

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(назва факультету)

Кафедра технології і обладнання зварювального виробництва  
(повна назва кафедри)

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

**магістр**

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення  
рами ескаватора на базі КамАЗу з моделюванням її напружено-деформівного стану.

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МЗм-61  
спеціальності (напряму підготовки) \_\_\_\_\_

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

\_\_\_\_\_ Кравець П.С.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ Підгурській М.І.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ Пулька Ч.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_ Сташків М.Я.  
(підпис) (прізвище та ініціали)





## РЕФЕРАТ

Магістерська дипломна робота, на тему: «Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення рами ескаватора на базі КамАЗу з моделюванням її напружено-деформівного стану» складається із 8 частин розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 116-аркушів формату А4 та графічної частини об'ємом 11 аркушів формату А1

Записка складається із таких частин: аналітичний, науково-дослідницький, технологічний, конструкторський, САПР у зварюванні, організаційно-економічний, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, екологія.

Мета дипломного проекту – підвищення продуктивності праці і якості продукції.

Запропоновано: технологію напівавтоматичного зварювання рами; розраховано параметри режиму зварювання; запропоновано раціональне устаткування і пристосування; проведено дослідження впливу параметрів режиму зварювання на структуру і механічні властивості металу шва; проведено розрахунки з організаційно-економічних питань; розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, екології.

Ключові слова: НАПІВАВТОМАТ, АВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ, УСТАТКУВАННЯ, ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ДРІТ, ВУГЛЕКИСЛИЙ ГАЗ, САПР, ОСВІТЛЕННЯ, ОХРОНА ПРАЦІ, НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Опис конструкції зварного виробу .....	8
1.2. Вимоги до конструкції виробу .....	11
1.3 Аналіз існуючих технологій виготовлення.....	15
2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	19
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	46
3.1 Обґрунтування способу зварювання.....	46
3.2 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення виробу .....	66
3.3 Нормування витрат зварювальних матеріалів та електроенергії.....	70
4. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	75
4.1.Обґрунтування зварювального пристосування .....	75
4.2.Розрахунок елементів зварювального пристосування .....	77
4.3. Принцип роботи зварювального пристосування .....	88
5.СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА .....	91
6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	94
7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	102
7.1 Вимоги до стійкості функціонування промислового підприємства.....	102
7.2 Характеристика і аналіз потенційних небезпек і шкідливостей в цеху .....	102
7.3 Шляхи збереження працездатності і підвищення продуктивності праці в зварювальному виробництві.....	104
7.4 Розрахунок штучного освітлення для цеху з використанням люмінесцентних чи ламп розжарювання.....	106
8 ЕКОЛОГІЯ.....	109
8.1 Охорона навколишнього середовища.....	109
8.2 Забруднення довкілля, що виникли в результаті виготовлення рами ескаватора та заходи по їх зменшенню.....	109
Висновки.....	114
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	115
ДОДАТОК .....	117

## ВСТУП

Зварювання - процес отримання нероз'ємного з'єднання двох матеріалів за рахунок нагрівання і плавлення в стовпі дуги основного матеріалу і присадкового для отримання рівномірного з'єднання з основним матеріалом. Зварюють не тільки різні метали між собою, але й метали з неметалевими матеріалами. За допомогою зварювання можна з'єднувати різні марки сталі, чавуну, сталь з кольоровими і легкими металами, а також сталь зі склом, керамікою або іншими матеріалами.

Розвиток багатьох галузей промисловості багато в чому залежить від успіхів зварювальної науки і техніки. Зварювання є одним з провідних технологічних процесів в промисловому будівництві і суднобудуванні, в машинобудівній промисловості, енергетичному, хімічному і нафтовому машинобудуванні, в авіа- і ракетобудуванні.

При виготовленні зварних конструкцій і виробів з металевих матеріалів знаходять широке застосування різні способи зварювання (ручне електродугове, автоматичне під флюсом, в середовищі захисних газів, що не плавиться і плавиться електродами, електрошлакове, електроннопроменеве, контактне ).

Зусиллями вітчизняних і зарубіжних дослідників досягнуті чудові успіхи в області створення нових і вдосконалення вже існуючих способів зварювання.

В серійному виробництві виготовлення зварних конструкцій відбуваються в спеціалізованих цехах або заводах металевих конструкцій машинобудівних заводів крано-будівельних, вагонобудівних, заводах, що виготовляють прокатне устаткування.

В цей час зварні конструкції застосовуються в багато де а саме при виготовленні сільськогосподарських машин, вагонів, тепловозів, виготовленні тракторів, автомобілів, електровозів, котлів, турбін, підйомних кранів.

Рама - одна з найбільш відповідальних, матеріаломістких і дорогих систем обладнання. Неповоротна частина машини, складається з виносних опор. Конструкція являє собою штампо-зварну конструкцію. Основними елементами

рами є дві подовжні прямокутні профільні труби (балкі) ,з'єднані поперечками з профільною трубою або перемичками .

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Опис конструкції зварного виробу

В роботі розглядається рама ескаватора ЕОВ – 4421. Вона входить в склад ескаваторної машини яка призначена для земляних, та навантажувально-розвантажувальних робіт ,а також ліквідації надзвичайних ситуацій.Базовою частиною ескаватора для його переміщення є ходова КрАЗ-255, вага всієї машини 20т, грузопідйомність близько 3,2т, а глибина копання 3,3м, зображено загальний вигляд на рис. 1.1.Головною несучою системою незалежно чи грузовий автомобіль або ескаватор є рама. Несуча система служить для витримування різного типу навантажень, деформацій, встановлення і кріплення всіх інших частин.

Рама - одна з найбільш відповідальних, матеріаломістких і дорогих систем обладнання. Неповоротна частина екскаватора, складається з додаткової рами та виносних опор. Конструкція являє собою штампо-зварну конструкцію. Основними елементами рами є дві подовжні прямокутні профільні труби 400x200x8мм, 2 з'єднані поперечками з профільною трубою 220x120x6мм 1. На кожній подовжній балці закінчуються з двох сторін кронштейнами 3, вся конструкція виготовляється з низьковуглецевої і низьколегованої сталі 09Г2С на їх закріплюють виносні опори з гідроциліндрами.



Рис. 1.1. Загальний вигляд екскаватор ЭОВ-4421 на ходова КрАЗ-255[1]

Маса рами становить 1200 кг.



З метою забезпечення міцності і жорсткості - раму виготовляємо із низьколегованої та низьковуглецевої сталі марки 09Г2С. Виріб складається із:

- 1) поперечок 220x120x6мм, 2) профільних труб (балок) 400x200x8 мм;
- 3) кронштейни 4шт .

Габаритні розміри рами: довжина -4380мм та висота 1100мм ширина 1768мм.

При виготовленні рами використовується кутове, стикове з'єднання, без скосу кромки ГОСТ14771 – 76 УП Δ6[2]

Загальний вигляд рами представлено на рисунку.1.2

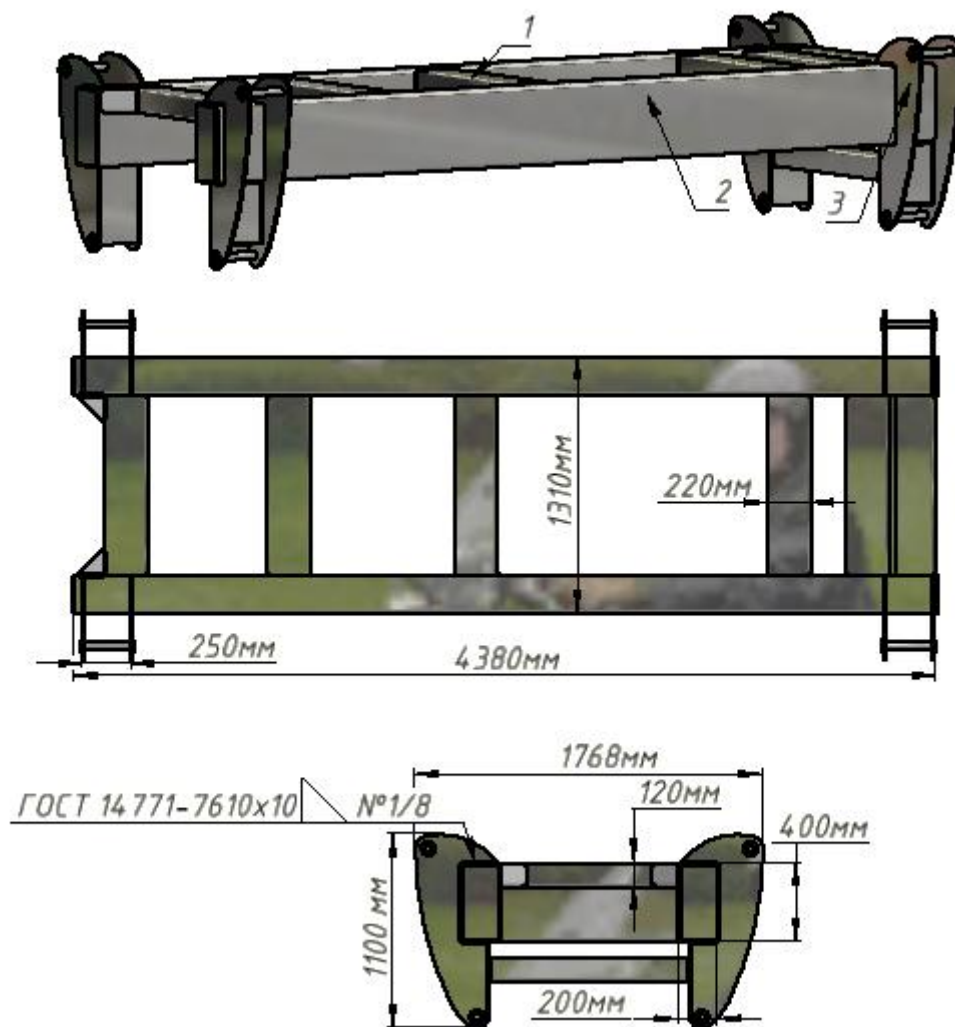


Рисунок 1.1- Загальний вигляд рами ескаватора ЭОВ – 4122

Раму ескаватора ЕОВ-4122 виготовляємо з маловуглецевої низьколегованої сталі марки 09Г2С, хімічний склад та механічні властивості приведені в таблицях 2.1 і 2.2.

