

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Обґрунтування параметрів технологічного процесу  
виготовлення хребтової балки напіввагона моделі 12-7039 з моделюванням її  
напружено-деформівного стану

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МЗм-61  
спеціальності 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Пекар М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Підгурський М.І.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Окіпний І.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)





## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на тему: " Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення хребтової балки напіввагона моделі 12-7039 з моделюванням її напружено-деформівного стану" складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 65 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 хребтової балки 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 балці та прогини. На основі цього встановлено статичні коефіцієнти запасу міцності.

З врахуванням проведених досліджень шляхом моделювання було запропоновано та обґрунтовано параметри технологічного процесу та проведено удосконалення шляхом модернізації існуючого складально-зварювального устаткування.

Запропоновані рішення дозволять підвищити продуктивність виробництва та підвищити якість конструкції.

Ключові слова: АВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ, ЗВАРЮВАЛЬНИЙ АВТОМАТ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, КОНДУКТОР, КАНТУВАЧ, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ВИРОБУ.....	7
1.2 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛУ ЗВАРНОГО ВИРОБУ.....	10
1.3 ТЕХНІЧНІ УМОВИ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБУ.....	11
1.4 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	14
2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	16
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	29
3.1 ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ЗВАРЮВАННЯ.....	29
3.2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	38
3.3 НОРМУВАННЯ ВИТРАТ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....	41
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	43
4.1 РОЗРАХУНОК ПНЕВМОПРИТИСКАЧА.....	43
4.2 РОЗРАХОВУЄМО КАНТУВАЧА КІЛЬЦЕВОГО.....	45
4.3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТОСУВАНЬ ТА ЇХ РОБОТИ.....	49
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	54
5.1 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	54
5.2 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	58
ВИСНОВКИ.....	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	63
ДОДАТКИ.....	65

## ВСТУП

Одним із найважливіших факторів науково-технічного прогресу є розвиток зварювальної науки і техніки. Зварювання металів стало одним із ведучих технологічних процесів у виробництві конструкцій найрізноманітнішого призначення і без його використання неможливо уявити собі сучасне машинобудування, будівництво та інше. Зварювання представляє собою прогресивний метод, тому зварювальне виробництво розвивається, охоплюючи різні галузі промисловості. Зварювальне виробництво за рівнем автоматизації процесів займає передові місця.

Процес зварювання складний, особливо якщо взяти до уваги велику кількість способів зварювання, які ґрунтуються на використанні різних фізичних явищ.

В залежності від умов виробництва, особливостей зварюваних матеріалів, а також вимог, які ставляться до властивостей і якості зварних з'єднань, в останні роки в промисловості застосовують більше п'ятдесяти видів зварювання. Різновиди технологічних процесів обумовлюють різноманітність типів конструювань та конструкцій зварювального устаткування, значно більше ніж, наприклад, у металообробних верстатів та ковальсько-пресового обладнання.

Зростання зварювального виробництва, розроблення нових способів, прийомів механізованого зварювання і наплавлення вимагає створення нових зразків різноманітного устаткування і його безперервного вдосконалення, яке забезпечує ефективність застосування в промисловості всіх існуючих способів зварювання.

Високий рівень розвитку зварювальної техніки є базою для збільшення продуктивності праці, економії матеріалів та енергії, а також підвищення якості та зниження собівартості зварної продукції.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Опис конструкції виробу.

Напіввагони моделі 12-7039 (рис. 1.1 та 1.2) є універсальні, призначені для перевезення сипучих вантажів, з можливістю їх розвантаження за допомогою люків, які передбачені у підлозі. Технічні характеристики піввагона моделі 12-7039 приведено в таблиці 1.1. [1]



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд вантажного напіввагона

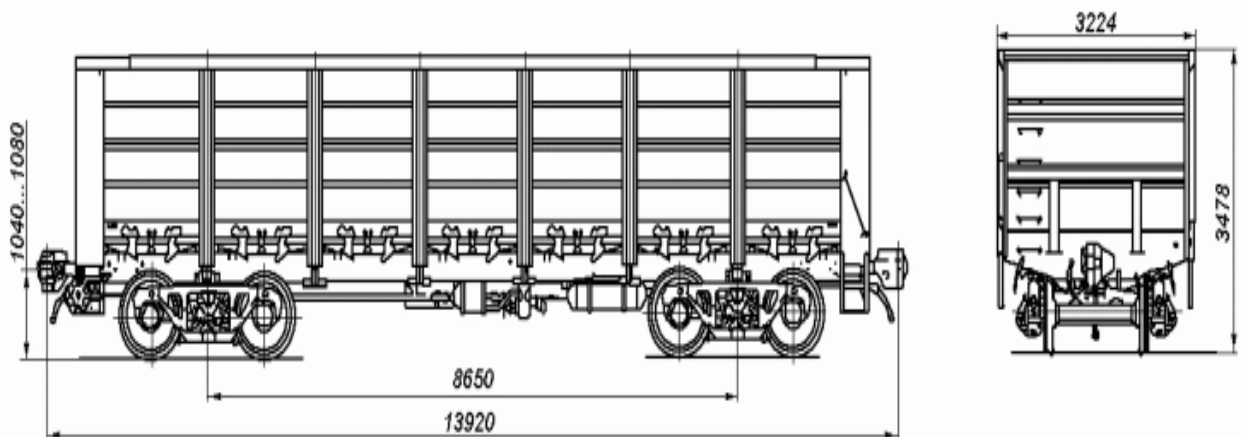


Рисунок 1.2 – Схема вантажного напіввагона

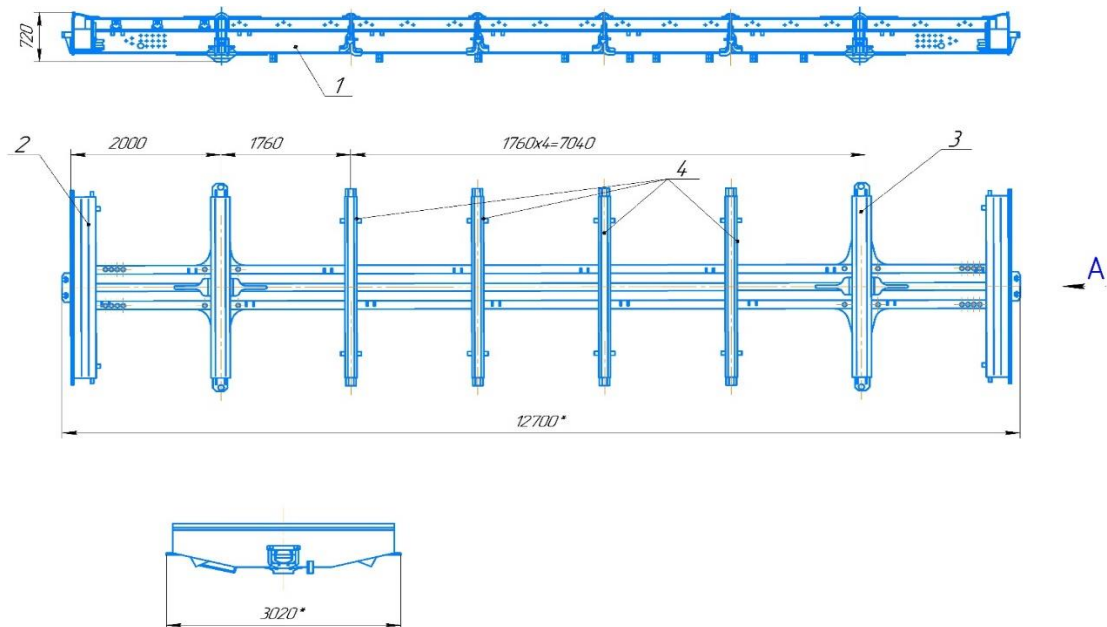
Таблиця 1.1 – Технічні характеристики піввагона моделі 12-7039 [1]

Вантажопідйомність, не більше, т	70,0
Об'єм кузова, м <sup>3</sup>	78
Маса тари, не більше, т	24,0
Розрахункова статичне навантаження від колісної пари на рейки, кН(тс)	230,5 (23,5)
База вагона, мм	8650
Довжина вагона по осях зчеплення автозчепів, мм	13920
Габарит за ГОСТ 9238	1-ВМ
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок, мм	1060±20
Внутрішні розміри кузова:	
– довжина	12 790
– ширина	2 990
– висота	2 045
Конструкційна швидкість, км/ч	120
Призначений термін служби, роки	22

Основними елементами конструкції напіввагона є рама, торцеві та бокові стінки та люки для розвантаження вантажу.

Найбільш важливим вузлом будь-якого вагона є рамна конструкція, яка в процесі експлуатації піддається статичним і динамічним навантаженням. В нашому випадку у вагоні моделі 12-7039 рама (рис. 1.3) складається із хребтової балки та з восьми поперечних балок. До поперечних балок відносять передні, шкворневі, проміжні та середні. Основним елементом який сприймає усі навантаження є хребтова балка (рис. 1.4), яку виготовляють у вигляді двох Z-подібних профілів та двотавра №19. Z-подібні профілі мають різну товщину полиць, а саме нижня – 20.5 мм, верхня полиця – 13 мм і вертикальна стінка – 12 мм. Довжина хребтової балки рівна 12000 мм.





1-хребтова балка; 2-поперечна передня балка; 3- шкворневі балки; 4- проміжні балки

Рисунок 1.3 – Загальний вигляд рами напіввагона

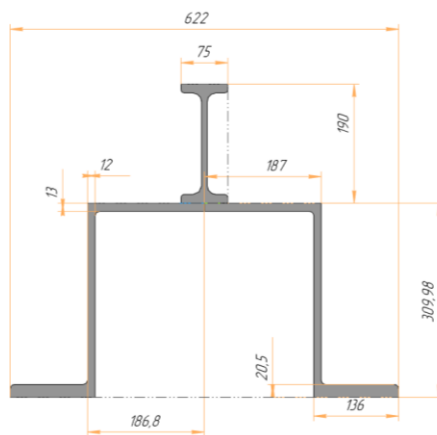
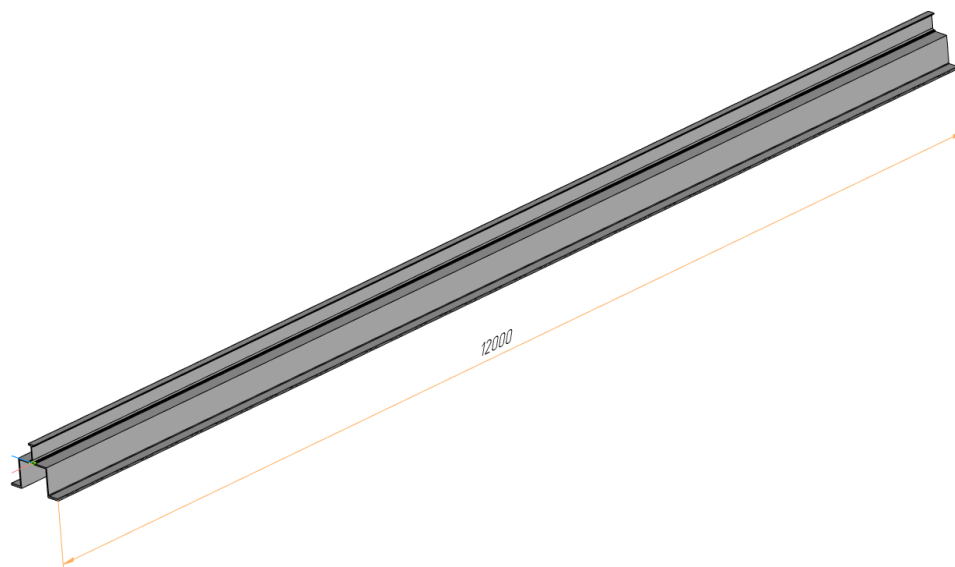


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд хребтової балки

## 1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу.

Для виготовлення хребтової балки застосовують низьколеговану маловуглецеву якісну сталь марки 09Г2С. Хімічний склад та механічні властивості якої приведено в таблиці 1.2 та 1.3 відповідно.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 09Г2С, у % [2]

Марка сталі	Вміст елементів, %								
	С	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
				не більше					
09Г2С	00,12	1,3-1,7	0,5-0,8	0,035	0,04	0,3	0,3	0,3	0,08

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 09Г2С, у % [2]

ГОСТ	Стан постачання	Переріз, мм	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_B$	$\delta, \%$
			МПа		
			Не менше		
19282-73	Листи після закалювання, відпуску	10-32	365	490	19

З метою запобігання появи холодних і гарячих тріщин після зварювання, проводять оцінку матеріалу на зварюваність згідно методики [3], яка була запропонована Інститутом електрозварювання НАН України ім. Є.О. Патона.

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

$$C_{екв.(09Г2С)} = 0,12 + \frac{1,3}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3+0,3}{15} = 0,4;$$

Згідно проведеного розрахунку можна сказати що сталь має добру зварюваність.

### 1.3 Технічні умови на виготовлення виробу.

Для забезпечення високої якості зварних з'єднань необхідно використовувати якісні матеріали. Якість матеріалів та напівфабрикатів встановлюють на основі сертифікаційних даних. При наявності зовнішніх дефектів, а також при відсутності на матеріали і напівфабрикати сертифікатів, до виробництва напіввагона допускаються матеріали, які пройшли контроль хімічного складу, механічні випробування та випробувань на зварюваність.

Основний метал перевіряють на наявність пор, усадкових раковин і тріщин. Якість і властивості матеріалів та напівфабрикатів повинні відповідати наступним вимогам:

- а) всі вихідні матеріали повинні бути забезпечені сертифікатами заводу постачальника чи супроводжувальними паспортами;
- б) при відсутності сертифікатів вихідні матеріали не можуть бути допущені в виробництво без попередніх випробувань з метою встановлення матеріалу вимогам стандартів чи технічних вимог на поставку даного матеріалу ;
- в) чистота зварювальних матеріалів, які поступають на зварювання, повинна відповідати вимогам діючих нормативно технічних документів на ці матеріали;
- г) зварювальні матеріали повинні зберігатися окремо по марках і партіях в закритому сухому приміщенні;
- д) напівфабрикати не повинні мати тріщин та інших дефектів , які знижують експлуатаційну надійність;
- е) дефекти які недопустимі технічними умовами на виготовлення виробу, видалити за допомогою шліфування або вирубування;
- є) не допускається застосуванню зварювальний дріт покритий іржею, мастилом, брудом.

Захисні гази перевіряють на відсутність шкідливих домішок і вологи. Вони повинні зберігатися і транспортуватися в балонах місткістю 100-150 Дм<sup>2</sup> при тиску 15 МПа.

В процесі виробництва на стадії проектування і виготовлення виробу повинні бути збережені геометричні розміри і форма виробу. Це завдання вирішується встановлення ряду вимог, а саме:

- розроблення конструкції з врахуванням технічних особливостей виробництва;
- дотриманням оформлення всіх зварних з'єднань з врахуванням характеру їх оброблення, форми підготовки кромки та допусків;
- чітким дотриманням технології для попередження виникнення напружень і деформацій.

Зовнішній вигляд шва, його поверхні має свої особливості для кожного способу зварювання, а також для просторового положення, в якому виконується зварювання.

Тому до зварних з'єднань ставлять наступні вимоги:

- дотримання форми і розмірів швів у відповідності до технічних умов, вказаних на кресленнях;
- використання основного і зварювального матеріалів з мінімальним вмістом сірки і фосфору;
- забезпечення умов, що приводять до дрібнозернистості структури первинної кристалізації.

При зварюванні в захисних газах або у вакуумі шов повинен бути гладким, блискучим без пор і тріщин.

Перед зварюванням завжди йде складання конструкції, тобто встановлення і фіксація деталей в передбачене проектом положення.

Перед складанням всі деталі і заготовки звіряють з кресленнями, при цьому перевіряють:

- габаритні розміри заготовок;
- чистоту поверхні;
- кути зрізу кромки;
- якість підготовки кромки.

Складання під зварювання є однією з найбільш трудомістких і найменш механізованих операцій. Воно повинно забезпечити можливість якісного зварювання конструкції. Для цього необхідно дотримуватись наступних вимог:

- 1) витримати заданий зазор;
- 2) встановити деталі в проектне положення;
- 3) закріпити деталі так, щоб взаємне розміщення деталей не порушувалось в процесі зварювання і кантування.

