок 5.1 – Система вентиляції приміщення

пристрою для забирання чистого повітря; вони встановлюються ззовні приміщення в тих місцях, де місткість шкідливих речовин мінімальна (чи відсутня зовсім); повітрепроводу, по якому повітря подається в приміщення; фільтрів для очищення повітря від забруднень; колориферів, в який холодне

повітря нагрівається; центробіжного вентилятора; приточних отворів, через які повітря подається в приміщення [16].

При роботі витяжної системи вентиляції чисте повітря поступає в приміщення через нещільності в конструкції приміщення. В ряді випадків ця обставина є вагомим недостатком даної системи вентиляції, так як неорганізоване надходження холодного повітря може нанести шкоди здоров'ю працюючих (сквозняки).

Місце розміщення приточної і витяжної вентиляції і повітрепроводів, отворів і насадок, а також кількість повітря яке подається і відсмоктується в однаковій мірі згідно вимог. Місце для відбирання свіжого повітря відбирається з урахуванням напрямку вітру, з безвітряної сторони по відношенню до отворів витяжної вентиляції, і не ближче чим 3 м від них, подалі від місць забруднень[16].

5.1.2 Захисне заземлення

Захисним заземленням називають заздалегіть з'єднані з землею металічні частини устаткування, які не знаходяться під напругою в звичайних умовах, на які можуть опинитися під напругою внаслідок порушення ізоляції електроустановки.

Основним призначенням захисного заземлення є ліквідація небезпеки ураження людей електричним струмом при наявності напруги на конструктивних частинах електроустаткування тобто при «замиканні на корпус».

Принцип дії захисного заземлення – зниження до безпечних значень напруги доторкання і крок, обумовлений замиканням на корпус. Це досягається зниженням потенціалу заземленого устаткування, а також вирівнювання потенціалів за рахунок піднімання потенціалів основи на якій стоїть людина, до потенціалу, близького за величиною до потенціалу заземленого устаткування.

Заземлячим пристроєм називається сукупність заземлювача – металевих провідників, які знаходяться в безпосередньому контакті з землею, і

заземлюючих провідників, які з'єднують заземлюючі частини електроустаткування з заземлювачами. Розрізняють два типи заземлюючих пристроїв: виносні (чи концентровані) і контурні (чи розсіяні).

Виносні заземлюючі пристрої характеризуються тим, що заземлювач його винесений за межі площадки, на якій розміщене устаткування яке заземлюють, чи зосереджене на деякій частині цієї площадки.

Недоліком виносного заземлення є віддаленість заземлювача від устаткування, внаслідок чого коефіцієнт дотику $\alpha=1$. Тому цей тип заземлення застосовується при малих величинах напруги замикання на землю.

Перевагою такого типу заземлення є можливість вибору місця розміщення електродів з найменшим опором ґрунту.

Контурне заземлення характеризується тим, що його заземлювачі розміщуються по контуру площадки на якій знаходиться заземлювальний пристрій, чи розподілюється по всій площадці по можливості рівномірно.

Безпека при контурному заземленні забезпечується вирівнюванням потенціалу на території до такої величини, щоб максимальні значення напруги дотику і крок не перевищували допустимих це досягається шляхом відповідного розміщення одиночних заземлювачів.

Всередині приміщення вирівнювання потенціалу відбувається звичайним чином через металоконструкцію, трубопровід, кабелі і подібні їм провідні предмети, зв'язані з розгалуженою мережею заземлень.

Розрізняють заземлювачі штучні і призначені виключно для мети заземлення і природні, які знаходяться в землі металічні предмети іншого призначення.

Для штучного заземлення застосовують звичайно вертикальні і горизонтальні електроди.

В якості вертикальних електродів використовують сталі труби діаметром 3 – 5 см, і кутник розміром 40 x 40 до 60 x 60 мм довжиною 2,5 – 3 м. В останні роки знаходять застосування сталі прутки діаметром 10 – 12 мм і довжиною до 10 м.

Для зв'язку вертикальних електродів і в якості самостійного горизонтального електрода використовують полосову сталь перерізом не менше як 4 x 12 мм чи сталь круглого перерізу діаметром не менше 6 мм.

Для встановлення вертикальних заземлювачів попередньо викопують траншею глибиною 0,7 - 0,8 м, після чого з допомогою механізмів забивають трубу чи кутник.