09Г2С це низьколегована маловуглецева якісна сталь. Вона володіє збільшеною механічною міцністю, стійкістю і легкістю, має стійкість до мінусових температур 70 та плюсових 450, її можна зварювати без підігріву.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі 09Г2С у % заГОСТ 19281-89 [3, с.138]

С	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S
			Не більше				
0.09	0,2 - 0,7	1,4-1,5	0,3	0,3	0,3	0,035	0,035

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 09Г2С за ГОСТ19281-89 [3, с.138]

Переріз, мм	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %
До 20	Не менше		
	325	470	21

Легуючі елементи впливають на показники зварюваності сталей. З збільшення вмісту легуючих елементів і вуглецю, і міцність конструкції слабшає, зварні з'єднання стають підатливі до холодних тріщин.

Здатність з'єднаних металів утворювати при зварюванні якісне зварне з'єднання називають їх зварюваністю. Зварюваність - комплексна характеристика металу, яка характеризує його реакцію на фізико – хімічну дію процесу зварювання та здатність утворювати зварні з'єднання, які відповідають вимогам.

До критеріїв зварюваності відносять:

- здатність чинити опір холодним тріщинам;
- здатність чинити опір утворенню гарячих тріщин;
- чутливість металу до теплової дії зварювання;
- чутливість до утворення пор.

Схильність сталі 09Г2С до утворення якісного зварного з'єднання, тобто її зварюваність, визначаємо, виходячи із еквіваленту вуглецю, який визначаємо за формулою:

$$C_{\text{екв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{10} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{15} + \frac{V}{14} + 5B \quad [3, \text{с. 433}] \quad (1.1)$$

Де символи хімічних елементів означають їх вміст в сталі, %.

$$C_{\text{екв}} = 0.09 + \frac{1.4}{6} + \frac{0.5}{24} + \frac{0.30}{10} + \frac{0.30}{5} + \frac{0.30}{15} = 0.45 \quad \%$$

Оскільки  $C_{\text{екв}} > 0.45$ , то сталь 09Г2С схильна до утворення холодних тріщин і має задовільну зварюваність. Дана сталь зварюється практично всіма способами зварювання плавленням. При розумно обґрунтованих режимах шви володіють задовільною стійкістю проти утворення тріщин.

## 1.2. Вимоги до конструкції виробу

Рама ескаватора не зважаючи на характер навантаження працює потійно (статичні, динамічні, повторно змінні), температурні умови, сейсмічність, агресивність середовища тому є вимоги до конструкції:

- Повинна забезпечувати надійність, конструкційну міцність і стійкість до різних навантажень;
- Повинна бути забезпечена міцність та пластичність металу зварних швів не нижче відповідних властивостей основного металу тому що ескаватор працює в різних кліматичних умовах так як холод і в рамі можуть відбуватися напруження які можуть призвести до руйнування рами;
- Забезпечити корозійну стійкість шву та його герметичність;
- Шви повинні мати плавний перехід до основного металу;
- Конструкція має бути зачищена та пофарбована без зовнішніх пошкодження покриття фарби.
- Повина відповідати всім остальним вимогам зазначеним в ГОСТ 26980-95

[5].

Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів, які використовуються для виготовлення зварної рами.

Для отримання високо міцної конструкції потрібні якісні зварні швіви. Щоб їх отримати треба якісні напівфабрикати - це труба профільна; листи металу; зварний дріт; захисний газ. Матеріали, що постачаються на складання рами, повинні мати сертифікати заводу-постачальника або супроводжувальні паспорти та відповідати технічним вимогам труби профільної сталеві. Якщо таких немає проводять експертизу металу на хімічний склад та фізичні та механічні властивості за способом беруть зразки матеріалу та зварюють в зразки та випробовують. Як зразки відповідають вимогам їх приймають на виробництві в роботу якщо по якихось причинах ні відтправляють назад або списують.

Напівфабрикати відповідають таким вимогам:

- на поверхні не допускаються глибокі тріщини, розслоювання металу;
  - геометричний розміри труб повинні відповідати стандартам ;
- якщо профільна труба була деформована і не перевищує допусків то її виправляють вальцями ;
- труба повина бути очищена від окалини на поверхні;
- кінці труб повинні бути обрізані під прямим кутом;
  - на трубі не повинно бути вм'ятин , великої корозії;
- напівфабрикати повинні виготовлятися чітко по розмірах вказаних на креслені ;
- товщина металу повна бути однорідна без явних на око усадок.

Так само велику увагу приділяють зварювальним матеріалам .

Він повинен бути чистий без різних шкідливих домішок та вологий. Так само зварювальний дріт постачають в бухтах по 15кг в вакуумній упаковці або може бути упакована в спеціальну бумагу виборочно перевіряють на чистоту поверхні

та зварюють зразки для контролю на випробування після того, він повинен зберігатися в умовах, що виключають можливість його забруднення та окислення.

#### Вимоги до геометричності форми та розмірів

Ставлять такі вимоги до геометричної форми та розмірів виробу:

- Під точністю виготовлення розуміють ступінь відповідності величини, розміру, форми, розміщення і шорсткості певної поверхні виготовленого виробу до тих самих параметрів, які задані на кресленні деталі.

- Основною вимогою є дотримання розмірів деталей у відповідності з кресленням в межах допусків.

- Зварювання допоміжних елементів слід проводити відповідно вказаних на кресленні.

- чітким дотриманням технології вимог, правил та послідовність виготовлення для попередження виникнення напружень і деформацій

- довжина прихваток повинна бути не менше 4см ;

- ширина стикового шва не повинна перевищувати 12мм а підсилення 1,5мм;

- катет шва в таврових з'єднаннях повинен бути 12мм з підсиленням не більше 2мм.

#### Вимоги до зварних з'єднань

Щоб конструкція була міцна залежить від багатьох речей, а саме, головне від якісного зварного шва. Зовнішній вигляд, міцність шва, залежить від багатьох факторів так як від різних способів зварювання, так і просторового положення, в якому виконується зварювання.

І щоб отримати гарний, міцний зварний шов ставлять такі вимоги:

- міцність зварного шва повинна відповідати ідентично основному металу;

- зварювання повинно виконуватись тільки на джерелі постійного струму;

- форми і розміри швів потрібно дотриматися згідно з технічних умов, вказаних на кресленнях  $\pm 2$  потрібно отримувати зварний шов приблизно середнього значення можна і менше щоб не було надлишкових напружень;
- забезпечити всі умов для зварного шва, щоб досягти до дрібнозернистості структури первинної кристалізації;
- при використанні основних і зварювальних матеріалів потрібно використовувати мінімальним вмістом сірки і фосфору;
- зварний шов повинен плавно переходити на основний метал;
- на початку зварювання починаємо запалювати дугу на більш товстому металі і переносити на тонший для того щоб не пропалити ;
- глибина підрізів основного металу не повинна перевищувати 0,1мм - при товщині сталі від 6мм та при сталі 10мм , 0.2мм ;
- не допускається залишати не зварані кратери;
- не допускаються дефекти такі як пори, свищі, тріщини, непровари 5%, усилення шва більше  $\pm 2$  та прослаблення, шлакові влючення , пропал металу шва , усадка ;
- допускається на 1м шва по 5 пор не більше 0,2мм не ближче 60мм одна до одної;
- тріщина повинна бути засверлена з кожного краю, 15мм від кінця тріщини сверлом 6мм;
- більший катет допускається на товстішу кромку металу до 1,5мм;
- при зварюванні стикових швів повинен бути зазор 1мм з похибкою  $\pm 0,5$ мм;
- в тавровому з'єднанні зазор 1,5мм ;
- якість зварних з'єднань повинно відповідати ДБН В 2.6-163:2010 [4].