Перед складання деталей і заготовок ставляться ще такі вимоги:

- а) не площинність, не прямолінійність не повинні перевищувати 3 мм, якщо в кресленні деталі немає вказують на більш високу точність;
- б) складання деталей і вузлів під зварювання повинно проводитися в спеціальних складальних зварювальних пристосуваннях;
- в) при призначеннях базових розмірів складально-зварювальних пристосувань необхідно враховувати деформації, які виникають при зварюванні вузла;
- г) складальні прихоплення повинні бути виконані тільки в місцях і в послідовності, що передбачені технологічним процесом;
- д) переріз прихоплень не повинен бути менше 0,35 і більше 0,75 перерізу шва, а довжина прихоплень не більше 25 мм;
- е) основним методом до складання в місці зварювання має бути зачищений від іржі, мастила, вологи, окалини та інших забруднень, які можуть привести до утворення дефектів в швах.

При виготовленні рами напіввагона дефекти зварних з'єднань не повинні перевищувати норм встановлених технічними умовами на виготовлення виробу.

Необхідна якість зварного з'єднання може бути досягнута тільки при вільному доступі до місця зварювання та при виконанні наступних умов:

- а) виконувати роботи тільки відповідними матеріалами (захисний газ, зварювальний дріт застосовувати тільки тієї марки, яка вказана в технічному процесі);

- б) при наявності в зварному з'єднанні дефектів, наявність яких допустимих без виправлення, згідно технічних умов, загальна довжина ділянки з дефектами не повинна перевищувати 15% від загальної довжини шва в зварному з'єднанні;
- в) в конструкції не допускаються тріщини в зварювальних швах, тріщини в зоні термічного впливу, не провари, пропали, пори в швах;
- г) при виявленні дефектів, обов'язково їх виправити;
- д) перевірку якості зварювання проводити такими способами, які б дозволяли швидко, надійно та з високою точністю провести контроль;
- е) обов'язково слідувати за якістю проведення зварювальних робіт.

Основні типи та конструктивні елементи швів повинні відповідати технічним умовам.

#### **1.4 Аналіз існуючого технологічного процесу**

Рамні конструкції представляють собою систему жорстко з'єднаних балок. Виготовлення зварювальної рами, за звичай, призводить до виготовлення рамних елементів. В тому випадку збирання рами заключається в наданні цим елементам проектного взаємного розташування, а зварювання – в виконанні спряжень між ними [4].

Процес виготовлення хребтової балки рами напіввагона розпочинають із виправлення та очищення елементів балки. Ці операції здійснюють за допомогою спеціального обладнання. Після цього елементи балки поступають на ділянку складання та зварювання. Процес складання проходить у два етапи. На першому етапі проводять складання стиків між тонкими полицями Z-подібних профілів. Складання проводять в спеціальному кондукторі, який оснащений гвинтовими упорами та притискачами. Між кромками Z-подібних профілів встановлюють зазор відповідно до типу зварного з'єднання згідно стандарту, та проводять прихоплення із зовнішньої сторони. Довжина прихваток та відстань між ними повинні відповідати встановленим технічним умовам.

Після встановлення прихоплень складену раму за допомогою кранів переміщують в інший кондуктор, при цьому її повертають на  $180^{\circ}$  і виконують зварювання стикового шва. Зварювання здійснюють за допомогою зварювального автомата тракторного типу.

На другому етапі складання хребтової балки здійснюють складання зварених Z-подібних профілів із двотавром №19. Цей процес проводять в спеціальному кондукторі. Спочатку встановлюють зварені зети і фіксують їх за допомогою притискачів, після цього на них встановлюють двотавр. Встановлений двотавр фіксують за допомогою спеціальних притискачів відносно вертикальної площини, а також притискають до зетів і виконують прихоплення. Складену балку переміщують на позицію зварювання де встановлюють у зварювальний кантувач, в якому проводять зварювання двох повздовжніх кутових швів.

Перед складанням і зварюванням хребтової балки необхідною умовою є розроблення кромки, де виконуються стикові шви, для того, щоб забезпечити повний провар зварного з'єднання.

Контроль якості зварного з'єднання на кожному етапі виготовлення здійснюється візуально.

В існуючому технологічному процесі є такі недоліки, а саме:

- використовується нераціональне зварювальне обладнання;
- в складальних стендах застосовуються гвинтові притискачі, що призводять до значних затрат часу на операції встановлення та притискання.

Тому, в роботі необхідно провести обґрунтування параметрів технологічного процесу з попередні дослідження напружено-деформівного стану балки.

## 2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

З метою дослідження несучих властивостей головної балки напіввагона було проведено моделювання її напружено-деформівного стану в програмі SolidWorks. Так як програма є складовою ядра інтегрованого комплексу механізації та роботизації підприємства, то за допомогою неї здійснюють підтримку виробництва. Дана програма дозволяє за рахунок моделювання визначити небезпечні зони конструкцій які проектуються та на стадії проектування вжити необхідні заходи. До таких заходів можна віднести зміну матеріалу з якого планують виготовляти конструкцію, зміну товщини несучих частин, встановлення додаткових ребр жорсткості та інше. З метою перевірки несучої здатності хребтової балки напіввагона було проведено моделювання її напружено-деформівного стану. Результати моделювання наведено нижче.

Для проведення моделювання було створено 3D-модель балки (рис. 2.1). Створену модель досліджували на статичне навантаження. Схема балки для розрахунку наведена в таблиці 2.1.

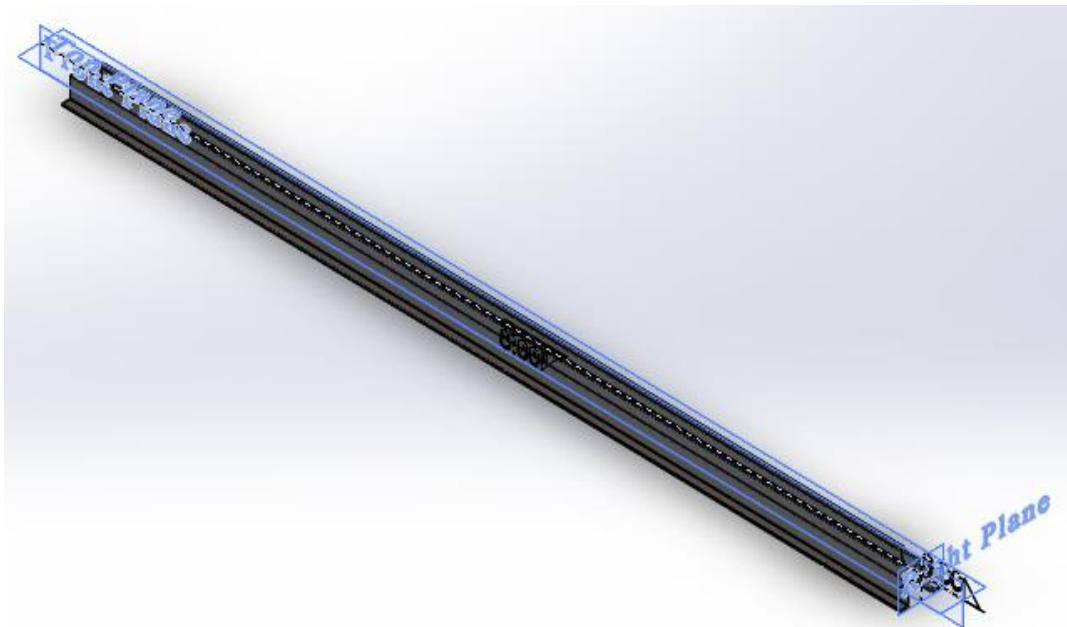
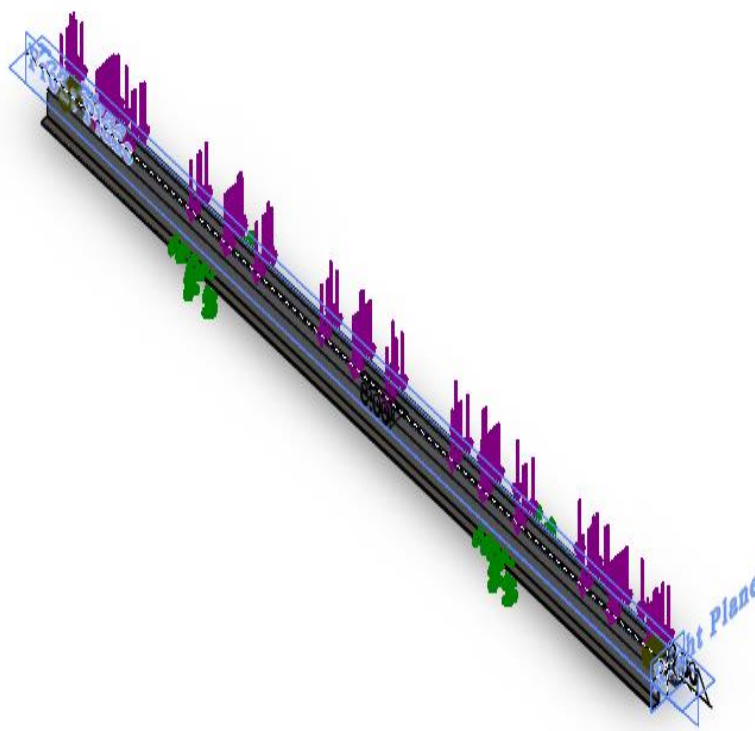


Рис. 2.4 – Загальний вигляд моделі хребтової балки

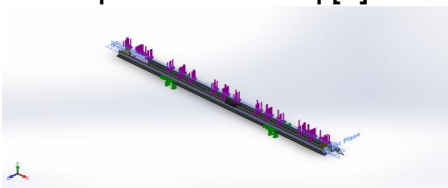
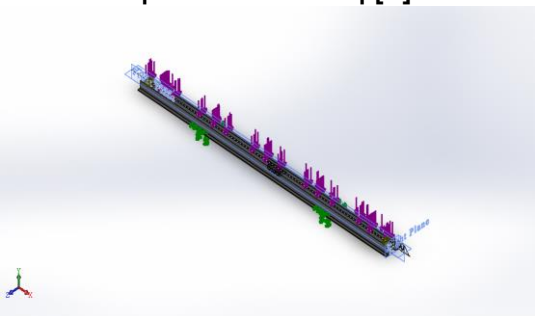
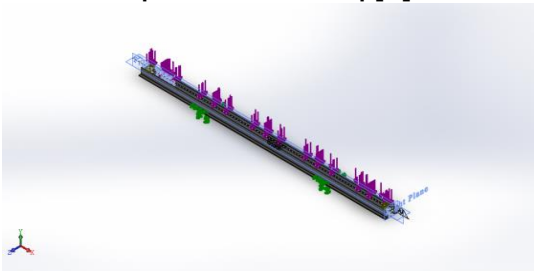


Таблиця 2.1 – Розрахункова модель балки із програми SolidWorks

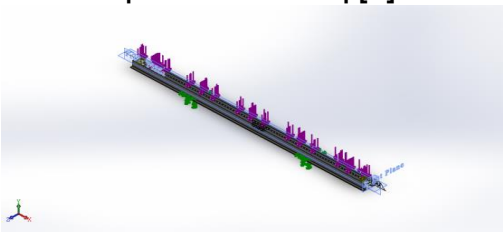
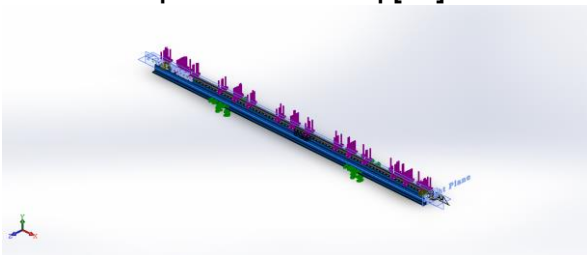
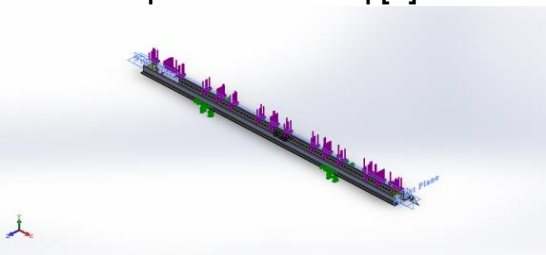
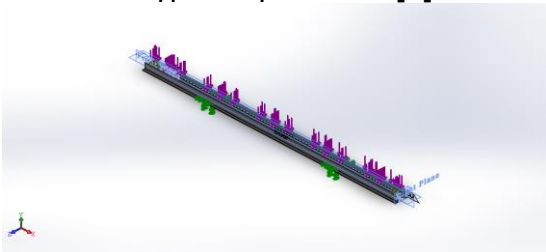
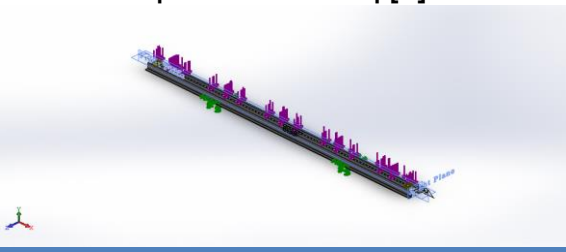
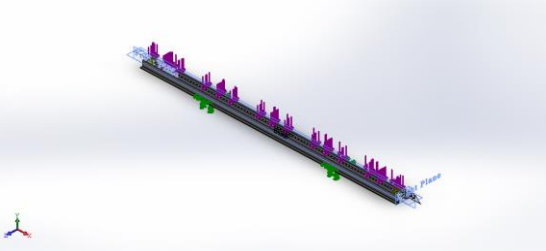


Імя моделі: Хребтова балка  
Активна конфигурація: Default<Как обработанный>

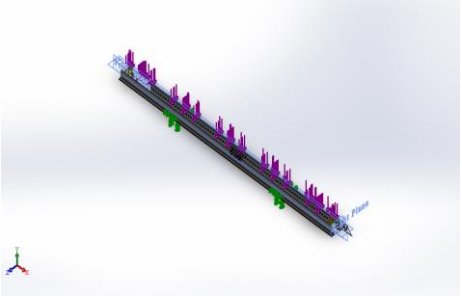
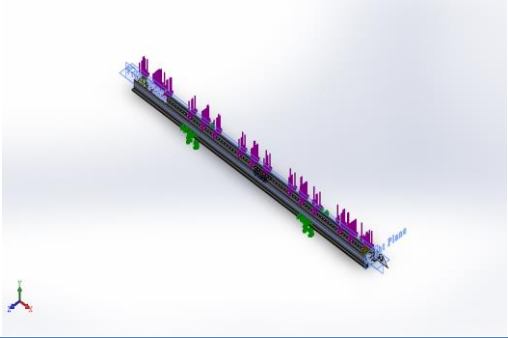
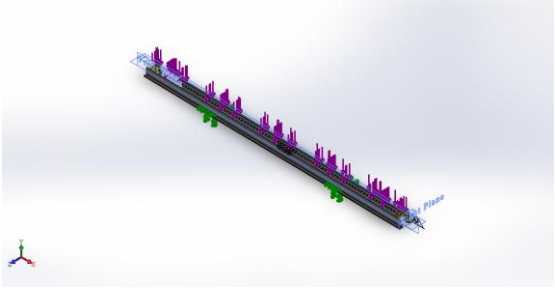
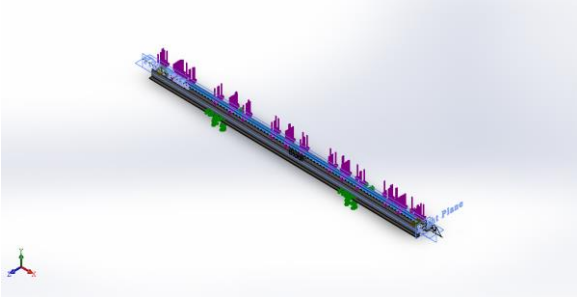
**Тверді тіла**

Імя та силка документа	Розглядається як	Об'ємні властивості
<p>Хребтова балка.stp[4]</p> 	Тверде тіло	<p>Маса:4.9581 kg Об'єм:0.00063 м<sup>3</sup> Густина:7870 kg/м<sup>3</sup> Маса:48.5894 N</p>
<p>Хребтова балка.stp[6]</p> 	Тверде тіло	<p>Маса:4.9581 kg Об'єм:0.00063 м<sup>3</sup> Густина:7870 kg/м<sup>3</sup> Маса:48.5894 N</p>
<p>Хребтова балка.stp[9]</p> 	Тверде тіло	<p>Маса:4.9581 kg Об'єм:0.00063 м<sup>3</sup> Густина:7870 kg/м<sup>3</sup> Маса:48.5894 N</p>