В якості природніх заземлювачів можна використовувати: прокладені в землі водопровідні труби, і інші металеві предмети, за винятком трубопроводів з мастилом чи паливом.

Природні заземлення як правило володіють низьким опором розтікання струму і тому використовуються з метою економії коштів на встановлення спеціального заземлення.

Захисному заземленню підлягають захисні і робочі металеві частини конструкцій і устаткування які не повинні знаходитися під напругою.

В приміщеннях і цехах з підвищеною небезпекою заземлення є обов'язковим при нормальній напрузі в 86 В, чи 110 В. А в приміщеннях без підвищеної небезпеки при напрузі 500 В.

5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.2.1 Безпека життєдіяльності людини на виробництві

Як показує практика, жодна система чи операція не гарантує абсолютної безпеки. Та все ж доки ми не маємо 100% безпеки, ми намагаємося, наскільки це можливо наблизитися до цієї мети. З плином часу різні заходи та методи, які використовуються для вирішення відповідних задач, удосконалюються, збільшуючи наші можливості у дослідженні систем, визначенні небезпек, виключенні або контролі за цими небезпеками, зниженні ризику до прийнятого рівня при роботі з цими системами. Аналіз небезпек починають з грубого дослідження, яке дозволяє в основному ідентифікувати джерела небезпек. Потім

при неохідності, дослідження можуть бути поглиблені і може бути виконаний детальний якісний аналіз. Методи цих аналізів та прийоми, які використовуються при їх виконанні, відомі під різними назвами. Нижче наведені основні з цих загальних інструментів, типів аналізу[17]:

- а) попередній аналіз небезпек (ПАН);
- б) системний аналіз небезпек (САН);
- в) підсистемний аналіз небезпек (ПСАН);
- г) аналіз небезпек робіт та обслуговування (АНРО).

Попередній аналіз небезпек – це аналіз загальних груп небезпек, присутніх в системі, їх розвитку та рекомендації щодо контролю. ПАН є першою спробою в процесі безпеки систем визначити та класифікувати небезпеки, які мають місце в системі. Проте в багатьох випадках цьому аналізу може передувати підготовка попереднього переліку небезпек.

ПАН звичайно виконується в такому порядку:

- а) вивчають технічні характеристики об'єкта, системи чи процесу, а також джерела енергії, що використовується, робоче середовище, матеріали; встановлюють їхні небезпечні та шкідливі властивості;
- б) визначають закони, стандарти правила, дія яких розповсюджується на даний об'єкт, систему чи процес;
- в) перевіряють технічну документацію та її відповідність законам, правилам, принципам і нормам безпеки;
- г) складають перелік небезпек, в якому зазначають ідентифіковані джерела небезпек (системи, підсистеми, компоненти), чинники, що викликають шкоду, потенційно небезпечні ситуації, виявлені недоліки.

Після того, коли виявлені крупні системи об'єкта, які є джерелами небезпеки, їх можна розглядати окремо і досліджувати більш детально за допомогою інших методів аналізу, перелік яких приведено вище.

5.2.2 Особливості впливу електричного струму на організм людини при ураженні

Статистика свідчить, що більше половини всіх електротравм становлять опіки. Вони важко піддаються лікуванню, тому що глибоко проникають у тканину організму. В установках напругою до 1 кВ найчастіше спостерігаються опіки контактного виду при дотиканні тіла до струмопровідних частин. При проходженні через тіло людини електричного струму в тканинах виділяється тепло в кількості, яку можна визначити [17]:

$$Q = I_A^2 \cdot R_A \cdot t \quad (5.1)$$

де I_A – струм який проходить через тіло людини, A ;

R_A – опір тіла людини, $Ом$;

t – час роходження струму, $с$.

Опіки можливі при проходженні через тіло людини струму більше $1A$. Тільки при великому струмі тканини, які уражаються, нагрівають до температури $60 - 70\text{ }^{\circ}C$ і вище, при якій згортається білок і з'являються опіки.

В електроустановках при зварюванні струм набагато вищий і тому опіки можуть виникнути при випадковому наближенні частин тіла людини до струмопровідних частин на небезпечну відстань при цьому збільшується напруга електричного поля і внаслідок ударної іонізації діелектрика (повітряного проміжку) опір цього проміжку зменшується, його “пробиває” електричний розряд – електрична дуга, температура якої досягає приблизно $4000\text{ }^{\circ}C$. Електричний струм протікає через дугу і тіло людини. За такої високої температури і великої кількості тепла, яке виділяється при проходженні струму через тіло, потерпілий одержує тяжкі опіки, його м'язи скорочуються, дуга і ланцюг струму обривається.