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

Вимоги до складання

Основними вимогами при складанні виробу є:

- складання деталей та вузлів під зварювання має здійснюватись у

спеціальних складально-зварювальних пристосуваннях, стендах або установках, які забезпечують виготовлення зварних рам вцілому;

- для визначення базових розмірів складально-зварювальних пристосувань, установок та стендів необхідно врахувати деформації, що виникають при зварюванні ферм ;

- легкий доступ до місця зварювання;

- можливість зварювання у всіх положенні;

- розміщення зварних швів на ділянках, які не зазнали значних пластичних деформацій при попередніх технологічних операціях;

- можливість одержання заданих кресленням розмірів та забезпечення їх контролю;

- прихоплення елементів рами повинно виконуватись тільки в тих місцях та у тій послідовності, що передбачено технологічним процесом;

- при виконанні складання під зварювання, основний метал в місцях зварювання повинен бути зачищений від іржі, мастила, вологи, окалини та інших забруднень, які можуть призвести до утворення дефектів в зварних з'єднаннях.

Вимоги до якості зварного виробу .

Якість даного зварного виробу забезпечується при виконанні наступних вимог:

- при проектуванні даної конструкції необхідно проводити її дослідження на технологічність;

- дотримання параметрів режиму зварювання;

- забезпечити необхідну точність складання;

- при виконанні зварювальних робіт застосовувати тільки якісні матеріали;

- контроль якості зварювання проводити відповідними методами контролю;

- не допускається наявність дефектів у зварних з'єднаннях.

### **1.3 Аналіз існуючих технологій виготовлення**

Рамна конструкція представляє собою систему жорстких зварних з'єднаних профелів та кронштейнів. Виготовлення зварювальної рами, за звичай, це

трудомісткий процес в йому заключається багато факторів так як габарити конструкції та її вага ,відіграють велику роль враховуючи кількість деталей та їх розміри.Має бути хороший доступ для зварювання , зачищення , контролю , та покраски .

Розглянемо кожен із можливих способів технологій виробництва, а саме, виготовлення рами на стелажах, у спеціалізованому кондукторі, або у кільцевому кантувачі:

#### *Виготовлення рами на стелажах:*

Технологічний процес виготовлення рами відбувається на стелажах з допоміжними інструментами. Кожна деталь кладеться по черзі на стіл закріплюється струбцинами заміряється правильність розміщення кожного елемента далі встановлюються прихватки в місцях де зазначено на креслені. Для зварювання та прихвачування використовується напівавтоматичний спосіб в  $CO_2$  на постійному струмі. Після того складають решту поперечок, та прихвачують, тоді робимо перевірку правильності складання згідно за розмірами . Проводимо зварювання зібраного на прихватки вузла , після того розмічаємо за креслення місце положення кронштейнів та починаємо . Далі встановлюємо деталі фіксуємо струбцинами та поступов прихвачуємо і так з кожним елементом по черзі поки не складуть раму потім проводимо повне зварювання . Після зварювання проводять зачищення всі шви, проходять контроль якості зварних зеднань *та транспортують* готову конструкцію на склад

#### *Виготовлення рами на спеціалізованих кондукторах*

Технологічний процес виготовлення рами починається з того що спочатку деталі виправляються зачищаються далі проводять розмічання згідно кресленню, та ріжуть на деталі стрічковою пилкою . Кожна деталь вкладається в кондуктор по черзі прижимається притискачами. Виконуємо прихвачування напівавтоматом в середовищі  $CO_2$  прихватки встановлюємо в місцях згідно за кресленням . Далі встановлюємо ще кілька деталей прижимаємо притискачами та робимо прихвачування і так доки поки не збиремо весь вузол .Після того зварюємо по можливості з всіх сторін та перекидаємо на іншій кондуктор прижимає



притискачами далі виконуємо повне зварювання. Кронштейни заздалегіть збирають в кондукторі та зварюють. По черзі встановлюють вуха кронштейна та притискають притискачами, далі всі інші деталі, та прихвачують після прихваток виріб повністю обварюють. Встановлюють кронштейни на раму та притискають після того роблять прихвачування і так з кожною деталлю проводимо повне зварювання. Після закінчення зварювальних робіт шви зачищають, потім проводимо контроль якості зварних швів далі рама відправляється на склад .

#### *Виготовлення рами в кільцевому кантувачі*

Технологічний процес виготовлення рами залежить від серійного виробництва коли серійне виробництво воно потребує полегшення праці, збільшити темп випуску продукції , покращити якість зварних швів та дотриматися точності розмірів виробу . Для того використовується технологія виробництва в кільцевому кантувачі . Спочатку деталі вкладаються в кондуктор до упора да по черзі притискаються притискачами. Для зварювання та прихвачування во використовуємо напівавтомат в СО<sub>2</sub> робимо прихвачування згідно кресленню після того довстановлюємо поперечки і так робимо з кожною деталлю доки повністю не зберемо виріб. Далі виріб перегружають з кондуктора на кільцевий кантувач зафіксують після того роблять повне зварювання швів з всіх сторін .

Деякі вузли як кронштейн виготовляють в кондукторі по чергово встановлюють перші деталі прижимають та фіксують далі виставляють всі інші частини та прихвачують роблять перевірку розмірів та чекають охолодження прихваток щоб уникнути деформацію . Далі кронштейни встановлюють на раму прижимають перевіряють розміри далі прихвачують і роблять повне зварювання рами . Після закінчення зварювальних робіт шви зачищають від бризг, потім проводять контроль якості зварних швів далі рама відправляється на склад .

#### Недоліки існуючих технологічних процесів

- В існуючих технологічних процесах існують такі недоліки:
- витрачається багато часу на маніпуляції з перевертанням рами для повного зварювання ;
- неточність розмів зварної конструкції ;

- у складальних стендах застосовуються багато ручної праці;
- не висока якості зварних швів;
- затрата багато часу на зварювання в різних просторових положеннях.

Ці недоліки можна усунути наступним чином:

- необхідно впровадити у виробництво більш нове обладнання;
- підібрати і встановити джерела живлення, що забезпечують кращий режим зварювання;
- підібрати максимально правильні параметри режиму зварювання;
- в якості захисного газу застосовувати суміш газів  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ ;
- встановити клавішні пневматичні притискачі;
- застосувати сучасне зварювальне пристосування ;
- модернізувати або покращити пристосування..

## 2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

### Моделювання напружень деформованого стану ( НДС ) рами ескаватора

Моделювання проводимо в програмі Autodesk Inventor Professional. Дана САПР використовується для моделювання цифрових прототипів металоконструкцій з метою вивчення поведінки виробу. Програма забезпечує повний цикл проектування та допомагає створювати конструкторську документацію . Дана САПР суміжна з ОС Windows 7. Для моделювання застосовували програмний комплекс Inventor 2015 року випуску у ньому був створений цифровий прототип зварювальної рами ескаватора з зварними швами матеріал рами низьколегованої сталі 09Г2С. [27]

Загальний вигляд ескаватора ЕОВ-4421 придставлений на рис 2.1



Рисунок 2.1 - Загальний вигляд ескаватора ЕОВ-4421

Моделювання проводимо з метою дослідження НДС рами ,в тому числі у зонах зварних швів оскільки проводим обстеження прораховується рис 2.2 та рис2.3 численні пошкодження та розвивають тріщини в рамах.

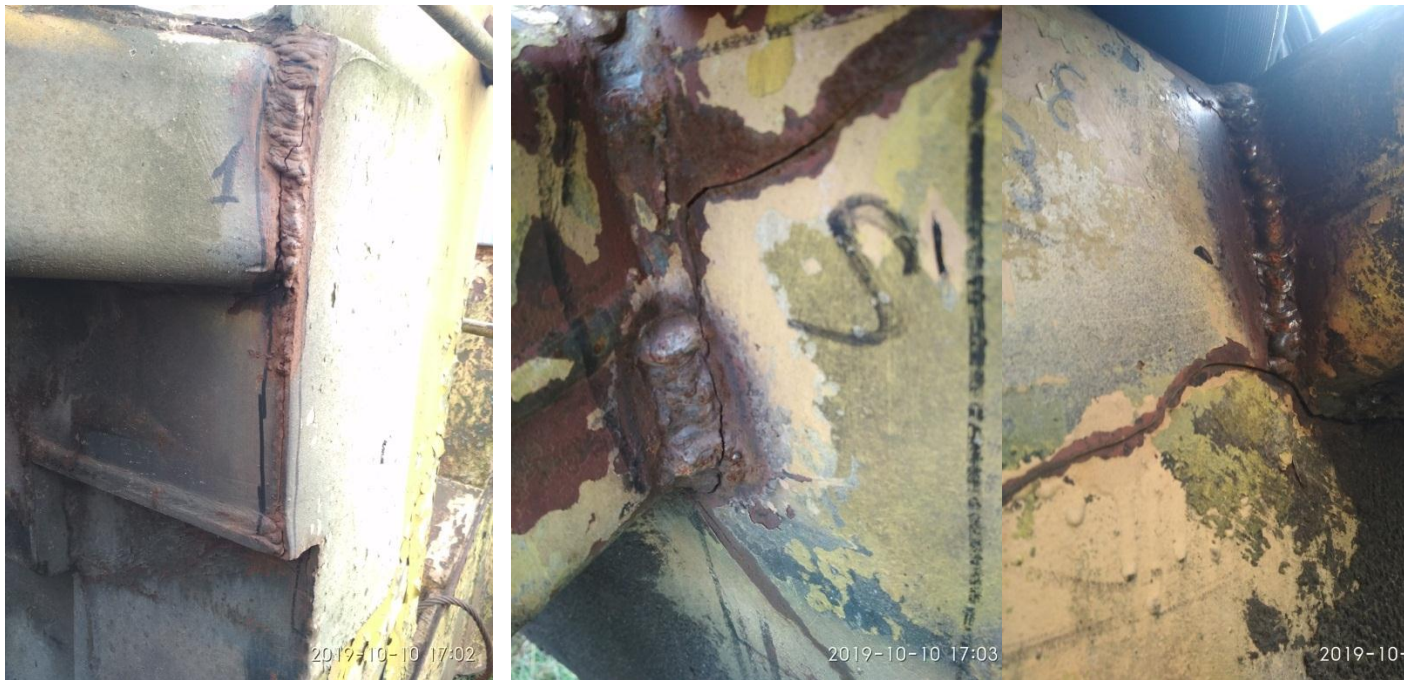


Рисунок 2.2- Загальний вигляд дефектів рами ескаватора



Рисунок 2.3- Загальний вигляд дефектів рами ескаватора

На рис. 2.4 створена модель рами ескаватора ЕОВ - 4421, виконана в Inventor.