Продовження таблиці 2.1

<p>Хребтова балка.stp[1]</p> 	<p>Тверде тіло</p>	<p>Маса:353.379 kg Об'єм:0.044902 м<sup>3</sup> Густина:7870 kg/м<sup>3</sup> Маса:3463.11 N</p>
<p>Хребтова балка.stp[11]</p> 	<p>Тверде тіло</p>	<p>Маса:4.9581 kg Об'єм:0.00063 м<sup>3</sup> Густина:7870 kg/м<sup>3</sup> Маса:48.5894 N</p>
<p>Хребтова балка.stp[8]</p> 	<p>Тверде тіло</p>	<p>Маса:4.9581 kg Об'єм:0.00063 м<sup>3</sup> Густина :7870 kg/м<sup>3</sup> Маса:48.5894 N</p>
<p>Разделяющая линия1[1]</p> 	<p>Тверде тіло</p>	<p>Маса:854.02 kg Об'єм:0.108516 м<sup>3</sup> Густина:7870 kg/м<sup>3</sup> Маса:8369.39 N</p>
<p>Хребтова балка.stp[5]</p> 	<p>Тверде тіло</p>	<p>Маса:4.9581 kg Об'єм:0.00063 м<sup>3</sup> Густина:7870 kg/м<sup>3</sup> Маса:48.5894 N</p>
<p>Разделяющая линия1[2]</p> 	<p>Тверде тіло</p>	<p>Маса:854.032 kg Об'єм:0.108517 м<sup>3</sup> Густина ь:7870 kg/м<sup>3</sup> Маса:8369.51 N</p>

Продовження таблиці 2.1

<p>Хребтова балка.stp[7]</p> 	<p>Тверде тіло</p>	<p>Маса:4.9581 kg Об'єм:0.00063 m<sup>3</sup> Густина:7870 kg/m<sup>3</sup> Маса:48.5894 N</p>
<p>Хребтова балка.stp[10]</p> 	<p>Тверде тіло</p>	<p>Маса:4.9581 kg Об'єм:0.00063 m<sup>3</sup> Густина:7870 kg/m<sup>3</sup> Маса:48.5894 N</p>
<p><b>Тіло балок:</b></p>		
<p><b>Імя та силка</b></p>	<p><b>Постановка</b></p>	<p><b>Властивості</b></p>
<p>Балка-1(Скруглений шов1)</p> 	<p>Балка - постійного сичення</p>	<p>Стандарт перерезу- Площа перерезу: 3.2746e-05m<sup>2</sup> Довжина:12120mm Об'єм:0.000396882m<sup>3</sup> Масова густина:7870kg/m<sup>3</sup> Маса:3.12346kg Маса:30.6099N</p>
<p>Балка-2(Скруглений шов2)</p> 		<p>Стандарт перерезу- Площа перерезу: 3.2746e-05m<sup>2</sup> Довжина:12120mm Об'єм:0.000396882m<sup>3</sup> Масова густина:7870kg/m<sup>3</sup> Маса:3.12346kg Маса:30.6099N</p>

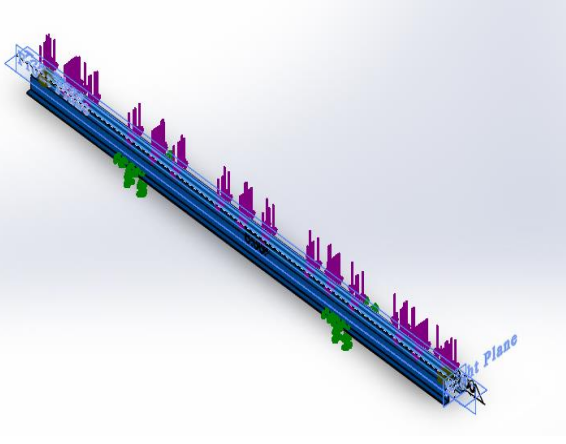
Таблиця 2.2. Властивості дослідження

<b>Ім'я дослідження</b>	Статичний аналіз 1
<b>Тип аналізу</b>	Статичний аналіз
<b>Тип сітки</b>	Комбінована сітка
<b>Тепловий ефект:</b>	Увімк.
<b>Термічний параметр</b>	Увімкнути теплові навантаження
<b>Температура при нульовому напруженні</b>	298 Kelvin
<b>Вмикають ефекти тиску рідини із SolidWorks Flow Simulation</b>	Вимк.
<b>Тип вирішальної програми</b>	Авто
<b>Вплив нагрузки на власні частоти</b>	Вимк.
<b>М'яка пружина</b>	Вимк.
<b>Інерційне розвантаження</b>	Вимк.
<b>Несумісні параметри зв'язку</b>	Авто
<b>Великі переміщення</b>	Вимк.
<b>Обчислити сили вільних тіл</b>	Увімк.
<b>Тертя</b>	Вимк.
<b>Використовувати адаптивний метод</b>	Вимк.
<b>Папка результатів</b>	Документ SolidWorks (M\Рез\1\)

Таблиця 2.3 Одиниці вимірювання

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

Таблиця 2.4 Властивості матеріалу

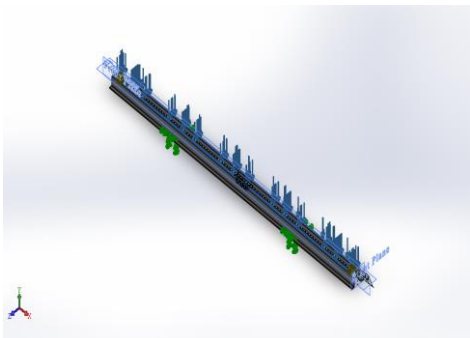
Посилання на модель	Властивості																				
	<table> <tr> <td>Ім'я:</td> <td><b>Сталь 09Г2С, гарячекатана полоса</b></td> </tr> <tr> <td>Тип моделі:</td> <td><b>Лінійний Пружний Ізотропний</b></td> </tr> <tr> <td>Критерій порочності по умовчанняю:</td> <td><b>Максимальне напруження von Mises</b></td> </tr> <tr> <td>Межа текучості:</td> <td><b>1.8e+08 N/m<sup>2</sup></b></td> </tr> <tr> <td>Межа міцності при розтягу:</td> <td><b>3.25e+08 N/m<sup>2</sup></b></td> </tr> <tr> <td>Модуль пружності:</td> <td><b>2e+11 N/m<sup>2</sup></b></td> </tr> <tr> <td>Коефіцієнт Пуассона:</td> <td><b>0.29</b></td> </tr> <tr> <td>Масова густина:</td> <td><b>7870 kg/m<sup>3</sup></b></td> </tr> <tr> <td>Модуль переміщення:</td> <td><b>8e+10 N/m<sup>2</sup></b></td> </tr> <tr> <td>Коефіцієнт теплового розширення:</td> <td><b>1.22e-05 /Kelvin</b></td> </tr> </table>	Ім'я:	<b>Сталь 09Г2С, гарячекатана полоса</b>	Тип моделі:	<b>Лінійний Пружний Ізотропний</b>	Критерій порочності по умовчанняю:	<b>Максимальне напруження von Mises</b>	Межа текучості:	<b>1.8e+08 N/m<sup>2</sup></b>	Межа міцності при розтягу:	<b>3.25e+08 N/m<sup>2</sup></b>	Модуль пружності:	<b>2e+11 N/m<sup>2</sup></b>	Коефіцієнт Пуассона:	<b>0.29</b>	Масова густина:	<b>7870 kg/m<sup>3</sup></b>	Модуль переміщення:	<b>8e+10 N/m<sup>2</sup></b>	Коефіцієнт теплового розширення:	<b>1.22e-05 /Kelvin</b>
Ім'я:	<b>Сталь 09Г2С, гарячекатана полоса</b>																				
Тип моделі:	<b>Лінійний Пружний Ізотропний</b>																				
Критерій порочності по умовчанняю:	<b>Максимальне напруження von Mises</b>																				
Межа текучості:	<b>1.8e+08 N/m<sup>2</sup></b>																				
Межа міцності при розтягу:	<b>3.25e+08 N/m<sup>2</sup></b>																				
Модуль пружності:	<b>2e+11 N/m<sup>2</sup></b>																				
Коефіцієнт Пуассона:	<b>0.29</b>																				
Масова густина:	<b>7870 kg/m<sup>3</sup></b>																				
Модуль переміщення:	<b>8e+10 N/m<sup>2</sup></b>																				
Коефіцієнт теплового розширення:	<b>1.22e-05 /Kelvin</b>																				

### Навантаження і кріплення

Для того щоб провести моделювання хребтової балки необхідно встановити місця закріплення, відносно яких ми позбавляємо балку степенів вільності відносно деяких площин. Так як рама вагона переміщається по залізничній колії за допомогою візків, тому одну сторону фіксуємо, а інша встановлюється на ролик повзун.

Ім'я кріплення	Зображення кріплення	Дані кріплення				
<b>Зафіксований-5</b>		<table> <tr> <td>Об'єкти:</td> <td>2 грані</td> </tr> <tr> <td>Тип:</td> <td>Зафіксована геометрія</td> </tr> </table>	Об'єкти:	2 грані	Тип:	Зафіксована геометрія
Об'єкти:	2 грані					
Тип:	Зафіксована геометрія					
<b>Результуючі сили</b>						
Компоненти	X	Y	Z	Результуюча		
Сила реакції (N)	<b>-1.09686e+06</b>	<b>886822</b>	<b>103.848</b>	<b>1.41051e+06</b>		
Реактивний момент (N.m)	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1e-33</b>		

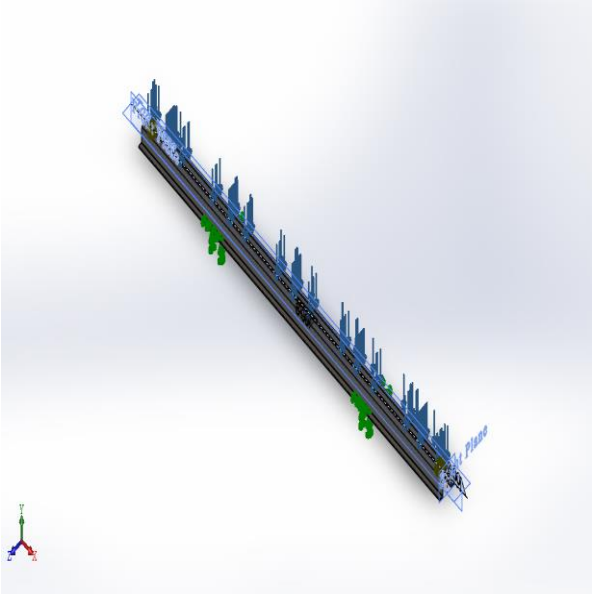
Ім'я кріплення	Зображення кріплення	Дані кріплення		
Зафіксований-6		Об'єкти: 2 грані Тип: Зафіксована геометрія		
<b>Результуючі сили</b>				
Компоненти	X	Y	Z	Результуюча
Сила реакції (N)	1.09686e+06	913178	-103.797	1.42723e+06
Реактивний момент (N.m)	0	0	0	1e-33

Ім'я навантаження	Зображення	Дані
Сила-1		Об'єкт: 3 грані Тип: Прикласти нормальну силу Значення: 600000 N

В SolidWorks Simulation застосовують два способи які забезпечують точність розрахунків на при статичному дослідженні:

– h-метод. Даний спосіб застосовують при розрахунку малих об'єктів дослідження.

– p- метод. Він застосовує більшу кількість елементів у вузлах з високою ймовірністю появи похибок. При проведенні аналізу і обчислення можливих похибок, тобто програма не змінює розміри сітки, а міняє злагодженість багаточленів для апроксимації переміщень.

Контакт	Зображення контакту	Властивості контакту
Глобальний контакт		<b>Тип:</b> Пов'язані <b>Компоненти:</b> 1 компоненти <b>Параметри:</b> Сумісна сітка

### Інформація про сітку

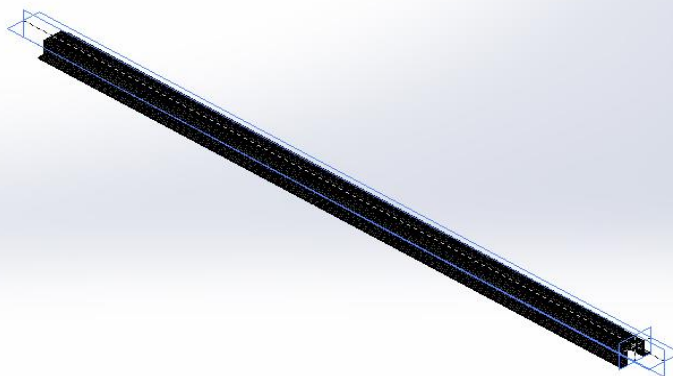
Сітку для розрахунку хребтової балки вибирали комбіновану на основі стандартного розбиття, оскільки вона найбільше задовольняє геометрію виробу.

<b>Тип сітки</b>	Комбінована сітка
<b>Використовуване розбиття:</b>	Сітка стандартна
<b>Точки Якобіана</b>	4 точки
<b>Перевірка Якобіана для оболонки</b>	Увімк.
<b>Максимальний розмір елемента</b>	126.353 mm
<b>Мінімальний розмір елемента</b>	6.31764 mm
<b>Якість сітки</b>	Висока

### Інформація про сітку – Деталі

всього вузлів	31764
всього елементів	16796
Час для завершення сітки (hh; mm; ss):	00:00:18

Имя модели:Хребтова балка  
 Название исследования:Статический 1[-Default<Как обработанный>-]  
 Тип сетки: Комбинированная сетка



## Результующі сили

### Сили реакції

Вибраний набір	Одиниці вимірювання	Сума по X	Сума по Y	Сума по Z	Результуюча
всей модели	N	0.0117188	1.2e+06	-0.0712891	1.2e+06

### Моменти реакції

Вибраний набір	Одиниці вимірювання	Сума по X	Сума по Y	Сума по Z	Результуюча
всей модели	N.m	0	0	0	1e-33

## Балки

### Сили балок

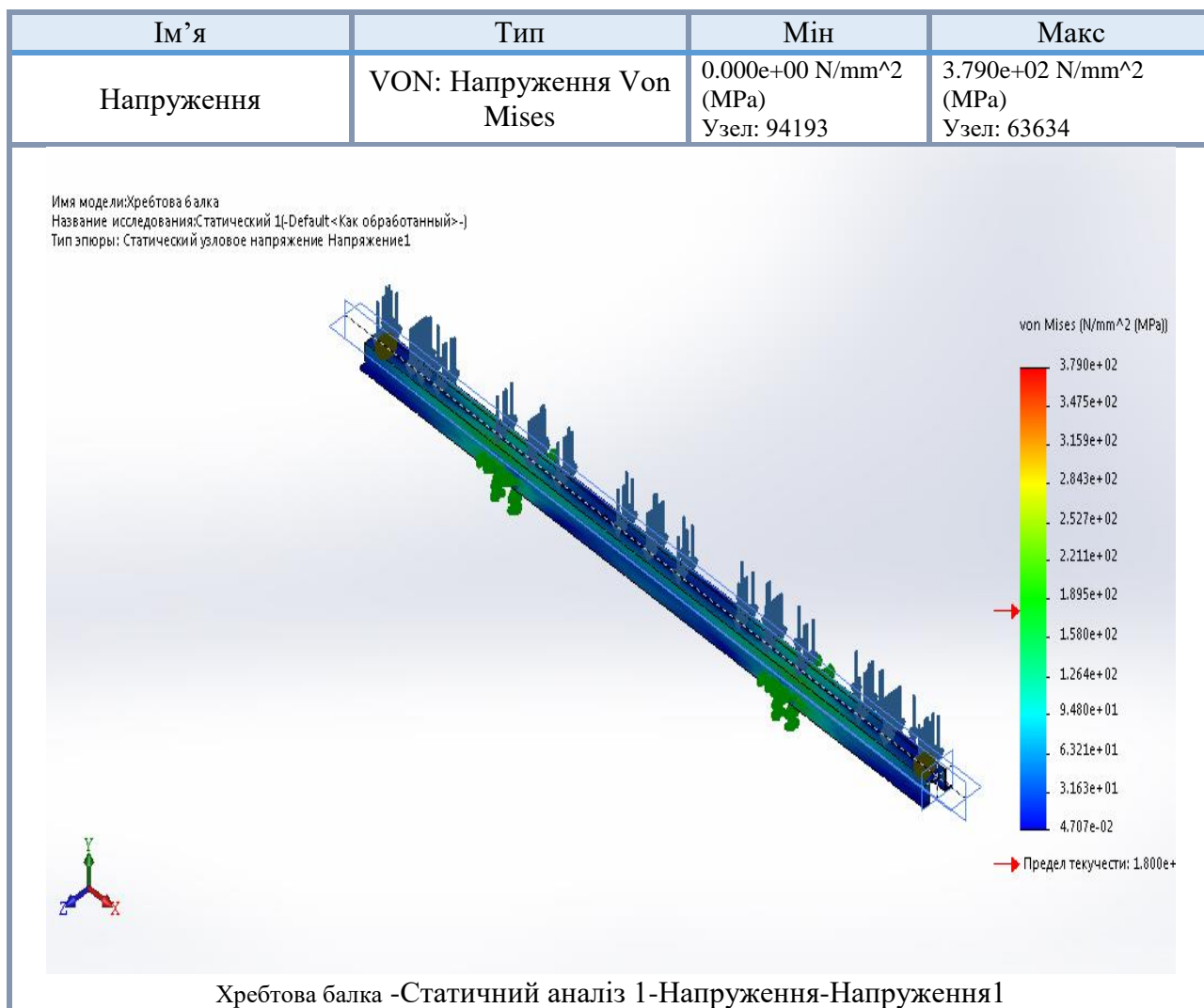
Ім'я балки	З'єднання	По осі(N)	Зсув1(N)	Зсув2(N)	Момент1(N.m)	Момент2(N.m)	Крутний момент(N.m)
Балка-1(Скругленный шов1)	1	-50.2405	72.772	-29.7724	1.27028	4.0326	-0.419184
	2	-40.2582	-6.44874	-11.0764	-0.342647	-0.286792	-0.398728
Балка-2(Скругленный шов2)	1	-76.753	-46.624	-8.16081	0.205732	-2.82855	1.55629
	2	54.7247	-51.501	-4.70469	-0.204981	2.57992	1.85809