Майже у всіх випадках включення людини в електричний ланцюг на її тіло в місцях дотикання спостерігалися електричні знаки сіро – жовтого кольору круглої або овальної форми.

При опіках від впливу електричної дуги можлива металізація шкіри частками металу дугової плазми. Уражена ділянка шкіри стає твердою, набуває кольору солей металу, які потрапили в шкіру.

Електролітична дія струму виявляється у розкладанні органічної рідини, в тому числі і крові, яка є електролітом, та в порушенні її фізико-хімічного складу.

Біологічна дія струму виявляється через подразнення і збудження живих тканин організму, а також порушення внутрішніх біологічних процесів.

Механічна дія струму призводить до розриву тканин організму внаслідок електродинамічного ефекту, а також порушення рухової функції і миттєвого вибухоподібного утворення пари з тканинної рідини і крові.

Внаслідок дії електричного струму або електричної дуги виникає електротравма. Електротравми умовно поділяють на загальні і індивідуальні.

ВИСНОВКИ

В роботі обґрунтовано параметри процесу зварювання ферми перекриття та проведено дослідження з моделюванням її напружено-деформівного стану.

На основі проведених досліджень, шляхом моделювання напружено-деформівного стану ферми перекриття, встановлено, що максимальні напруження які виникають при статичному навантаженні ферми в 250 кН є менші за границю міцності. Визначено статичні коефіцієнти запасу міцності за напруженнями. При статичному розрахунку МСЕ в програмному комплексі SolidWorks отримано максимальні значення прогинів ферми, що не перевищують вимог.

З метою підвищення ефективності процесу зварювання ферми запропоновано складально-зварювальне устаткування. Запропоновані рішення дозволять суттєво підвищити та покращити якість та ефективність складально-зварювальних операцій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Блинов А. Н. |, Ляли К. В. Сварные конструкции: Учеб, для техникумов. М.: Стройиздат, 1990. — 353 с.
- 2 Кривов Г.О. Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Кривов, Г.О., Зворикін, К.О. – К.:КВІЦ, 2012. - 896 с.
- 3 http://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/10XSHD
- 4 ДСТУ Б В.2.6-74:2008 Конструкції будинків і споруд .ФЕРМИ СТАЛЕВІ КРОКВЯНІ З ГНУТОЗВАРНИХ ПРОФІЛІВ ПРЯМОКУТНОГО ПЕРЕРІЗУ. Технічні умови.
- 5 Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. акад Б. Е. Патона М., «Машиностроение», 1974. 768 с.
- 6 Сварочные материалы для дуговой сварки. Т2. Сварочная проволока и электроды: справочное пособие / под общей редакцией Н.Н. Потапова. – М.: Машиностроение, 1993. – 768 с.
- 7 Думов С.И. Технологияэлектрической сварки плавлением: учеб. / С.И. Думов. – Л.: Машиностроения, 1987. – 640 с.
- 8 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: учеб. / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977.– 432 с.
- 9 Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання плавленням» / М.І. Підгурський, Б.П. Татарин, І.Б. Окіпний, В.С. Сенчишин. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. – 95 с.
- 10 Александров О.Г. Джерела живлення для дугового зварювання та наплавлення: навчальний посібник / О.Г. Александров, Д.А. Антонюк, Капустян О.Є. – Львів: Новий світ – 2000, 2013. – 224 с.

- 11 Александров О.Г. Проективання та експлуатація обладнання для дугового зварювання: навчальний посібник / О.Г. Александров, Д.А. Антонюк. – Львів: Новий світ – 2000, 2011. – 312 с.
- 12 <https://metall.dukon.ru/lentochnopilnye-stanki/bomar/workline-410-280-dg/>
- 13 ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання».
- 14 Справочное пособие по нормированию материалов и электроэнергии для сварочной техники / Под ред. В.Т. Юрьева. - М.: Машиностроение, 1972. - 52 с.
- 15 Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. посібник / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005. - 268 с.
- 16 Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві Навчальний посібник. / О.Г. Левченко – К.: Основа, 2010. – 240 с.
- 17 Стеблюк М.І. С79 Цивільна оборона. Підручник. – К.: Знання, 2006 – 487 с.

ДОДАТКИ