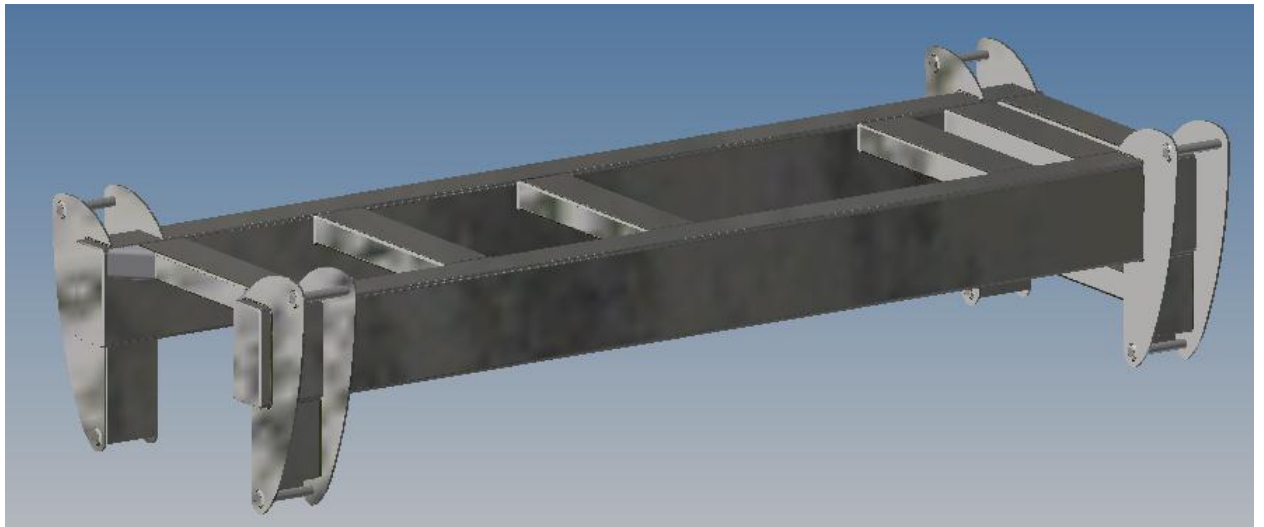
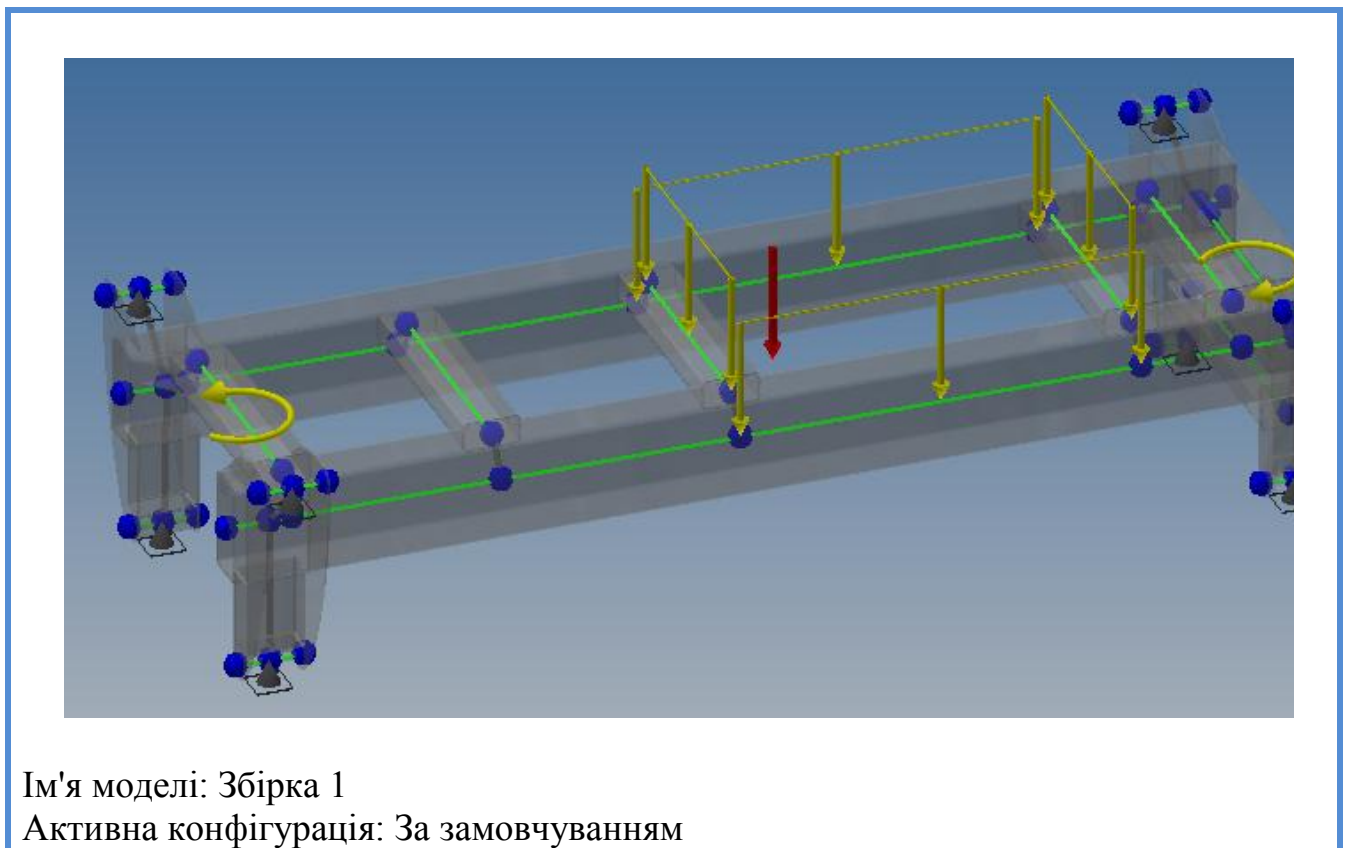


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд моделі рама ескаватора EOB – 4421

Приклад навантаження представлений на рис. 2.5

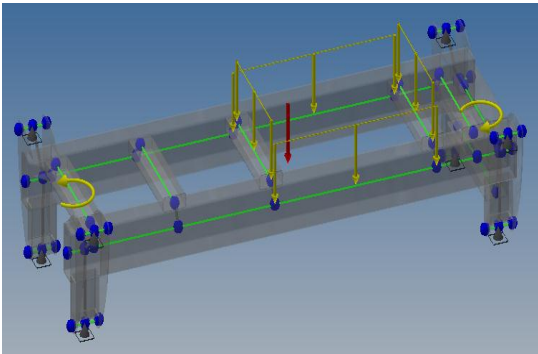


Ім'я моделі: Збірка 1

Активна конфігурація: За замовчуванням

Рисунок 2.5 - Приклад навантаження

Таблиця 2.1 – Розрахункова схема рами Inventor

Тверді тіла			
Ім'я і посилання документу	Розглядається як	Об'ємні властивості	
	Тверде тіло	маса	1096,146 кг
		Площа	367712,695 мм <sup>2</sup>
		обсяг	1,000 мм <sup>3</sup>
		Центр ваг	x=-143,985 мм y=-400,146 мм z=-226,855 мм

У таблицях. 2.2 приведено основні вихідні дані для моделювання НДС рами

Таблицях. 2.2 - Приведені основні вихідні дані

Тип моделювання	Статичний аналіз
Дата останньої зміни	29.11.2019,

#### Опис властивостей матеріалів

Ім'я	Сталь, високоміцна, низколегированная		
Загальні	Масова щільність		7,850 г/см <sup>3</sup>
	Межа плинності		275,800 МПа
	Остаточний межа міцності розтягування		448,000 МПа
Навантаження	Модуль Юнга		200,000 ГПа
	Коефіцієнт пуассона		0,287 бр
Імена деталей	ISO	400x200x8	00000001.ipt
	ISO	400x200x8	00000002.ipt
	ISO	400x200x8	00000003.ipt
	GOST		00000004.ipt