## Напруження балок

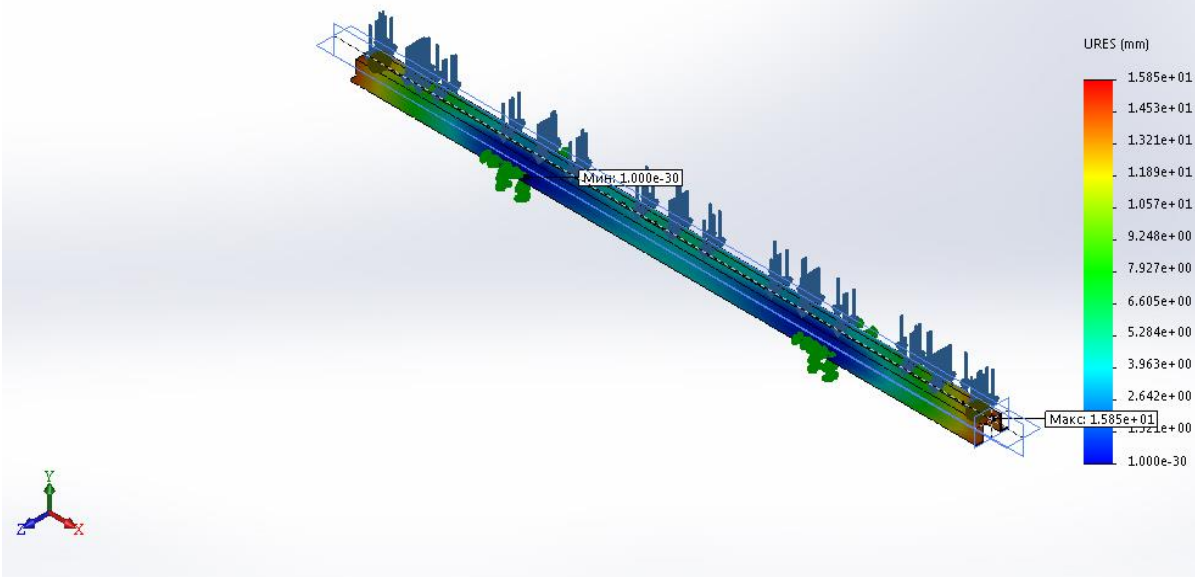
Ім'я балки	З'єднання	По осі(N/m <sup>2</sup> )	Напрявлення згину1(N/m <sup>2</sup> )	Напрявлення згину 2(N/m <sup>2</sup> )	Круглий момент(N/m <sup>2</sup> )	Верхня границя осьового напруження згину(N/m <sup>2</sup> )
Балка-1(Скруглений шов1)	1	1.53425e+06	-5.24472e+07	2.88264e+08	-1.59456e+08	3.42245e+08
	2	-1.22941e+06	-1.52178e+07	1.80323e+07	-1.51675e+08	3.44795e+07
Балка-2(Скруглений шов2)	1	2.34389e+06	-1.31481e+07	-2.12925e+08	9.46691e+07	2.28417e+08
	2	1.67119e+06	-1.27816e+07	-1.94378e+08	1.13027e+08	2.08831e+08

## Результати дослідження



Ім'я	Тип	Мін	Макс
Переміщення1	URES: Результуюче переміщення	0.000e+00 mm Узел: 37784	1.585e+01 mm Узел: 41916

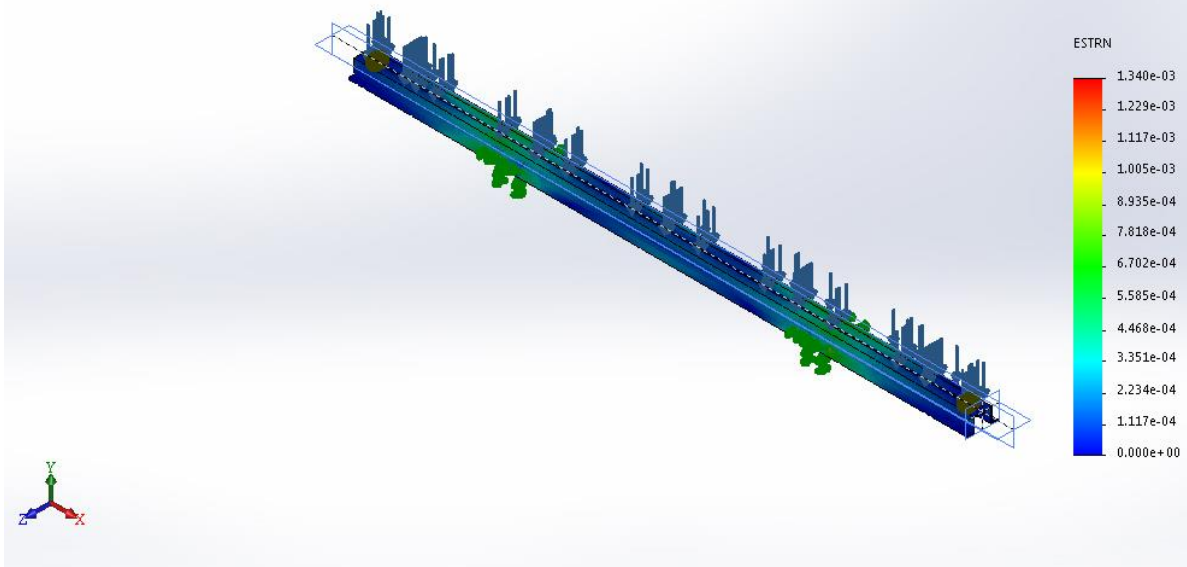
Имя модели:Хребтова балка  
Название исследования:Статический 1(Default<Как обработанный>-)  
Тип эпюры: Статическое перемещение Перемещение1



Хребтова балка -Статичний аналіз 1-Переміщення- Переміщення1

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Демормація1	ESTRN: Еквівалентна деформація	0.000e+00 Элемент: 48450	1.340e-03 Элемент: 44791

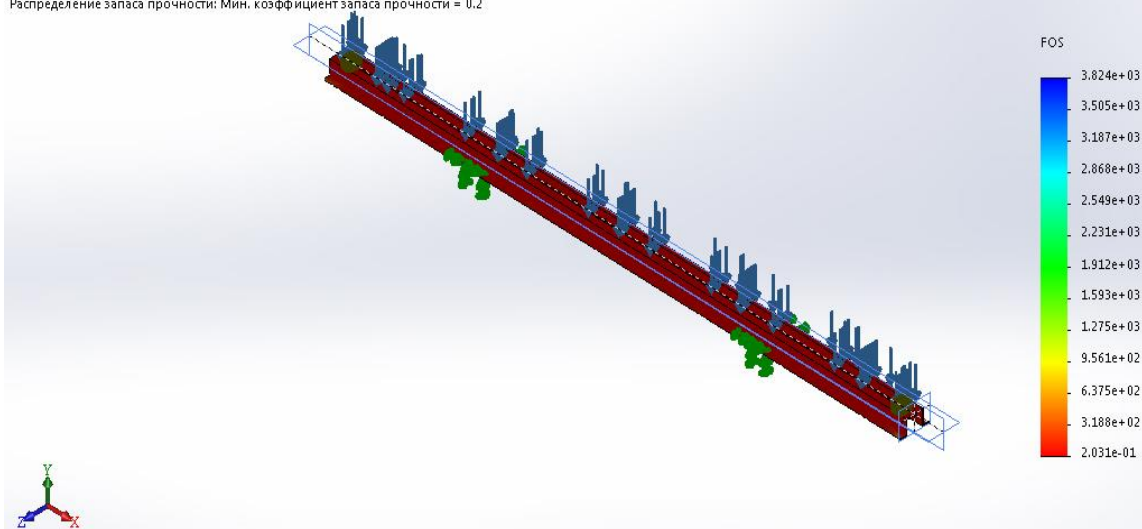
Имя модели:Хребтова балка  
Название исследования:Статический 1(Default<Как обработанный>-)  
Тип эпюры: Статическая деформация Деформация1



Хребтова балка - Статичний аналіз 1-Деформація-Деформація1

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Запас міцності 1	Авто	2.031e-01 Узел: 94421	3.824e+03 Узел: 48943

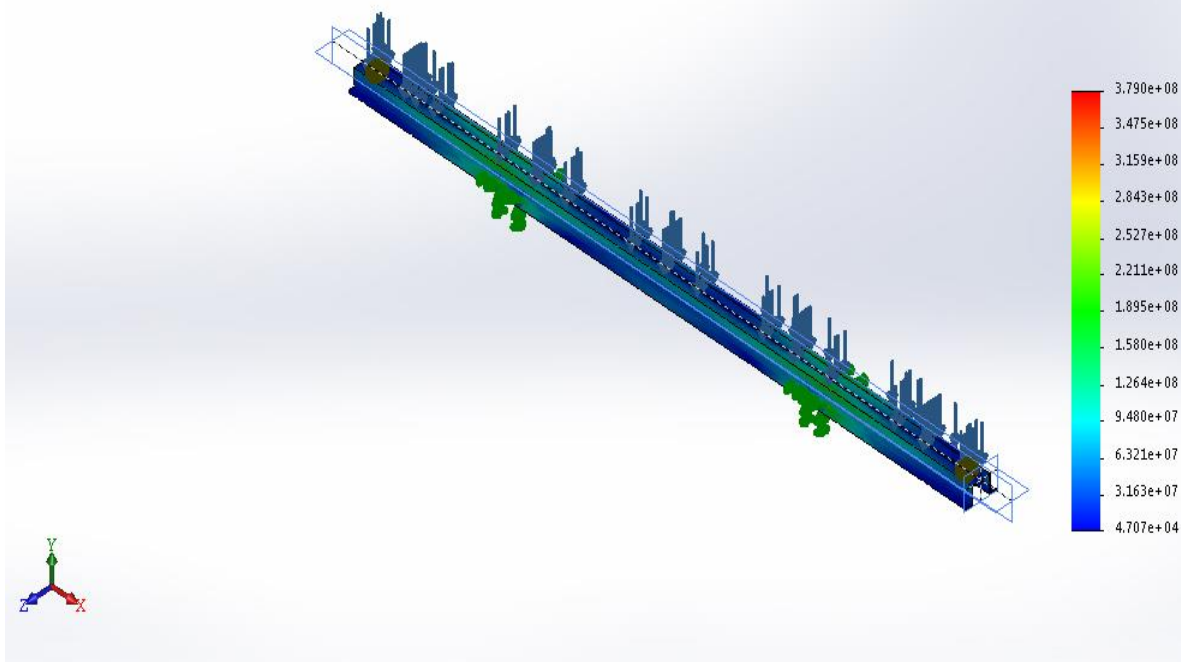
Имя модели:Хребтова балка  
 Название исследования:Статический 1[-Default<Как обработанный>-]  
 Тип эпюры: Запас прочности Запас прочности1  
 Критерий : Авто  
 Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 0.2



Хребтова балка - Статичний аналіз 1-Запас міцності-Запас міцності 1

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Рівняння1	"VON: Напруження Von Mises"	4.707e+04 SI Узел: 48943	3.790e+08 SI Узел: 63634

Имя модели:Хребтова балка  
 Название исследования:Статический 1[-Default<Как обработанный>-]  
 Уравнение: "VON: Напряжение Von Mises"



Хребтова балка-Статический 1-Рівняння-Рівняння1

## Висновок

При статичному розрахунку МСЕ в програмному комплексі SolidWorks отримано максимальне значення нормальних напружень  $\sigma_{\max} = 158$  МПа, що суттєво менше за границю текучості сталі 09Г2С  $< 365$  МПа і так як теоретичний коефіцієнт концентрації напружень необроблених стикових швів не перевищує  $\alpha_{\kappa} = 1.5$ , то умова міцності виконується. Прогин хребтової балки при навантаженні 60 т рівний 15 мм при її довжині 12 м.

## 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

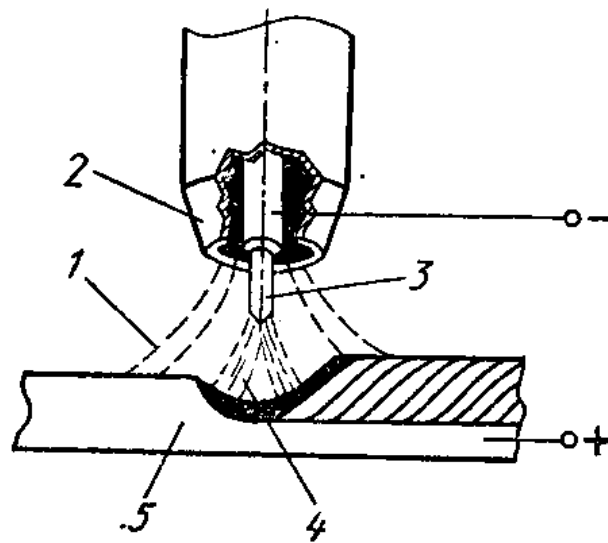
### 3.1 Обґрунтування способу зварювання.

Для отримання рівномірних якісних зварних з'єднань, важливу роль відіграє спосіб зварювання. При його виборі та обґрунтування необхідно враховувати тип виробництва, технологічність конструкції, товщини з'єднувальних металів та їх хімічну активність, а також протяжність зварних швів. Ще однією особливістю для прийняття рішення стосовно способу зварювання є відповідальність конструкції. .

Дану рамну конструкцію можна зварювати автоматичним та напівавтоматичним способом під флюсом (рис. 3.1), а також в захисних газах (рис. 3.2) [5].

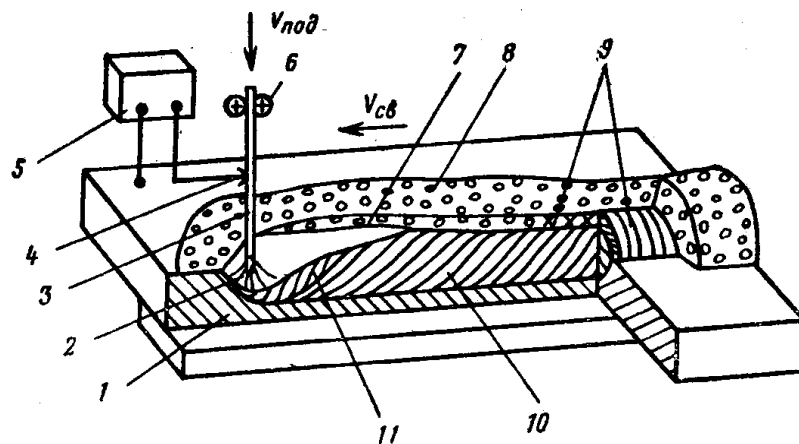
Автоматичне зварювання застосовують при масовому або серійному типах виробництва конструкцій які мають протяжність зварного шва більше одного метра. Найбільш поширеними способами автоматичного зварювання є зварювання під шаром флюсу, яке застосовують при зварюванні товщин від 6 до 30 мм та автоматичне зварювання в захисних газах. Різниця між двома способами полягає в тому що при першому дуга горить під шаром флюсу і повністю ізольована від навколишнього середовища. При зварюванні в газах дуга є відкритою і горить в куполі захисного газу, який своїм потоком витискає із зони зварювання повітря. Кожен із вказаних способів має свої недоліки та переваги в порівнянні один з одним. Щодо недоліків то при зварюванні в захисних газах спостерігається підвищене розбризкування рідкого металу при збільшенні довжини дуги, що неможна сказати про зварювання під флюсом, коли дуга є закритою і втрати на розбризкування майже немає [6]. Основним недоліком зварювання під флюсом є те, що обмежене застосування даного способу стосовно просторового положення зварних швів, що не скажеш про зварювання в захисних газах. Однак ці недоліки не обмежують області застосування даних способів. Тому, для зварювання хребтової балки раціональним буде застосування автоматичного зварювання під флюсом, так як довжина одного стикового та двох кутових швів становить по 12000 мм. А зварювання в захисних

газах будемо застосовувати при складанні елементів конструкції для встановлення прихоплень.



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

Рис. 3.1 – Схематичне зображення зварювання в захисних газах



- $V_{под}$ ,  $V_{зв}$  – швидкості подачі і зварювання; 1 – метал, що зварюється; 2 – дуга; 3 – ел. дріт; 4 – струмопідвід; 5 – джерело струму;  
6 – подаючий ролик; 7 – розплавлений шлак; 8 – флюс; 9 – шлакова корочка;  
10 – метал шва; 11 – метал зварювальної ванни

Рис. 3.2 – Схематичне зображення зварювання під флюсом

З метою забезпечення необхідних механічних властивостей зварного з'єднання не достатньо вибрати оптимальний спосіб зварювання. Для отримання заданих властивостей металу шва важливу роль відіграє вибір зварювальних

матеріалів. Як правило при автоматичному зварюванні під флюсом, в якості зварювальних матеріалів застосовують електродний дріт та флюс. Кожен з цих матеріалів відіграє важливу роль у формуванні властивостей зварного шва.

Для автоматичного зварювання сталі 09Г2С застосовують електродний дріт у відповідності до державного стандарту ГОСТ 2246-70 «Проволка стальная сварочная», який регламентує 77 основних марок дроту, який застосовують при зварюванні. Стандартом передбачено тільки розміри дроту та його хімічний склад.

Оскільки, при виготовленні хребтової балки застосовують в якості основного матеріалу низьколеговану маловуглецеву сталь, то хімічний склад дроту повинен бути наближеним до основного металу. Тому, з врахуванням цього будемо проводити зварювання за допомогою кремній-марганцевого електродного дроту марки Св08Г2С (хім. склад дроту приведено в таблиці 3.1).

Даний електродний дріт забезпечує розкислення металу зварювальної ванни, що зменшує її забруднення оксидними включеннями, наявність яких погіршує властивості шва.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад дроту згідно ГОСТ2246-70 [7]

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

Оскільки для забезпечення захисту зварювальної ванни від впливу навколишнього середовища при даному способі зварювання застосовують флюс, тому необхідно провести його вибір. Так при автоматичному зварюванні низьколегованих сталей рекомендується застосовувати згідно ГОСТ 9087-69 флюси марок АН-348А або ОСЦ-45. Для зварювання відповідальних конструкцій рекомендується застосовувати флюс марки ОСЦ-45. Даний вид флюсу менш чутливий до відхилень хімічного складу дроту та основного металу.

Хімічний склад флюсу ОСЦ – 45 приведено в таблиці 3.2.

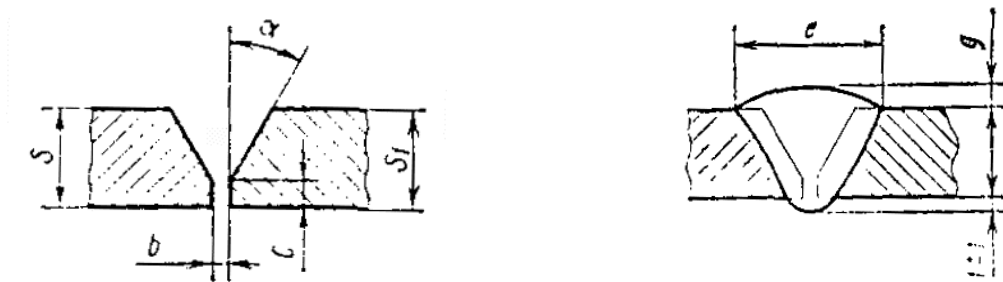
Таблиця 3.2 – Хімічний склад флюсу ОСЦ – 45 згідно ГОСТ9087 – 69

Вміст елементів, %								
SiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaF <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P
38-44	34-41	6,5	2,5	5,0	6-9	2,0	0,15	0,15

Після вибору зварювальних матеріалів необхідно підібрати режими зварювання.

Так, як зварювання хребтової балки виконують у два етапи, спочатку виконують зварювання двох Z-подібних профілів стиковим швом, а потім приварюють двотавр двома кутовими швами. Тому необхідно провести розрахунок режиму зварювання для двох варіантів. Так як було сказано вище, зварювання всіх довгих швів виконують автоматичним способом під шаром флюсу, то проведем їх розрахунок згідно [ 5, 6 ].

Розрахунок режиму зварювання стикового з'єднання типу С18 по ГОСТ 8713-79, зварний шов – стиковий (рис. 3.3).



$$s = s_1 = 13\text{мм}; b = 1 \pm 1\text{мм}; e = 22\text{мм}; c = 4\text{мм};$$

$$g = 2 \pm 1\text{мм}; g_1 = 2 \pm 1,0\text{мм}; \alpha = 25\text{град.}$$

Рис. 3.3 Конструктивні елементи зварного з'єднання С18

Розрахункова глибина проплавлення, мм:

$$h_p = S - 0,5 b = 13 - 0,5 \cdot 2 = 13 - 1 = 12\text{мм} \quad (3.1)$$

Діаметр електродного дроту, мм:

$$d_d = \sqrt[4]{h_p} \pm 0,05 h_p = \sqrt[4]{12} \pm 0,05 \cdot 12 = 1,9 \pm 0,6 = 2,5\text{ мм. Приймаємо } 3\text{ мм.} \quad (3.2)$$

Сила струму, А:



$$I_{36} = (140 \times d_0^{1.5} \pm 35) = 140 \times 3^{1.5} \pm 35 = 760 \text{ A} \quad (3.3)$$

Напруга зварювання, В:

$$U_{36} = 0,05 I_{36} = 0,05 \times 760 = 38 \text{ В} \quad (3.4)$$

Швидкість подачі дроту, м/год

$$V_{n.d}^{\pm} = 1,9 \frac{I_{36}}{d_0^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{I_{36}^2}{d_0^3} = 1,9 \frac{760}{3^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{760^2}{3^3} = 213 \text{ м / год} \quad (3.5)$$

Швидкість зварювання, м/год:

$$V_c = \frac{300}{0,7 \cdot h_p} = \frac{300}{0,7 \cdot 12} = 35,5 \text{ м / год} \quad (3.6)$$

Коефіцієнт провару:

$$\Psi_{np} = k'(19 - 0,01 \cdot I_{36}) \frac{d_n \cdot U_{36}}{I_{36}} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 760) \frac{3 \cdot 38}{760} = 1,6 \quad (3.7)$$

$$k' = 0,92;$$

Коефіцієнт розплавлення (г/А • год):

$$\alpha_p^{\pm} = 11,7 + 0,0156 \frac{I_{36}}{d_0} = 11,7 + 0,0156 \frac{760}{3} = 15,65 \text{ г / А год} \quad (3.8)$$

Ширина шва [мм]:  $e = \Psi_{np} \cdot h = 1,6 \times 12 = 19,2 \text{ мм}$

Площа наплавленого металу [мм<sup>2</sup>]:

$$F_{HM} = \frac{V_{nd} \pi d_0^2 (1 - \Psi_p)}{4V_{36}} = \frac{213 \cdot 3,14 \cdot 3^2 \cdot 0,9}{4 \cdot 12,5} = 108,3 \text{ мм}^2 \quad (3.9)$$

Опуклість [мм]:

$$g = \frac{F_n}{0,73e} = \frac{108,3}{0,7 \cdot 19,2} = 1,5 \text{ мм} \quad (3.10)$$

Коефіцієнт форми валіка:  $\Psi_e = \frac{e}{g} = 12,8$

Для приварювання двотавра до зварених Z-подібних профілів застосовуємо зварне з'єднання типу Т1. Тому проводимо розрахунок режиму зварювання.

Використовуємо формули для розрахунку параметрів режиму зварювання за методикою [ 5 ].

Визначаємо площу поперечного перерізу для шва

$$F_n = \frac{k^2}{2} \quad (3.11)$$

$$F_n = \frac{6^2}{2} = 18 \text{ мм}^2.$$

Враховуючи що катет шва 6мм приймаємо діаметр електродного дроту  $d_{ел} = 4 \text{ мм}$ .

Для прийнятого діаметра електродного дроту [5] приймаємо густину струму на електроді  $j = 50 \text{ А/мм}^2$ , і визначаємо зварювальний струм:

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot j. \quad (3.12)$$

Таким чином маємо:

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot 4^2}{4} \cdot 50 = 628.319 \text{ А}$$

Приймаємо  $I_{зв} = 630 \text{ А}$ .

Визначаємо коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_n = A + B \frac{I_{зв}}{d_{ел}}, \quad (3.13)$$

де  $A=7.0$  ;  $B=0.04$ .

$$\alpha_n = 7 + 0.04 \frac{630}{4} = 13.32 / \text{А} \cdot \text{год}.$$

Визначаємо швидкість зварювання

$$V_{зв} = L_n \cdot I_{зв} \frac{1}{F_n \cdot \rho}, \quad (3.14)$$

$$V_{зв} = 13.3 \cdot 630 \frac{1}{18 \cdot 7800} = 0.017 \text{ м/с} = 61.2 \text{ м/год}.$$

Напругу на дузі за формулою:

$$U_d = 20 + I_{зв} \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{ел}}} \pm 1, \quad (3.15)$$

$$U_d = 20 + 630 \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{4}} \pm 1 = 35.75 \pm 1 \text{ В}.$$

Приймаємо  $U_d = 35 \text{ В}$ .

Визначимо швидкість подачі дроту:

$$V_{n.д.} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{зв}}{\pi \cdot d_{el}^2 \cdot \gamma}, \quad (3.16)$$

де  $\gamma = 7800 \text{ кг/м}^3$ ;

$$V_{n.д.} = \frac{4 \cdot 13.3 \cdot 630}{3,14 \cdot 4^2 \cdot 7800} = 85.528 \text{ м/год} \approx 86 \text{ м/год}.$$

Розраховані параметри зварювання зводимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3. Параметри режимів зварювання хребтової балки

Тип з'єднання	Діаметр електродного дроту, мм	Сила зварювального струму, А	Напруга на дузі, В	Швидкість зварювання, м/год	Швидкість подачі дроту, м/год
T1	4	630	35	61.2	86
C18	3	760	38	35	213

Для реалізації запропонованого способу зварювання та розрахованих режимів необхідно підібрати зварювальне обладнання. До зварювального обладнання відносять зварювальний автомат або напівавтомат та джерело живлення.

Для автоматичного зварювання під флюсом промисловістю випускається досить великий ряд автоматів різних типів та комплектацій. На ринку України найбільшим вітчизняним заводом-виробником промислового зварювального обладнання є Каховський завод електрозварювального обладнання (КЗЕО). Він представляє широкий вибір зварювальних автоматів які забезпечують необхідні характеристики роботи.

Враховуючи те, що зварювання хребтової балки проводять в спеціальних зварювальних кондукторах та кантувачах можливе застосування автоматів тракторного та підвісного типу. Автомати тракторного типу в процесі зварювання переміщуються без посередньо по зварному виробу або направляючих які вкладають на виріб. Автомати підвісного типу переміщуються по направляючих у вигляді ферм або балок які розміщені над виробом. З врахуванням довжини зварних швів та недоліків автоматів тракторного типу для зварювання балки будемо застосовувати автомати підвісного типу.

Із запропонованої номенклатури зварювального обладнання заводу КЗЕО вибираєм автомат підвісного типу А-1416 (рис. 3.4) який укомплектовується джерелом живлення КИУ1201 (рис. 3.5) [ 8 ].



Рис. 3.4 Загальний вигляд автомата А – 1416



Рис. 3.5 Загальний вигляд джерела живлення КИУ – 1201

Технічні характеристики основного зварювального обладнання приведено в таблицях 3.4 та 3.5.

Таблиця 3.4 Технічна характеристика автомата А – 1416

Номинальна напруга мережі, В	380
Частота мережі, Гц	50
Номинальний зварювальний струм при ПВ=100% , А	1000
Межі регулювання зварювального струму, А	250-1250
Кількість електродів, шт.	1
Діаметр електродного дроту, мм	2-5
Регулювання швидкості подачі електродного дроту, м/год	Ступінчасте 12-120
Вертикальне переміщення зварювальної головки - Привод - Хід, мм - Швидкість, м/хв.	Електромеханічний 250 29,4
Поперечне переміщення зварювальної головки - Привід - Хід, мм - Швидкість, м/хв.	Ручний ±75 -
Регулювання кута повороту електроду (мундштука) до вертикалі, град.	Ручний ±25
Маршова швидкість переміщення зварювальної головки, м/год	950
Флюсоапаратура: - Об'єм, дм <sup>3</sup> - Розхід повітря, м <sup>3</sup> /год - Висота всмоктування флюсу, м	25 30 2
Джерела живлення	КИУ-1201(ВДУ-1201)
Маса ,кг - зварювальної головки	325
Габаритні розміри автомату, мм	960x860x1860

Таблиця 3.5 Технічна випрямляча КИУ – 1201

Номинальна напруга мережі, В	3x380	
Частота мережі, Гц	50	
Номинальний зварювальний струм при ПВ 100%, А	1250	
Межі регулювання зварювального струму, А	Спадаючі 200-1250	Жорсткі 250-1250
Межі регулювання робочої напруги, В	Спадаючі 28-56	Жорсткі 20-56
Активна максимальна еквівалентна споживча потужність (с врахуванням ПВ), кВт	84	
Напруга холостого ходу, В	85	
Діаметр електродів, мм	4-10	
Маса, кг	550	
Габаритні розміри, мм	960x680x890	

### 3.2 Опис технологічного процесу

Будь який 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.

Перед виконанням операції різання необхідно виправити нерівності деталей-заготовок, які виникли при транспортуванні, щоб в подальшому була висока точність різання, складання і зварювання аби уникнути напружень. Різання профілю доцільно виконувати механічним способом. При механічному різанні не потрібно очищати кромки під зварювання, крім того метал не втрачає властивості і не піддається термічному впливу. Для поперечного різання використовується напівавтоматичний стрічково-відрізний станок по металу SPECIAL 700 DI-A МАСС (рис.3.6). Заготовка подається на допоміжний стіл перед станком доки до упору обмежувача подачі, прижимається упором і відрізається торець профілю, щоб деталі були з рівним торцями [9].



Рис. 3.6 Напівавтоматичний стрічково-відрізний станок по металу SPECIAL 700 DI-A МАСС [9]

Після того відрізають певної довжини деталі згідно креслення.

Коли виконали різання Z-подібні профілі поступають на операцію фрезерування, на якій виконують розроблення кромek відповідно до типу з'єднання.

Наступними операціями технологічного процесу є складання та зварювання балки.

Першим етапом складально-зварювальних операцій є складання та зварювання двох Z-подібних профілів стиковим швом (рис. 3.7). Складання даних елементів проводять в спеціальному кондукторі (п. 4.3). Спочатку встановлюють перший профіль та притискають за допомогою пневматичних притискачів. Потім встановлюють інший і теж притискають, при цьому дотримуються необхідних зазорів, які повинні відповідати типу з'єднання.

Складені в кондукторі Z-подібні профілі зварюють між собою за допомогою зварювального автомата А-1416. Зварювання виконують із середини зетів, тобто із нижньої сторони балки.