	GOST	00000005.ipt
	GOST	00000006.ipt
	GOST	00000007.ipt
	GOST	00000008.ipt
	GOST 00000001.ipt	
Ім'я	Сталь, легована	
Загальні	масова щільність	7,730 г/см <sup>3</sup>
	межа плинності	250,000 МПа
	Остаточний межа міцності розтягування	400,000 МПа
Навантаження	модуль Юнга	205,000 ГПа
	Коефіцієнт Пуассона	0,300 бр
Імена деталей	ISO 40 00000003.ipt	

#### Поперечний (і) перетин (я)

Властивості геометрії	Перетин (A)	9124,248 мм <sup>2</sup>
	Ширина перетину	200,000 мм
	Висота перерізу	400,000 мм
	Центр мас перетину (x)	100,000 мм
	Центр мас перетину (y)	200,000 мм
Механічні властивості	Момент інерції (Ix)	189744177,129 мм <sup>4</sup>
	Момент інерції (Iy)	65170803,093 мм <sup>4</sup>
	Момент опору крученню (J)	158200000,000 мм <sup>4</sup>
	Момент опору перетину (Wx)	948720,886 мм <sup>3</sup>
	Момент опору перетину (Wy)	651708,031 мм <sup>3</sup>
	Момент опору перетину крученню (Wz)	1133000,000 мм <sup>3</sup>
	Зменшіть площинах Зсув (Ax)	2864,405 мм <sup>2</sup>
	Зменшена площину зсуву (Ay)	5175,044 мм <sup>2</sup>
Імена деталей	ISO 400x200x8	00000001.ipt
	ISO 400x200x8	00000002.ipt
	ISO 400x200x8	00000003.ipt

Властивості геометрії	Перетин (A)	3812,389 мм <sup>2</sup>
	Ширина перетину	220,000 мм
	Висота перерізу	120,000 мм
	Центр мас перетину (x)	110,000 мм
	Центр мас перетину (y)	60,000 мм
Механічні властивості	Момент інерції (Ix)	9411776,202 мм <sup>4</sup>
	Момент інерції (Iy)	24014901,597 мм <sup>4</sup>
	Момент опору крученню (J)	19252064,526 мм <sup>4</sup>
	Момент опору перетину (Wx)	156862,937 мм <sup>3</sup>
	Момент опору перетину (Wy)	218317,287 мм <sup>3</sup>
	Момент опору перетину крученню (Wz)	0,000 мм <sup>3</sup>
	Зменшена площину зсуву (Ax)	2131,776 мм <sup>2</sup>
	Зменшена площину зсуву (Ay)	1267,967 мм <sup>2</sup>
Імена деталей	GOST	00000004.ipt
	GOST	00000005.ipt
	GOST	00000006.ipt
	GOST	00000007.ipt
	GOST	00000008.ipt
	GOST 00000001.ipt	

Властивості геометрії	Перетин (A)	1256,637 мм <sup>2</sup>
	Ширина перетину	40,000 мм
	Висота перерізу	40,000 мм
	Центр мас перетину (x)	20,000 мм
	Центр мас перетину (y)	20,000 мм
Механічні властивості	Момент інерції (Ix)	125663,706 мм <sup>4</sup>
	Момент інерції (Iy)	125663,706 мм <sup>4</sup>
	Момент опору крученню (J)	251327,412 мм <sup>4</sup>
	Момент опору перетину (Wx)	6283,185 мм <sup>3</sup>
	Момент опору перетину (Wy)	6283,185 мм <sup>3</sup>
	Момент опору перетину крученню (Wz)	12566,371 мм <sup>3</sup>



	Зменшена площину зсуву (Ax)	942,478 мм <sup>2</sup>
	Зменшена площину зсуву (Ay)	942,478 мм <sup>2</sup>
Імена деталей	ISO 40 00000003.ipt	

### Технічний стан

Тип та величини навантаження а також опорні реакції наведені в тал. 2.3

Таблиця 2.3 - Сила тяжіння

Тип навантаження	Сила тяжіння
Величина	9810,000 мм/с <sup>2</sup>
Напрямок	Z-

Таблиця 2.4 - Розподілена навантаження №1 №2: візуально зображено на рис. 2.6 та 2.7

Тип навантаження	Розподілена навантаження
Величина	30,000 Н/мм
Система координат балки	Нет
Кут площині	0,00 град
Кут в площині	180,00 град
Qx	0,000 Н/мм
Qy	0,000 Н/мм
Qz	-30,000 Н/мм
Зсув	0,000 мм
Довжина	910,000 мм
Кінцева величина	30,000 Н/мм

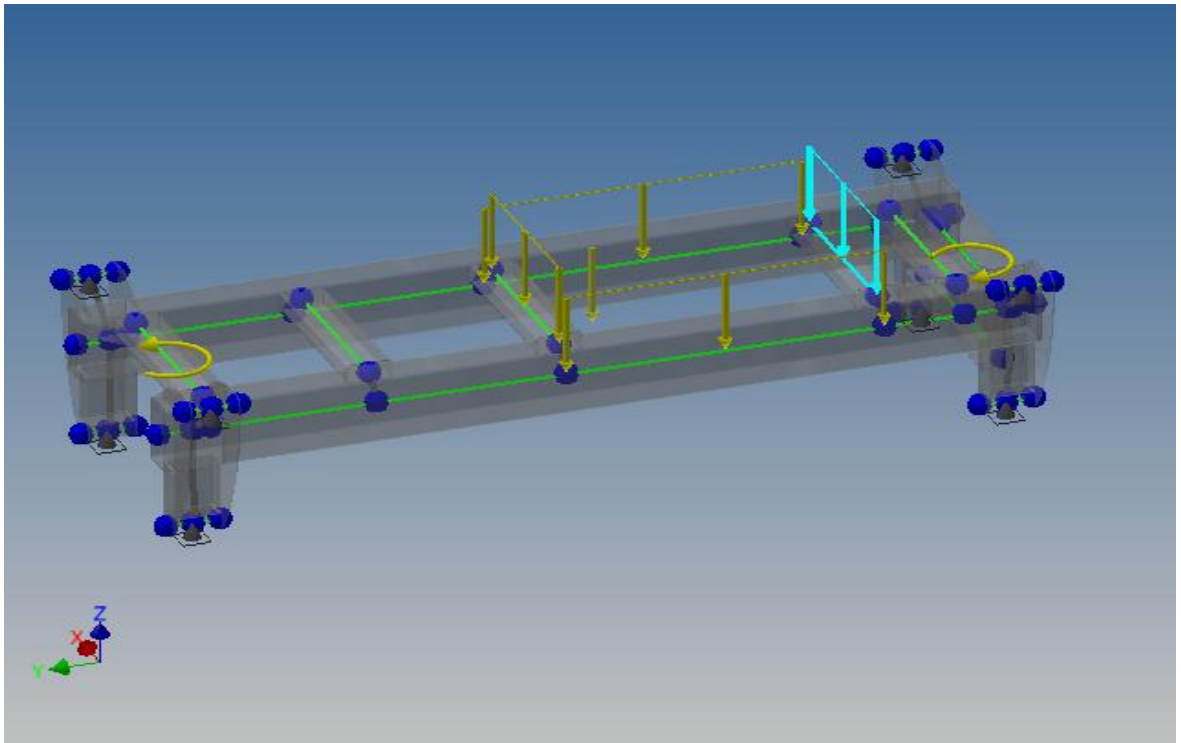


Рисунок 2.6- Зорожено навантаження № 2

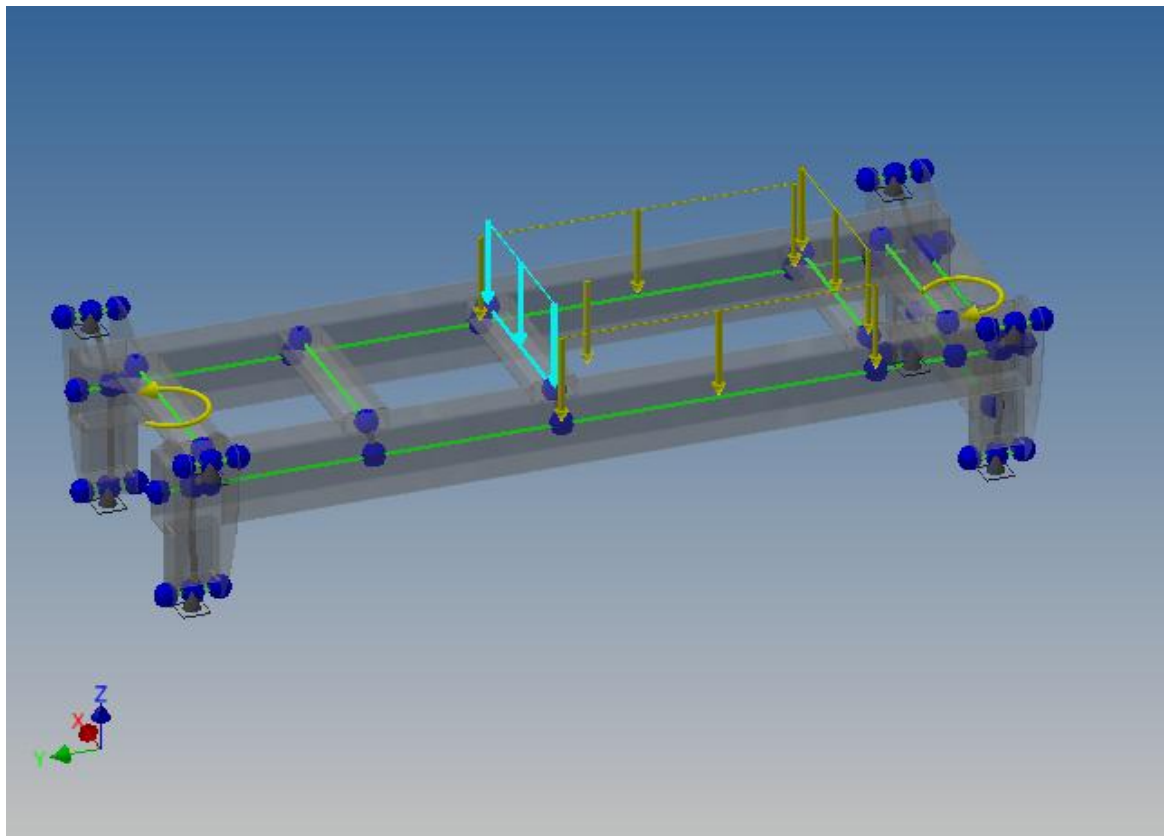


Рисунок 2.7- Зорожено навантаження №1.