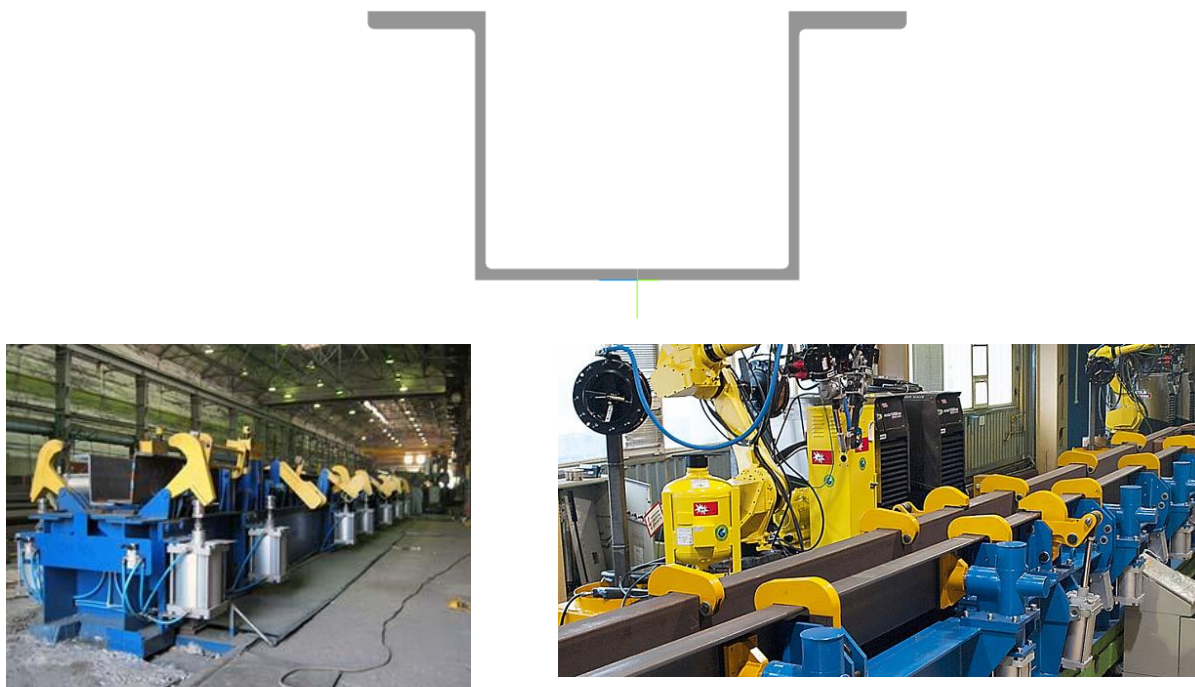


Рис. 3.7 Розташування зетів при складанні в кондукторі [ 10, 11 ]

Після цього встановлюють внутрішні ребра жорсткості та приварюють їх (рис. 3.8).



Рис. 3.8 Встановлення та приварювання ребр жорсткості до зетів [10 ]

Наступною операцією виготовлення хребтової балки є складання зварених зетів із двотавром (рис. 3.9). Складені зети переміщують за допомогою кран-балок в інший кондуктор, при цьому повертають їх на  $180^{\circ}$  та фіксують за допомогою пневматичних притискачів. Після встановлення зетів на них по центру зварного шва встановлюють двотавр. Його фіксують за допомогою спеціальних притискачів у вертикальній площині, що не допустити відхилення від осі, та притискають за допомогою спеціальних пневмопритискачів.

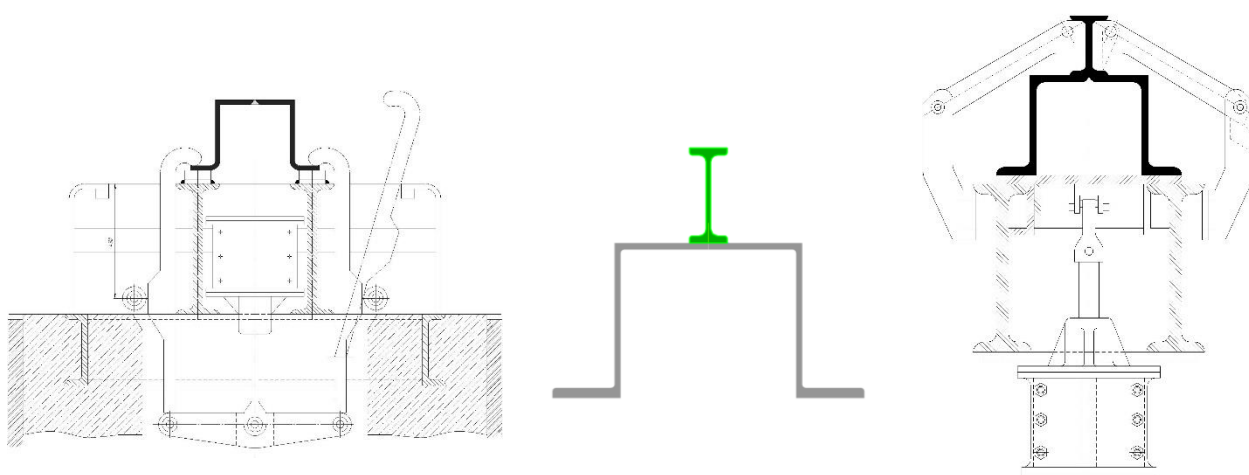


Рис. 3.8 Встановлення та фіксування двотавра



Коли двотавр встановлений та нерухомо зафіксований, проводять прихоплення. Після цього складену хребтову балку знімають із пристосування та за допомогою кран-балок переміщують на позицію зварювання. Зварювання проводять в спеціальному кільцевому кантувачі за допомогою автомату А-1416.

Зварювання двох кутових швів виконується послідовно після кантування виробу в позицію «в човник».

Далі хребтова балка переміщається на операцію свердління отворів під заклепки.

В процесі виготовлення рами на всіх стадіях виробництва та операціях технологічного процесу здійснюють візуальний контроль якості, а після зварювання швів проводять ультразвукову дефектоскопію.

Після завершення всіх операцій технологічного процесу зварена рама поступає на дільницю піскоструменевого очищення та фарбування.

### **3.3 Нормування витрат матеріалів та 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».

При автоматичному і механізованому зварюванні під шаром флюсу нормуються витрати зварювального дроту і флюсу [12].

Визначаєм витрати дроту.

$$H_n = Q \cdot K_n, \quad (3.17)$$

де  $H_n$  – норма витрати дроту на погонний метр шва, кг;

$Q$  – маса наплавленого металу на 1 пог. м шва, кг;

$K_n$  – коефіцієнт переходу від маси наплавленого металу до витрати зварювального дроту.

До технологічних втрат і відходів відносяться відходи від обрізки кінця електродного дроту перед запалюванням дуги, відходи від вирізки дефектних

ділянок, від перегину дроту, відходи у вигляді кінцевих залишків дроту в подаючих механізмах автоматів.

Технологічні відходи дроту становить 5%. Коефіцієнт переходу  $K_n = 1,05$ .

$$H_n = 3,6 \cdot 1,05 \approx 3,78 \text{ кг}$$

Витрати дроту на виріб:

$$H_n = 3,78 \cdot 55 \cdot 10^{-2} \approx 20,8 \text{ кг}$$

Витрати флюсу.

$$H_\phi = Q \cdot K_\phi, \quad (3.18)$$

де  $H_\phi$  – норма витрати флюсу на 1 пог. м шва, кг;

$K_\phi$  – коефіцієнт втрат і відходів флюсу.

Так, як зварювання проводимо без застосування утримуючих пристосувань та  $K_\phi = 1,2$

$$H_\phi = 3,8 \cdot 1,2 \approx 45,6 \text{ кг}$$

Повні витрати флюсу на 15м зварювального шва рівна:

$$H = 4,56 \cdot 55 \approx 250,0 \text{ кг}$$

Витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу:

$$Q = \frac{U_\delta}{\alpha_H \cdot \eta \cdot k_u} \quad (3.19)$$

де  $U_\delta$  – напруга на дузі, В;

$\alpha_H$  – коефіцієнт наплавлення, г/Агод, приймаємо  $\alpha_H = 18,5$  ;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії установки,  $\eta = 0,90\%$  ;

$k_u$  – коефіцієнт, що виражає час роботи зварювального обладнання, приймаємо  $k_u = 0,65$  ;

$$Q_{a(A3\Phi)} = \frac{30}{18,5 \cdot 0,9 \cdot 0,65} = 2,77 \text{ Втгод/г}$$

Загальні витрати електроенергії

$$B = Q \cdot H_n \quad (3.20)$$

$$B_{(A3\Phi)} = 2,77 \cdot 20,8 \approx 57,616 \text{ кВтгод}$$

## 4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 4.1 Розрахунок пневмопритискача.

При виготовленні хребтової балки застосовуються складально-зварювальні кондуктори, притискання деталей в яких здійснюють за допомогою пневмапритискачів. З метою удосконалення системи притискання необхідно провести їх розрахунок згідно літератури [13]. На рис. 4.1 приведено схему складального притискача, який застосовують при притисканні заготовок.

Для вирівнювання крайок у вертикальному положенні (уздовж утворюючої)

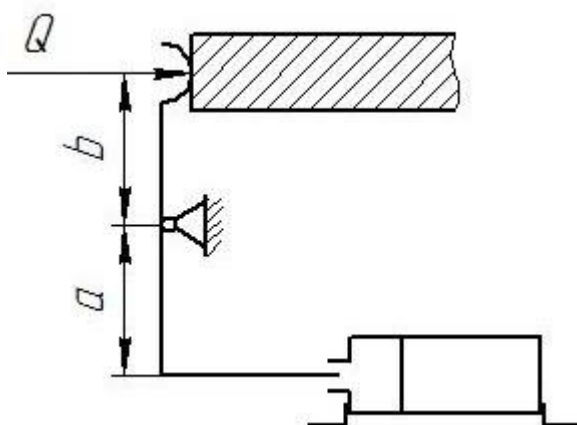


Рисунок 4.1 - Розрахункова схема фіксації крайок

Визначимо зусилля на штоку з урахуванням коефіцієнта запасу по формулі:

$$Q=Q_{тр} \cdot K; \quad (4.1)$$

$$K=K_0 \cdot K_1 \cdot K_2=1,5 \cdot 1 \cdot 1=1,5,$$

де  $K_0$  – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні (для обробленої поверхні);

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує сталість зусилля затискача, що розвиває силовим приводом пристосування.

$$Q_{тр}=m \cdot g \cdot f=314 \cdot 9,81 \cdot 0,2=628 \text{ Н}; \quad (4.2)$$

$$Q=628 \cdot 1,5=942 \text{ Н.}$$

Визначаємо зусилля привода  $P$  на штоку пневмоцилиндра.

$$P = \frac{Q}{\frac{1}{b} \left( a - \frac{a+b}{b} \cdot f \cdot r \right)}, \quad (4.3)$$

де а, b - плечі важеля: a=b=137 мм;

f=0,1 - коефіцієнт тертя в осях шарнірів;

r=10 мм - радіус осі шарніра.

$$P = \frac{942}{\frac{1}{13,7} \left( 13,7 - \frac{13,7 + 13,7}{13,7} \cdot 0,1 \cdot 1 \right)} = 942 \text{ Н.}$$

Визначаємо діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \rho \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 961}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,8}} = 49 \text{ мм}, \quad (4.4)$$

де  $\rho = 0,63$  Мпа - тиск стисненого повітря в пневматичній системі.

З конструктивних міркувань приймаємо D=50 мм.

Зі стандартного ряду вибираємо пневмоциліндр 2111-50x200 ГОСТ 15608-81.[1]

Для фіксації зазору між крайками (2 пневмоциліндра), для упору (1 пневмоциліндр).

Визначимо зусилля на штоку з урахуванням коефіцієнта запасу по формулі:

$$Q_{\text{тр}} = m \cdot g \cdot f = 314 \cdot 9,81 \cdot 1,5 = 4710 \text{ Н};$$

Визначаємо діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \rho \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4710}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,95}} = 100 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань приймаємо D=100 мм.

Зі стандартного ряду вибираємо пневмоциліндр 2311-100x300 ГОСТ 15608-81.

Для усунення недовальцювання крайки підтискаються пневмоциліндрами з бічних сторін.

Визначимо зусилля на штоку з урахуванням коефіцієнта запасу по формулі:

$$Q_{\text{тр}} = m \cdot g \cdot f = 314 \cdot 9,81 \cdot 1,5 = 4710 \text{ Н};$$

Визначаємо діаметр циліндра:

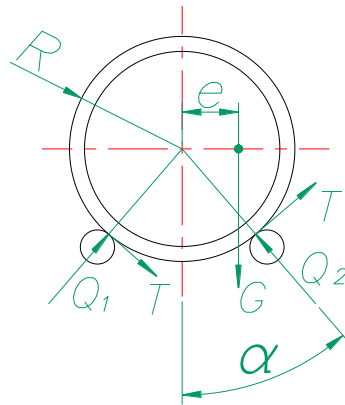
$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\rho\eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4710}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,95}} = 100 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань приймаємо  $D=100$  мм.

Зі стандартного ряду вибираємо пневмоциліндр 2111-100x300 ГОСТ 15608-81. Приміняємо 4 таких пневмоциліндра, установлених на стійках. [14]

#### 4.2 Розраховуємо кантувач кільцевого

Розрахунок кільцевого зварювального кантувача для виготовлення хребтової балки проводимо за методикою описаною в літературі [ 13]. На рис.4.2 показана розрахункова схема з прикладеними навантаженнями.



$G$  – маса з кільцями та виробом разом і складальними пристосуваннями ;

$e$  – зміщення від центру.

Рисунок 4.2.- Схема навантажень які діють на кантувач.

Визначення силових факторів: [13 ]

Вантажний момент:

$$M_{gp} = Ge \tag{4.5}$$

$$M_{gp} = 12000 \cdot 0,50 = 6000 \text{ нм.}$$

Склавши і вирішивши рівняння рівноваги щодо центру кільця і позначивши

$\frac{e}{R} = \varepsilon = 0,5$ , находимо опорні реакції  $Q_1$  і  $Q_2$  окружні навантаження  $T$ :

$$Q_1 = \frac{G}{2} \left( \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - \frac{\varepsilon}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right) \quad (4.6)$$

$$Q_1 = \frac{15000}{2} \left( \frac{1}{\cos \frac{45^\circ}{2}} - \frac{0,5}{\operatorname{tg} \frac{45^\circ}{2}} \right) = 24619..H$$

$$Q_2 = \frac{G}{2} \left( \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} + \frac{\varepsilon}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right); \quad (4.7)$$

$$Q_2 = \frac{15000}{2} \left( \frac{1}{\cos \frac{45^\circ}{2}} + \frac{0,5}{\operatorname{tg} \frac{45^\circ}{2}} \right) = 24619..H$$

$$T = 0.5Ge; \quad (4.8)$$

$$T = 0.5 \cdot 12000 \cdot 0,50 = 3000$$

Розраховуємо поздовжній вал з максимальними навантаженнями:

$$N = \sqrt{Q_2^2 + T^2} \quad (4.9)$$

$$N = \sqrt{24619^2 + 3000^2} = 24619..H$$

Зусилля обертання роликів, приведена до їхньої діаметру:

$$W = K_p \frac{Nfd_\varepsilon + 2Q_2\mu}{D_p} \quad (4.10)$$

$$W = 1,2 \cdot \frac{24619 \cdot 0,02 + 2 \cdot 24619 \cdot 0,08}{0,380} = 12532..H$$

де:  $d_v$  – діаметр вала в підшипниках;

$D_p$  – ролик опори;

$f$  – коефіцієнт тертя у підшипниках;

$f = 0.1$  для підшипників ковзання;

$f = 0.02$  коефіцієнт підшипників кочення;

$\mu = 0.08$  – тертя роликів опорних сталевих при коченні;

$\mu = 0.3$  – тертя роликів опор покриті гумою при коченні;

$K_p = 1.2$  – тертя кільця що враховується втрати при обертанні роликів.

Крутні моменти які були передані кожним із двох поздовжніх валів: [13]

$$M_{кр1} = 0.5 D_p (T + W) \quad (4.11)$$

$$M_{кр1} = 0.5 \cdot 0,380 \cdot (3000 + 12532) = 2951..H$$

Згинальний момент згину, що діє на поздовжній вал в області підшипника:

$$M_u = Nk$$

$$M_u = k \sqrt{Q_2^2 + T^2} \quad (4.12)$$

$$M_u = 0,1 \cdot \sqrt{24619^2 + 3000^2} = 2480..H$$

де  $k$  – відстань між прикладеною сили підшипника.

Еквівалентний момент:

$$M_s = \sqrt{M_{кр1}^2 + M_u^2} \quad (4.13)$$

$$M_s = \sqrt{2951^2 + 2480^2} = 3854..H$$

Розрахунок валу:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10M_3}{[\sigma]}} \quad (4.14)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 3854}{60 \cdot 10^6}} = 0,0863 \dots \text{мм}$$

Обертальний рух на поздовжні вали передається поперечним валом через черв'ячні редуктори. Крутний момент, діючий на поперечному валові кантувача:

$$M_{кр} = \frac{G}{i \eta_{ред} \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \cdot \left( 0,5 \cdot D_p \cdot \varepsilon \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + K_p \cdot \frac{f \cdot d + 2 \cdot \mu}{D_p} \right) \quad (4.15)$$

$$M_{кр} = \frac{12000}{1 \cdot 1 \cdot \cos\left(\frac{45}{2}\right)} \cdot \left( 0,5 \cdot 0,380 \cdot 0,5 \cdot \cos\left(\frac{45}{2}\right) + 1,2 \cdot \frac{0,02 \cdot 0,086 + 2 \cdot 0,08}{0,380} \right) = 25489 \dots \text{нм}$$

де:  $i$  – передаюче спів відношення черв'ячної пари;

$\eta_{ред}$  – К. К. Д. черв'ячного приводу.

Розраховуємо врівноважувальний моментом зчеплення сил опорних роликів з кільцями.

$$Ge_{кр} = (Q_1 + Q_2) \cdot \varphi \cdot R \quad (4.16)$$

$$Ge_{кр} = (24619 + 24619) \cdot 0,3 \cdot 1 = 14771 \dots \text{нм}$$

де:  $\varphi$  – зчеплення кілець з роликами:

ролики з гумовим покриттям  $\varphi = 0,3 - 0,4$ .

Якщо виразити ексцентриситет у частках радіуса кільця  $\varepsilon_{кр} = \frac{e_{кр}}{R}$  і

поміняти  $Q_1$  і  $Q_2$ , то розглянути вираз можна привести до виду: [13]

$$\varepsilon_{кр} = \frac{\varphi}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \quad (4.17)$$



$$\varepsilon_{кр} = \frac{0,3}{\cos \frac{22,3}{2}} = 1,9$$

Граничне значення відносно ексцентриситету, може настати буксування, незалежить від маси обертових частин.

Запас зчеплення повинний бути не менш 3, тобто

$$K_{сц} = \frac{\varepsilon_{кр}}{\varepsilon} = \frac{e_{кр}}{e} \geq 3 \quad (4.18)$$

$$K_{сц} = \frac{1,9}{0,5} = 3,9 \geq 3$$

Сила приводу кільцевого кантувача:

$$w = \frac{5 \cdot \pi}{30} = 0,5236$$

$$N = \frac{M_{кр} \cdot w}{9740 \cdot \eta_0} \quad [\text{кВт}] \quad (4.19)$$

$$N = \frac{25489 \cdot 0,52}{9740 \cdot 0,5} = 2,69 \text{ кВт}$$

### 4.3 Опис конструкції пристосувань та їх роботи.

Для виготовлення хребтової балки застосовують пристрій (рис. 4.3), який являє собою раму, закріплену на фундаменті і оснащену затискачами та пневматичними затискачами [ 4, 14 ].

На рисунках 4.4 та 4.5 показані розрізи кондуктора.

Положення зет зафіксовано торцевими і бічними затискачами, поздовжніми упорами і вертикальними затискачами. Потім двотаврову балку

розміщують зверху, її положення фіксують відкидним упором і притискають до кінців зети з використанням вертикально-відкидних важільно-гвинтових затискачів. Для компенсації деформацій вигину балки під час подальшого зварювання поздовжніх швів шляхом включення пневматичних циліндрів до затиснутих на кінцях деталей встановлюють зворотний прогин, після чого нижні фланці двотаврової балки захоплюється до верхніх фланців зет, а зібрана опорна балка звільняється від кріплення і виймається з пристрою.

Зварювання поздовжніх швів балки виконується під зануреною дугою в поворотному пристрої, схематично показано на рис. 4.6. При вертикальному положенні пристрою балка, зібрана на гвинтах, розміщується на рамі і при включенні пневматичних циліндрів за допомогою важеля створюється зворотний прогин балки. Потім за допомогою опори і приводу роликів пристрій з балкою встановлюють у зручне для зварювання положення і послідовно виконують обидва поздовжні шви, що з'єднують двотавр із зетами.

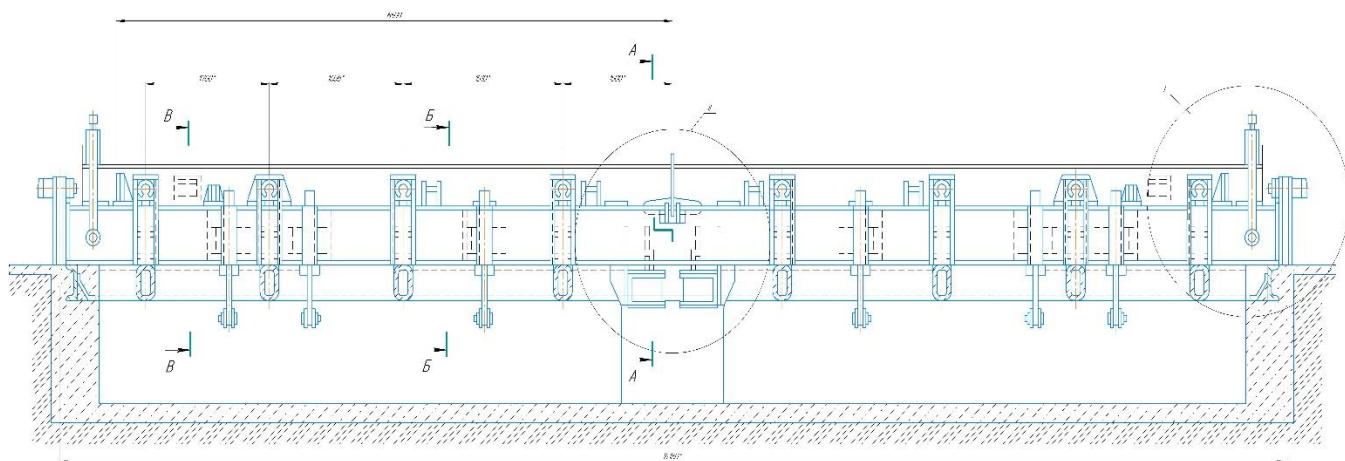
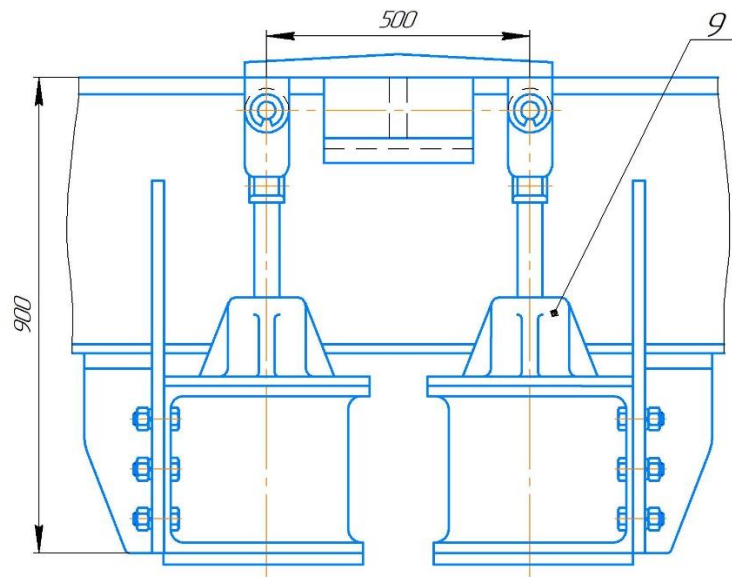


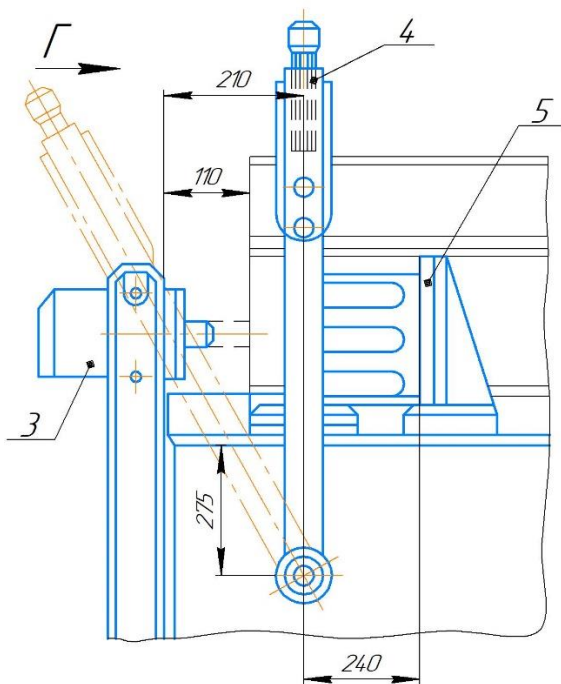
Рис. 4.3 Схема кондуктора складання хребтової балки

II(1:10)

Передня частина рами не показана



II(1:10)



Г(1:10)

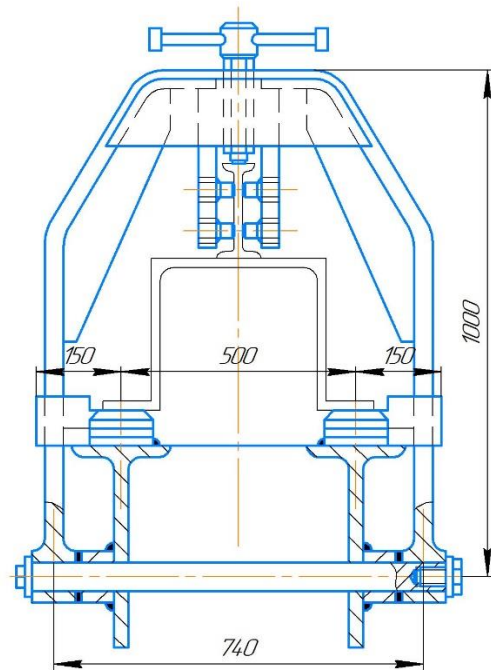


Рис. 4.4 Перерізи складального кондуктора в місцях закріплення двотавра

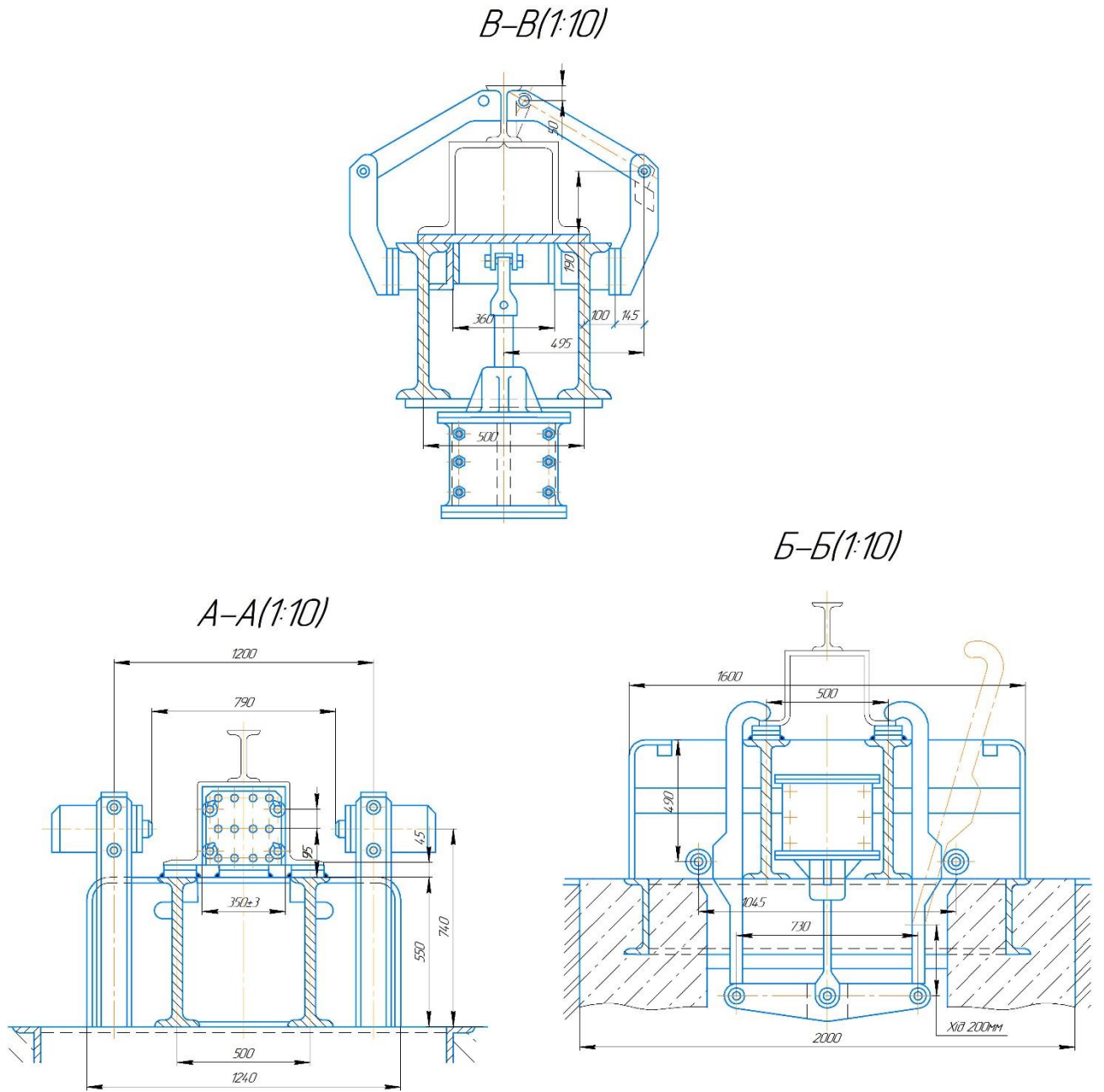


Рис. 4.5 Перерізи складального кондуктора при фіксації зетів та встановлення двотавра

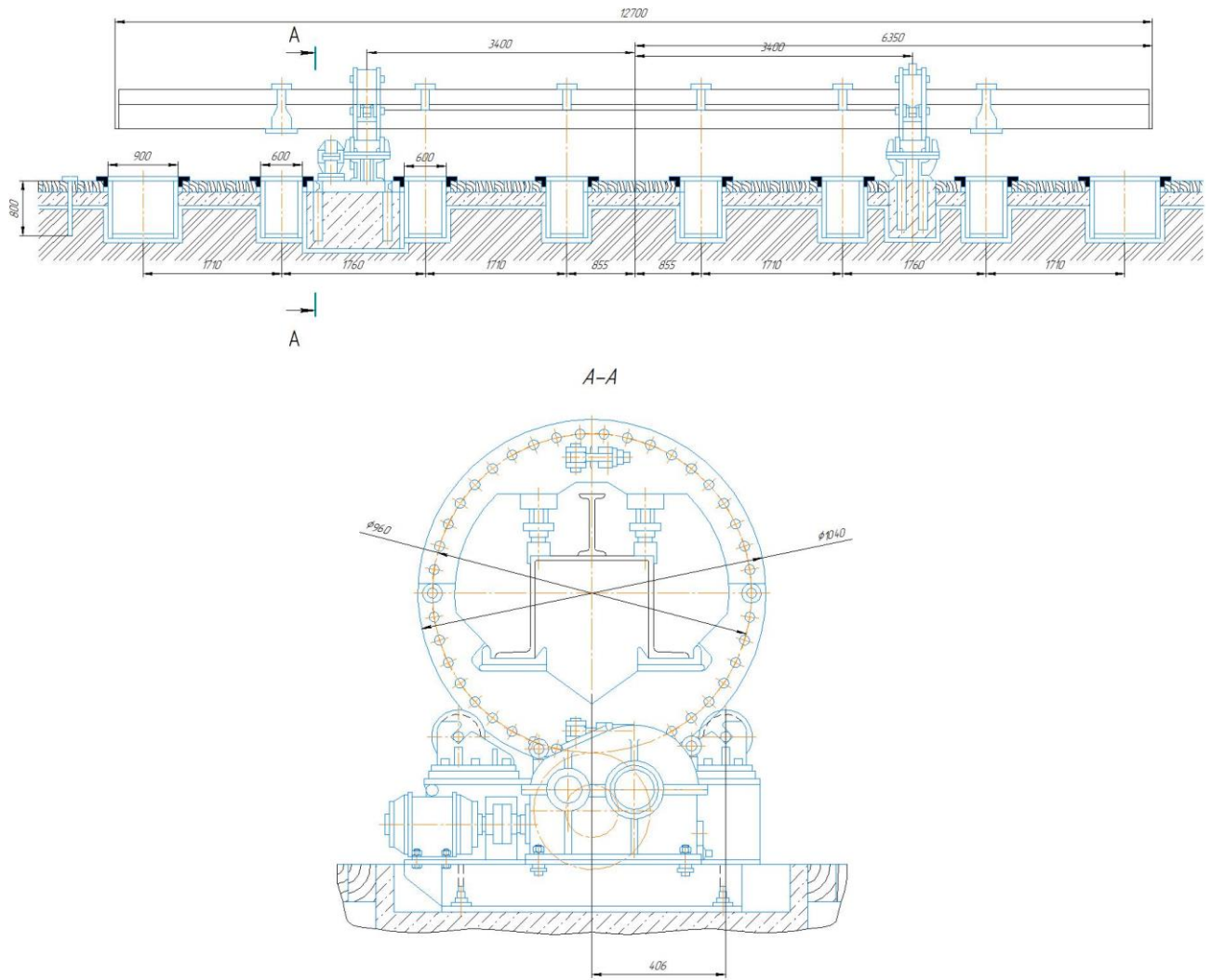


Рис. 3.6 Загальний вигляд зварювального кільцевого кантувача

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1 Охорона праці**

#### **5.1.1 Заходи захисту від ураження електричним струмом**

Основними вимогами безпеки, що ставляться до конструкції машин та механізмів, є безпека для здоров'я та життя людей, надійність та зручність експлуатації.