Таблиця 2.4 - Розподілена навантаження: №3 №4 візуально зображено на рис.

2.8 та 2.9

Тип навантаження	Розподілена навантаження
Величина	58,000 Н/мм
Система координат балки	Нет
Кут площині	90,00 град
Кут в площині	180,00 град
$Q_x$	0,000 Н/мм
$Q_y$	0,000 Н/мм
$Q_z$	-58,000 Н/мм
Зсув	750,000 мм
Довжина	1590,000 мм
Кінцева величина	58,000 Н/мм

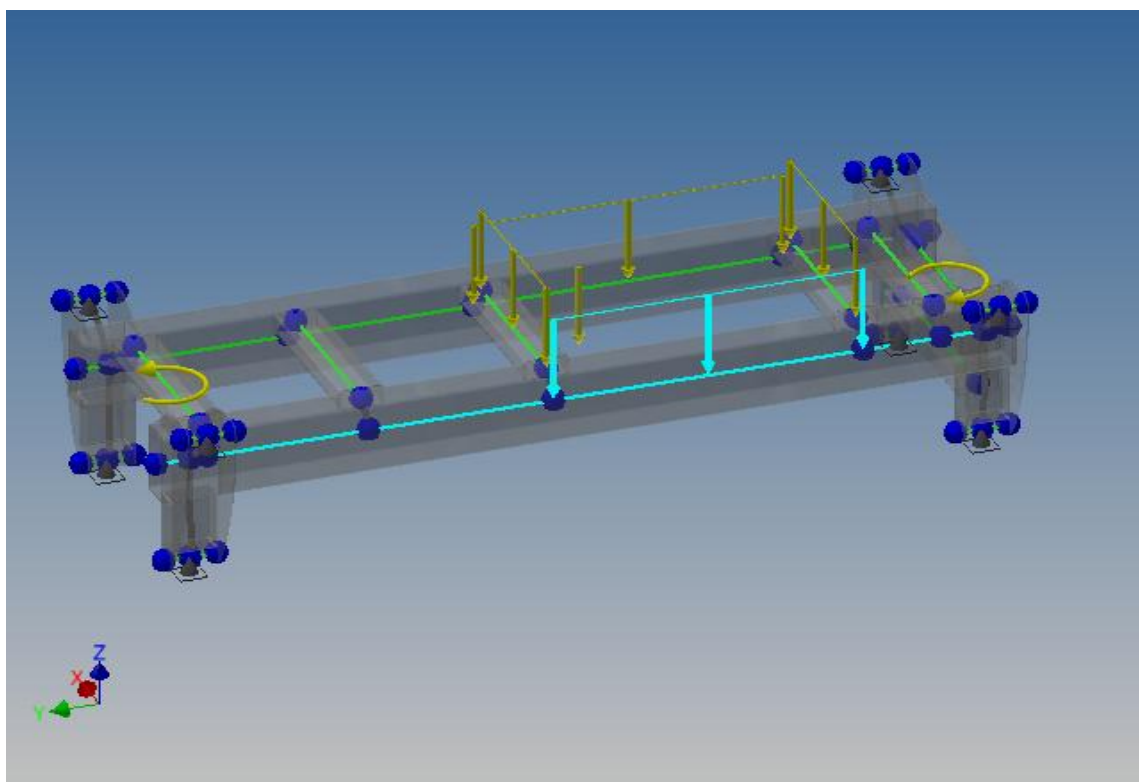


Рисунок 2.8- Зоржено навантаження №3

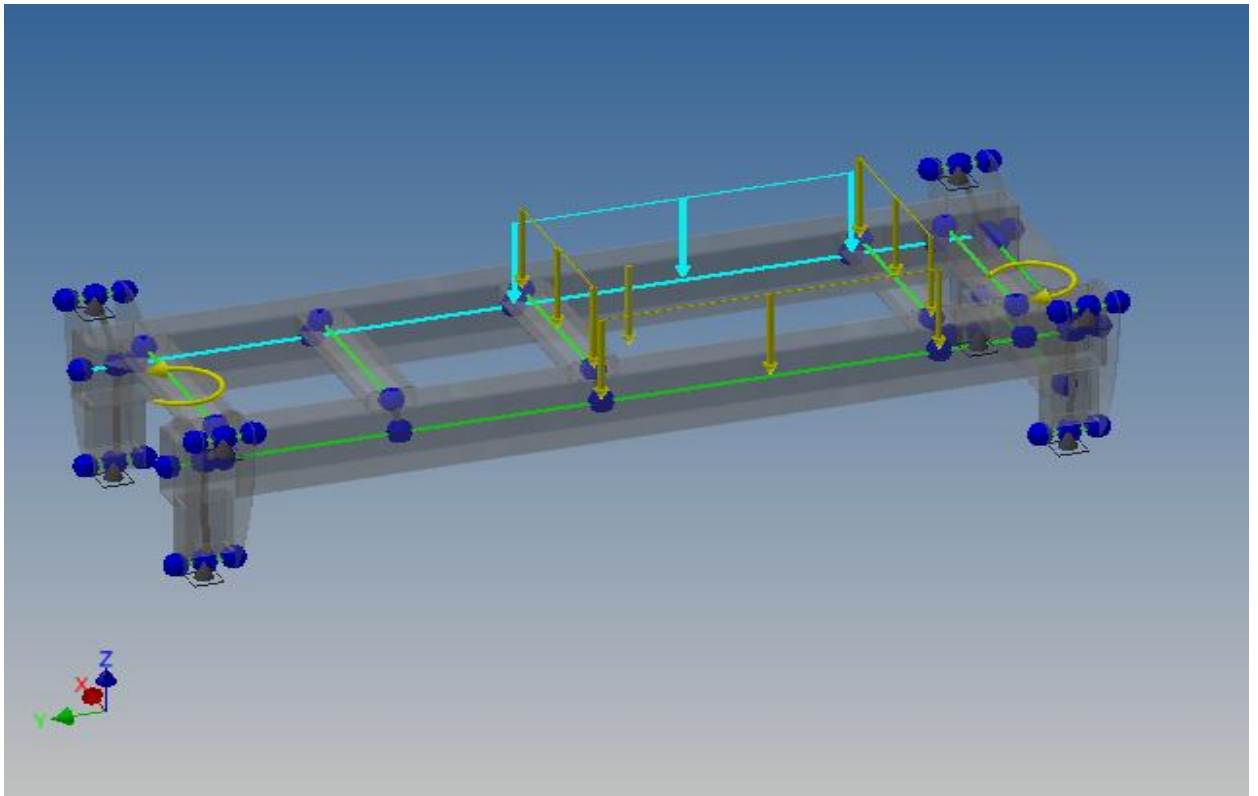


Рисунок 2.9- Зоржено навантаження № 4

Таблиця 2.5 - Момент:№1 візуально зображено на рис. 2.10

Тип навантаження	Момент
величина	6,000 Н мм
Система координат балки	Нет
кут площині	0,00 град
Кут в площині	0,00 град
Mx	0,000 Н мм
My	0,000 Н мм
Mz	6,000 Н мм
Зміщення	455,000 мм

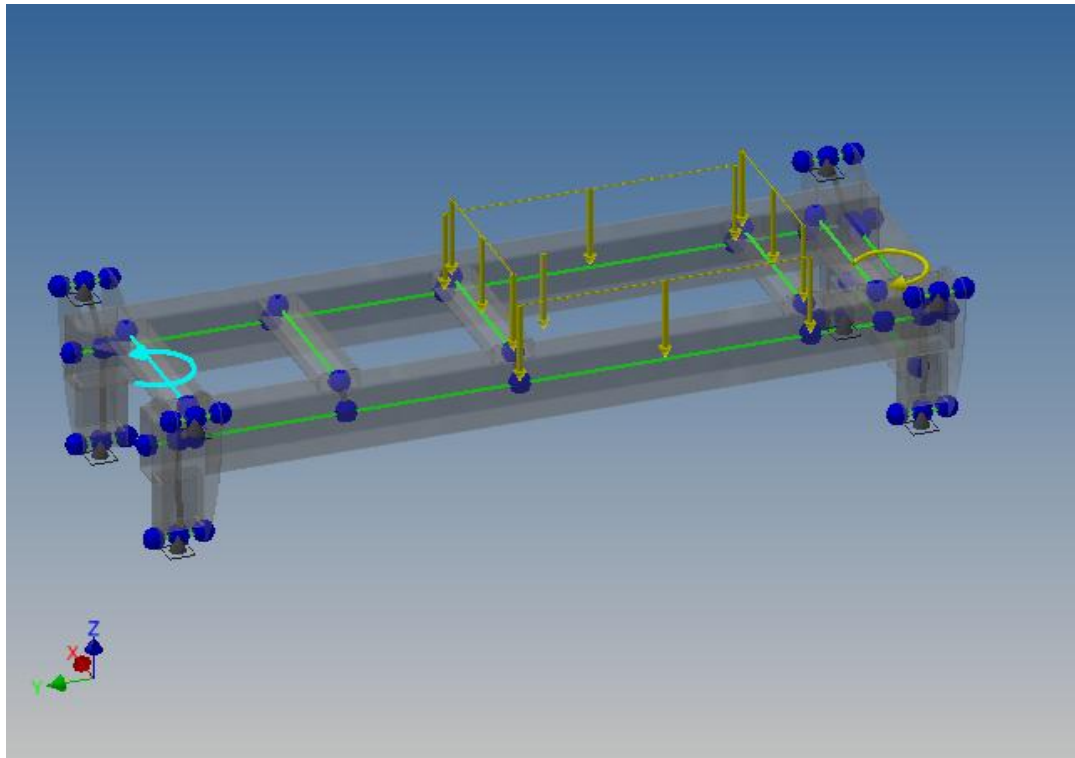


Рисунок 2.10 - Візуально зображено момент №1

Таблиця 2.6 - Момент:№2 візуально зображено на рис. 2.11

Тип навантаження	Момент
величина	6,000 Н мм
Система координат балки	Нет
кут площині	45,00 град
Кут в площині	180,00 град
Mx	0,000 Н мм
My	0,000 Н мм
Mz	-6,000 Н мм
Зміщення	455,000 мм

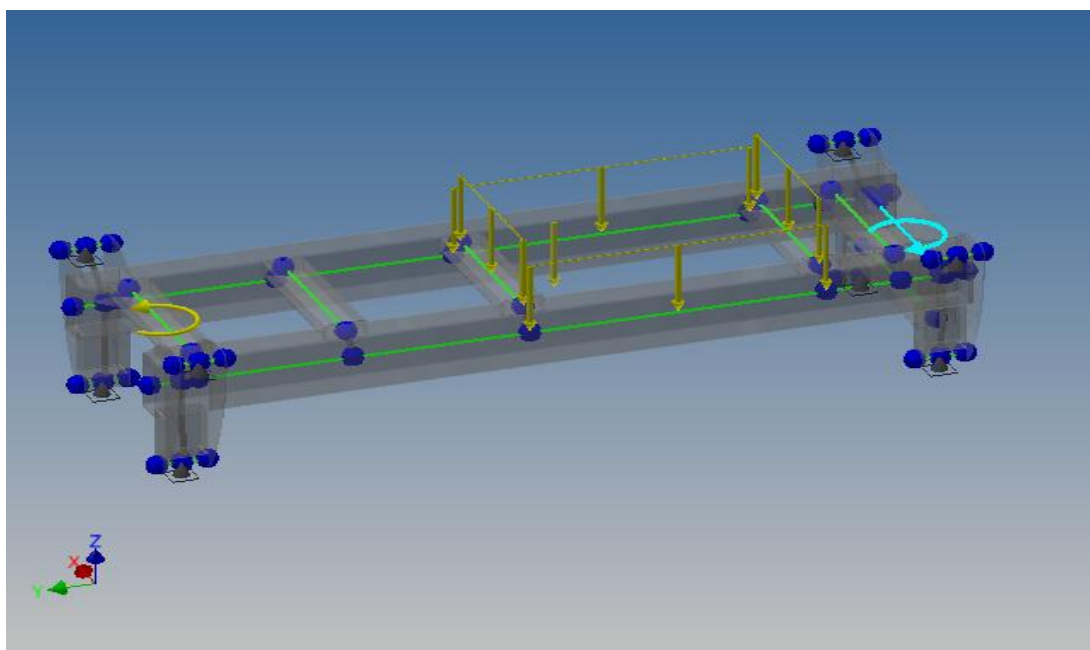


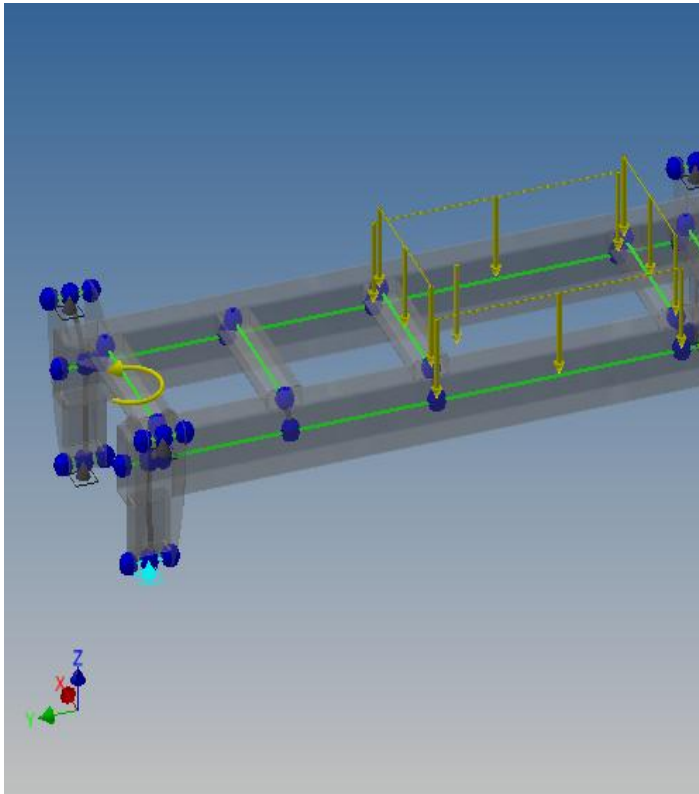
Рисунок 2.11- Візуально зображено момент №2

Таблиця 2.7  
3; 4; 5; 6; 7; 8.

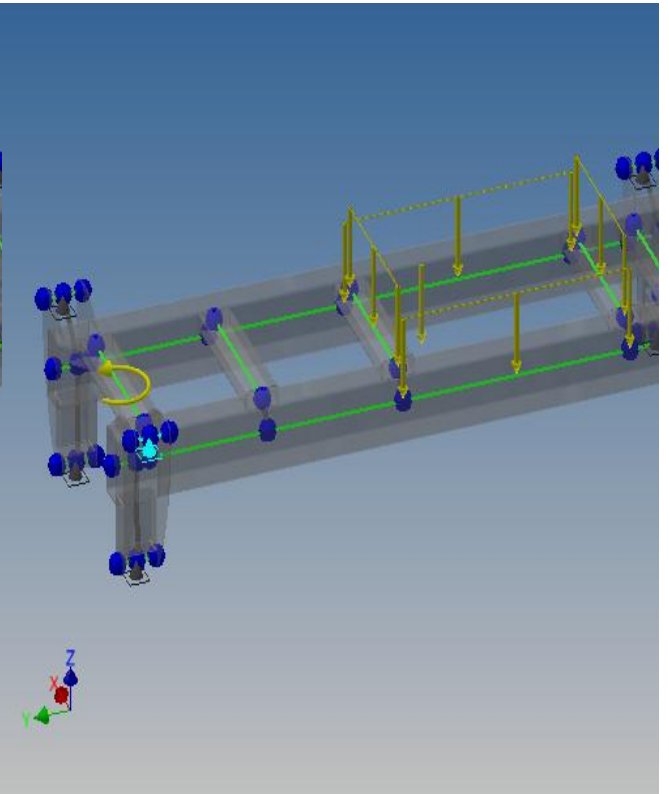
–	Тип залежності	Опора
	Зміщення	140,000 мм

Розміщення опор: № 1; 2;