Загальні вимоги до виробничих процесів регламентуються стандартами. Вони передбачають: усунення безпосереднього контакту працівників з вихідними матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, готовою продукцією та відходами виробництва, котрі спричиняють небезпечну дію.

Оскільки при виготовленні балки застосовується дугове зварювання, тому основні заходи з техніки безпеки пов'язані з можливістю ураження оператора електричним струмом, опіків від розплавлених частин металу, наявності рухомих частин приводу лінії і забруднення атмосфери.

При дуговому зварюванні ураження струмом високої напруги можливе, коли машина незаземлена, чи при пробії трансформатора, при перемиканні напруги без вимкнення трансформатора від мережі. У зварювальних трансформаторах передбачаються системи блокування, що запобігають ураженню струмом високої напруги, наприклад закрито доступ до перемикача при не вимкненому первинному колі; дверцята шаф, пультів, станин з відкритими струмоведучими частинами, що перебувають під напругою, мають блокування, що забезпечує зняття напруги при їх відкриванні.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

- уникнення контакту людини з струмоведучими частинами, які знаходяться під напругою;
- уникнення небезпеки ураження електричним струмом при можливій появі напруги на корпусах та інших частинах електрообладнання.

Уникнення випадкового контакту людини з струмоведучими частинами електрообладнання забезпечується ізоляцією струмоведучих частин. Стан ізоляції характеризується її електричною міцністю, діелектричними втратами та електричним опором. Ізоляція запобігає протіканню струмів через неї завдяки великому опору.

Для уникнення небезпеки ураження електричним струмом при появі напруги на корпусах та інших частинах електрообладнання необхідно застосовувати захисне заземлення.

Захисне заземлення - це навмисне електричне з'єднання з землею або з її еквівалентом металевих не струмоведучих частин, котрі можуть опинитись під напругою. Призначення захисного заземлення – усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання, тобто при замиканні на корпус.

Захисному заземленню підлягають металеві не струмоведучі частини обладнання, котрі через несправність ізоляції можуть опинитися під напругою і до котрих можливі дотики людей [15 ].

### **5.1.2 Розрахунок штучного освітлення для спроектованого цеху**

Зварювальникам доводиться виконувати операції, що розрізняються по точності зорової роботи: розмітку, складання, читання креслень, зварювання, контроль зварних з'єднань та ін. Наявність джерел підвищеної яскравості викликає необхідність частій адаптації зору: кожного разу при переході від допоміжних операцій, що виконуються без щитка, до зварювання, що виконується обов'язково з щитком.

Створення високих рівнів освітленості місць зварювання (близько десятків тисяч люкс) з тим, щоб усі операції можна було виконувати з щитком, економічно не вигідно і практично складно. Рівні освітлюваності зварювальних робіт встановлені відповідно до діючих нормативних документів для люмінесцентних ламп 150 лк, а для ламп розжарювання 50 лк з урахуванням наявності у полі зору самосвітних елементів.

Характер технологічних операцій в складально-зварювальних цехах (робота на нефіксованих місцях) визначає доцільність створення системи загального освітлення локалізованого або рівномірного загального з використанням переносних світильників місцевого освітлення. З урахуванням можливості використання газорозрядних джерел світла доцільно підвищити рівні освітленості при електрозварювальних роботах до 500 лк при загальному і місцевому освітленні і до 300 лк при одному загальному освітленні.

Під кранами мають бути підвішені додаткові світильники, які компенсують затемнення робочих місць. При зварюванні усередині місткостей слід використовувати світильники спрямованої дії, які розташовані зовні, або ручні переносні світильники, що мають захисну сітку (трансформатор має бути встановлений зовні, його вторинна обмотка заземлена; не допускається застосування автотрансформаторів).

Світильники, вікна і світлові ліхтарі необхідно очищати в міру забруднення (не рідше за один раз в три місяці).

Забарвлення стін доцільно виконувати спеціальними фарбами, що мають високий коефіцієнт віддзеркалення для видимої частини спектру і низький коефіцієнт - для ультрафіолетових променів [ 15 ].

Для роботи по виготовленню зварного з'єднання труби з плоским фланцем при рівномірному розміщенні світильників загального освітлення і горизонтальної поверхні основним є, так званий, метод коефіцієнту використання світлового потоку.

Розрахунок проводиться за формулою:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot Z \cdot K_3}{N \cdot \eta}, \quad (5.1)$$

де  $\Phi$  – світловий потік, потрібний для забезпечення заданої освітленості, ЛМ;

$E_n$  – нормова освітленість, лк;

$S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>;

$Z(1,15)$  – коефіцієнт, що враховує відношення середньої освітленості;

$K_3$  – коефіцієнт запасу, ( $K_3=1,5$ );



$N$  – кількість ламп;

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку; коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta$  визначається за світлотехнічними таблицями. Для цього потрібно знайти індекс приміщення  $i$  та приблизно оцінити коефіцієнт відбивання поверхонь приміщення:  $I_c$  – стелі;  $I_{cm}$  – стін;  $I_p$  – робочої поверхні.

Індекс приміщення  $i$  знаходимо за формулою:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (5.2)$$

де  $S$  – площа ділянки цеху,  $m^2$ ;

$h$  – розрахункова висота (відстань від світильника до робочої поверхні),  $m$ ;

$A$  і  $B$  – довжина і ширина приміщення,  $m$ ; ( $S=80 m^2$ ;  $h=3,4 m$ ;  $A=4$ ;  $B=20 m$ )

$$i = \frac{80}{3,4 \cdot (8 + 10)} = 1,3$$

За таблицею знаходимо відповідні значення  $I$ :

$$I_c=70 \% ; I_{cm}=50 \% ; I_p=30 \% .$$

$$\Phi = \frac{300 \cdot 80 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{0,65} = 63692,3 \text{ лм.}$$

Необхідну кількість ламп визначаємо за формулою:

$$N = \frac{\Phi}{2 \cdot E_l}, \quad (5.3)$$

де  $E_l$  – світловий потік лампи;

$$N = \frac{63692,3}{2 \cdot 2105} = 15 \text{ шт.}$$

Приймаємо 16 штук.

Для освітлення автомата використовуємо лампи ЛД-40-4, які мають наступні технічні характеристики:

- світловий потік –  $E_l=2105$  ЛМ;
- довжина лампи –  $L=1,213$  м;
- потужність –  $P=40$  Вт;
- діаметр лампи –  $d=0,04$ .

Також використовуємо двохламповий світильник без перфорації з решіткою типу ЛДГ, що має такі характеристики:

- довжина – 1,3 м;
- ширина – 0,27 м.

Світильники розташовуємо в 2 ряди по вісім штук в кожному ряду. Відстань між рядами світильників розраховуємо за формулою:

$$L = \frac{8 - 2 \cdot 1,3}{2} = 2,7 \text{ м};$$

$$L = \frac{10 - 8 \cdot 0,27}{8} = 0,98.$$

## **5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **5.2.1 Стійкість роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях**

Цивільна оборона є складовою частиною соціальних та захисних заходів, які проводяться в мирний і воєнний час з метою захисту населення і народного господарства від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха і сучасних засобів ураження.

Цивільна оборона України організується за територіально-виробничим принципом на всій території і являє собою сукупність структур державного управління, підприємств, організацій і спеціально створених органів керівництва та сил цивільної оборони. Заходи цивільної оборони проводяться на всій території держави, як правило, з врахуванням особливостей кожного району.

Кабінет Міністрів України постійно приділяє увагу розвитку цивільної оборони, підвищенню її ролі у захисті населення, підвищенню її значення, визначає основні принципи її побудови, характер і обсяг завдань, що вирішуються.

Територіальний принцип полягає в організації цивільної оборони на території областей, міст і районів, сільських місцевостей відповідно до адміністративного поділу території. Згідно з цим, відповідальність за стан цивільної оборони на цих територіях несуть виконавчі органи влади, а

начальниками цивільної оборони, які безпосередньо здійснюють керівництво цивільною обороною є голови виконавчих органів влади.

Виробничий принцип полягає в організації цивільної оборони в кожній установі, підприємстві.

На цивільну оборону підприємства покладені такі основні обов'язки:

- оповіщення працівників та членів їх сімей при загрозі нападу, стихійного лиха і катастроф;
- забезпечення сховищами працюючої зміни, підтримка в сані постійної готовності захисних споруд і спеціальних споруд ЦО;
- проведення заходів, що забезпечують стійкість роботи об'єкту в мирний та воєнний час;
- створення, підготовка і підтримка в постійній готовності сил ЦО об'єкту.

Сучасний типовий комплекс промислового підприємства складають споруди і будівлі, в яких розміщуються виробничі цехи, верстатне і технологічне обладнання, будівлі енергетичного господарства, системи енергопостачання, інженерні і паливні комунікації, окремо розташовані технологічні установки, мережа внутрішнього транспорту, системи зв'язку і управління, складське господарство, різноманітні будівлі і споруди адміністративного, побутового і господарського призначення.

Принципами стійкості роботи промислового підприємства в надзвичайних ситуаціях є єдина нормативна і директивна база, яка включає:

- Конституцію України;
- Закон про цивільну оборону України;
- положення по цивільній обороні;
- нормативні документи по стійкості роботи об'єктів;
- директиви начальника штабу цивільної оборони України [16].

### **5.2.2 Оцінка стійкості роботи промислового підприємства**

Кожний об'єкт в залежності від особливостей його виробництва і інших характеристик має свою специфіку. Але об'єкти мають багато спільного:

виробничий процес здійснюється, як правило, в середині споруд і будівель, самі споруди в більшості випадків виконані з уніфікованих елементів, територія об'єкту насичена інженерними, комунальними і енергетичними лініями, густина забудови по багатьох об'єктах становить 30-60 %. Все це дає підставу вважати, що для всіх виробничих об'єктів, незалежно від профілю виробництва і призначення, характерні загальні фактори, які впливають на підготовку об'єкта до роботи в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу. До цих факторів належать: район розміщення об'єкту, внутрішнє планування і забудова території об'єкту, системи енергопостачання, технологічний процес, виробничий зв'язок об'єкту, системи управління, підготовленість об'єкту до відбудови виробництва та інше [17].

Район розміщення об'єкту вивчається за картою. Проводиться аналіз топографічного розміщення об'єкту: характер забудови території, яка оточує об'єкти; наявність на цій території підприємств, які можуть бути джерелами виникнення вторинних факторів ураження, природні умови навколишньої місцевості; наявність шляхів та інше.

При вивченні споруд і будівель об'єкту дається характеристика споруд основного і допоміжного виробництва; споруд, які не будуть використані у виробництві основної продукції в надзвичайних ситуаціях.

При оцінці внутрішнього планування території об'єкту визначається вплив густоти і типу забудови, можливість виникнення і розповсюдження пожежі, створення завалів входів у сховища і проходів між спорудами.

Вивчення технологічного процесу проводиться з розрахунком специфіки виробництва і змін у виробничому процесі в надзвичайних ситуаціях (можлива зміна технології, часткова зупинка виробництва, переключення на виробництво нової продукції) [16].

Дослідження системи управління об'єктів проводиться на основі вивчення стану пунктів управління і вузлів зв'язку, надійності системи управління виробництвом, надійності зв'язку з позаміською зоною, розстановки

сил, забезпечення керівництва виробничою діяльністю об'єкту в усіх підрозділах підприємства.

При аналізі системи матеріально-технічного постачання дається коротка характеристика цієї системи в нормальних умовах і можливих змін в зв'язку з переходом на випуск нової продукції, встановлюється залежність виробництва від постачальників, виявляються найбільш важливі поставки сировини, деталей і комплектуючих виробів, без яких виробництво не може продовжуватись.

Підготовка об'єкту до відбудови виробництва визначається на основі вивчення характеру виробництва, складності його устаткування, підготовленості персоналу до відбудовних робіт, запасів матеріалів, деталей та устаткування [16].

## ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто питання щодо обґрунтування параметрів процесу виготовлення хребтової балки та досліджено моделювання її напружено-деформівного стану.

Дослідження з моделюванням напружено-деформівного стану були проведені в програмному комплексі SolidWorks. Як показали дослідження, максимальне значення нормальних напружень  $\sigma_{\max} = 158 \text{ МПа}$  що є менше за границю текучості в 2,3 рази, а коефіцієнт концентрації напружень необроблених стикових швів не перевищує  $\alpha_k = 1.5$ , то умова міцності виконується. Прогини балки при навантаженні її 600000 Н становить 15 мм при довжині 12000 мм.

Проведені дослідження шляхом моделювання напружено-деформівного стану дозволили вдосконалити процес зварювання балки. Це дало змогу суттєво підвищити та покращити окремі показники технологічного процесу, а саме: підвищити рівень механізації окремих процесів, підвищити якість та ефективність складально-зварювальних операцій, що дозволить забезпечити отримання якісних зварних з'єднань.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 <http://www.kvsz.com/index.php/ua/>
- 2 Марочник сталей и сплавов: справочник / под ред. В.Г. Сорокина. - М.: Машиностроение, 1989, - 640 с.
- 3 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.
- 4 Кривов Г.О. Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Кривов, Г.О., Зворикін, К.О. – К.:КВІЦ, 2012. - 896 с.
- 5 Думов С.И. Технологияэлектрической сварки плавлением: учеб. / С.И. Думов. – Л.: Машиностроения, 1987. – 640 с.
- 6 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: учеб. / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977.– 432 с.
- 7 Сварочные материалы для дуговой сварки. Т2. Сварочная проволока и электроды: справочное пособие / под общей редакцией Н.Н. Потапова. – М.: Машиностроение, 1993. – 768 с.
- 8 <https://kzeso.com>
- 9 <https://www.starki.com.ua/lentochnopylnyj-stanok-special-700di-a-macc/#>
- 10[https://tvagonm.com.ua/catalog/oborudovanie\\_dlya\\_proizvodstva\\_poluvagonov/liniya\\_dlya\\_svarki\\_prodolnykh\\_shvov\\_khrebtovykh\\_balok\\_lyukovogo\\_poluvagona/](https://tvagonm.com.ua/catalog/oborudovanie_dlya_proizvodstva_poluvagonov/liniya_dlya_svarki_prodolnykh_shvov_khrebtovykh_balok_lyukovogo_poluvagona/)
- 11 <http://www.vnz.com.ua/index.php/oborudovanie-dlya-vagonostroeniya-left/konduktora>
- 12 ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження.Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги,методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання».
- 13 Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. посібник / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005. - 268 с.
- 14Гитлевич А.Д., Этингоф Л.А. Механизация и автоматизация сварочного производства. - М.: Машиностроение, 1972. – 280 с.

- 15 Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві Навчальний посібник. / О.Г. Левченко – К.: Основа, 2010. – 240 с.
- 16 Стеблюк М.І. С79 Цивільна оборона. Підручник. – К.: Знання, 2006 – 487 с.



## **ДОДАТКИ**