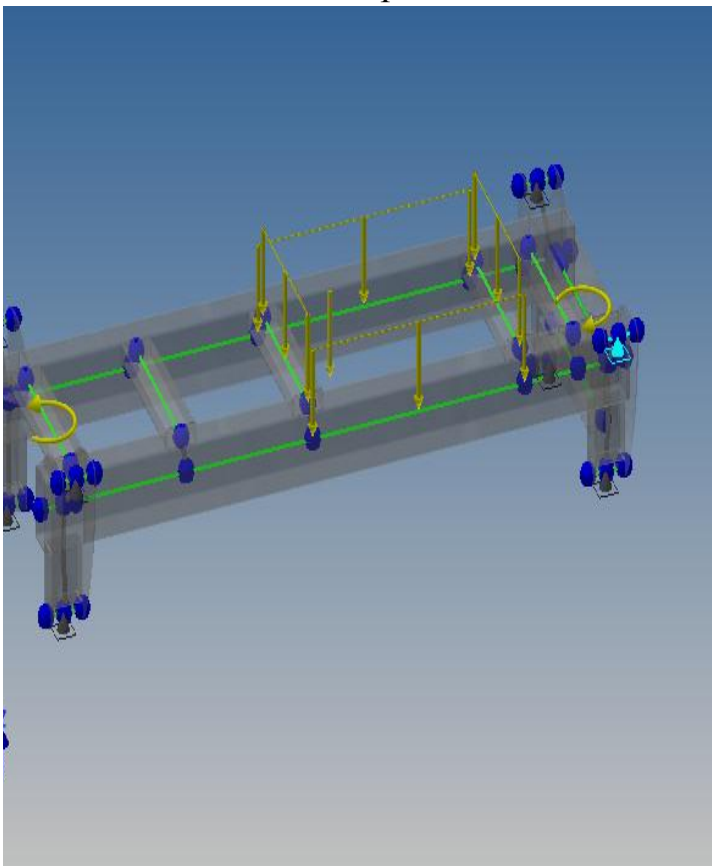
Опора:1



Опора:2



Опора:3



Опора:4

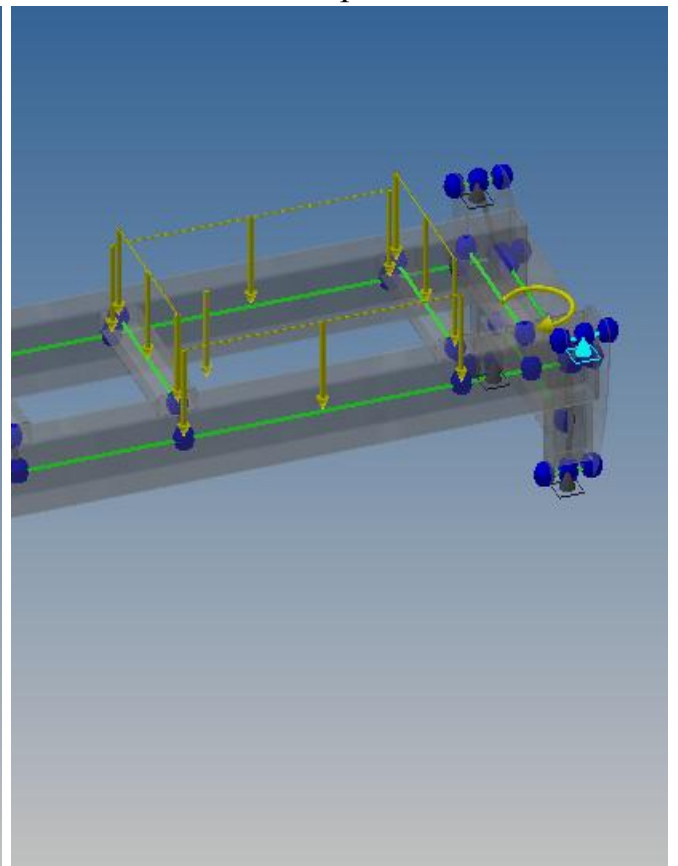
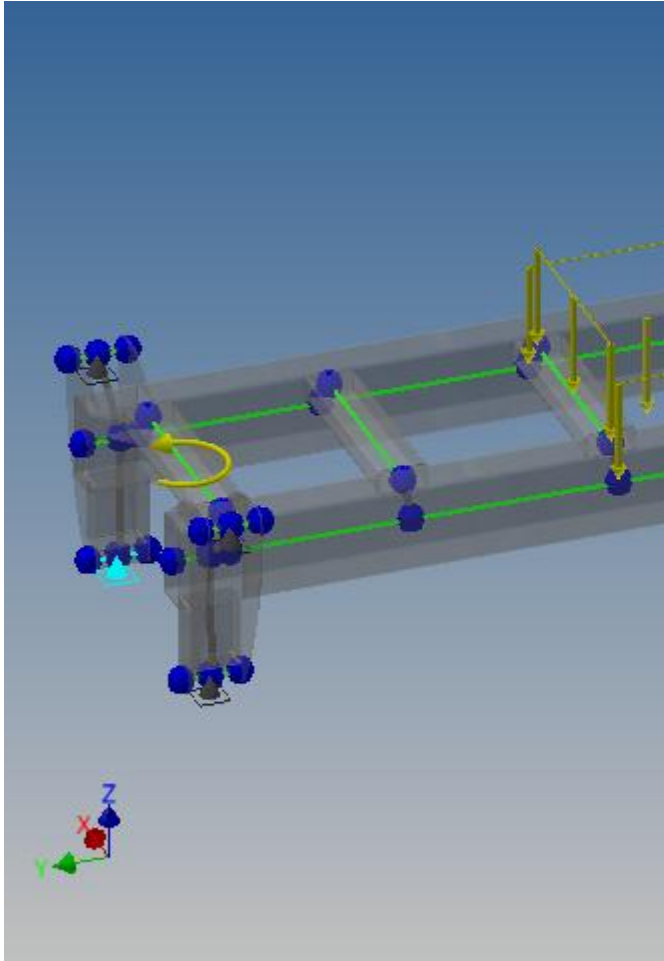


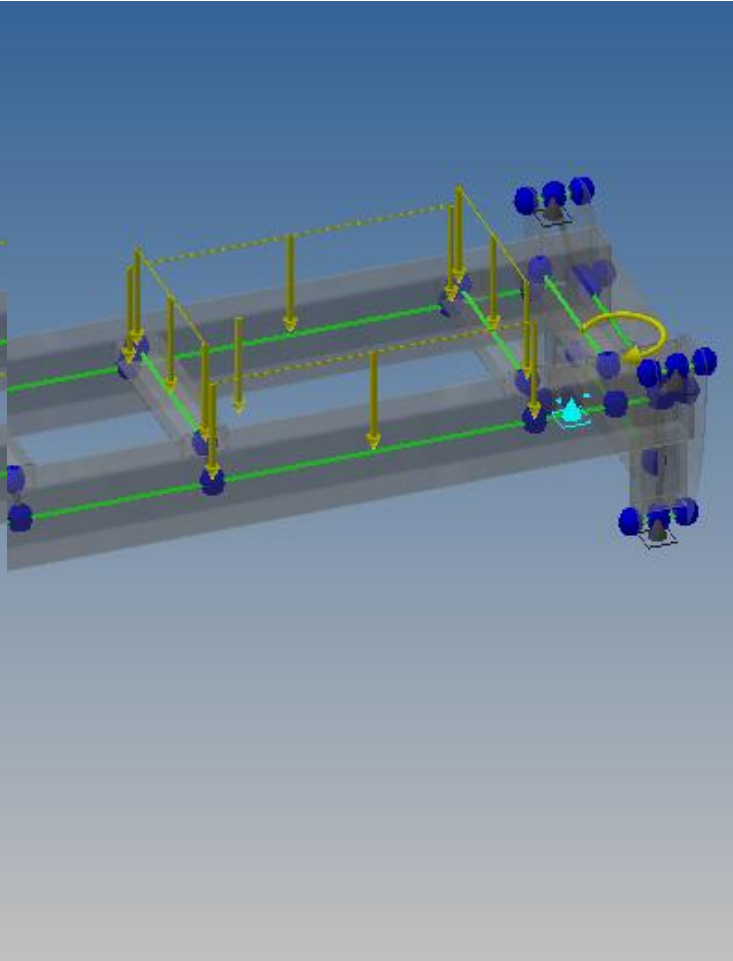
Рисунок 2.12-Загальних вигляд опор



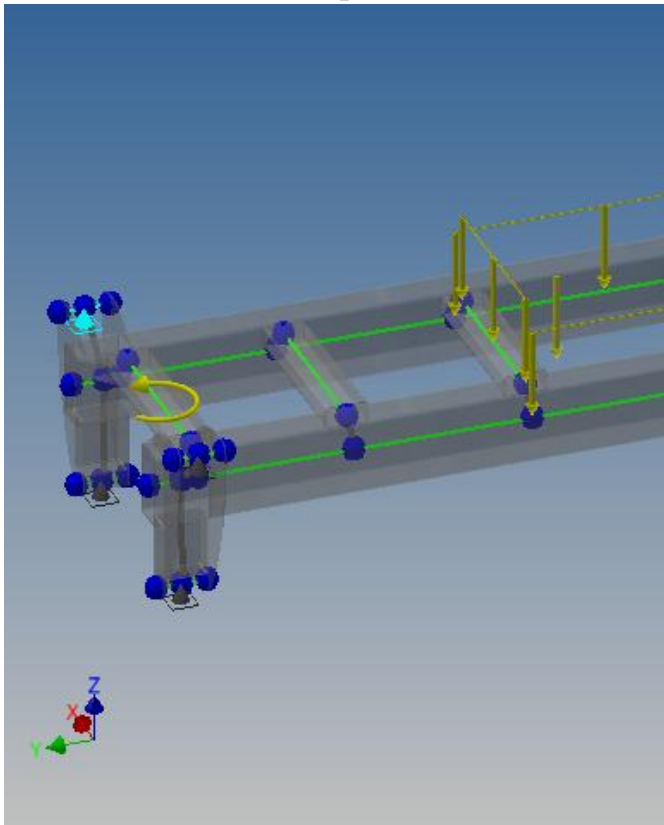
Опора:5



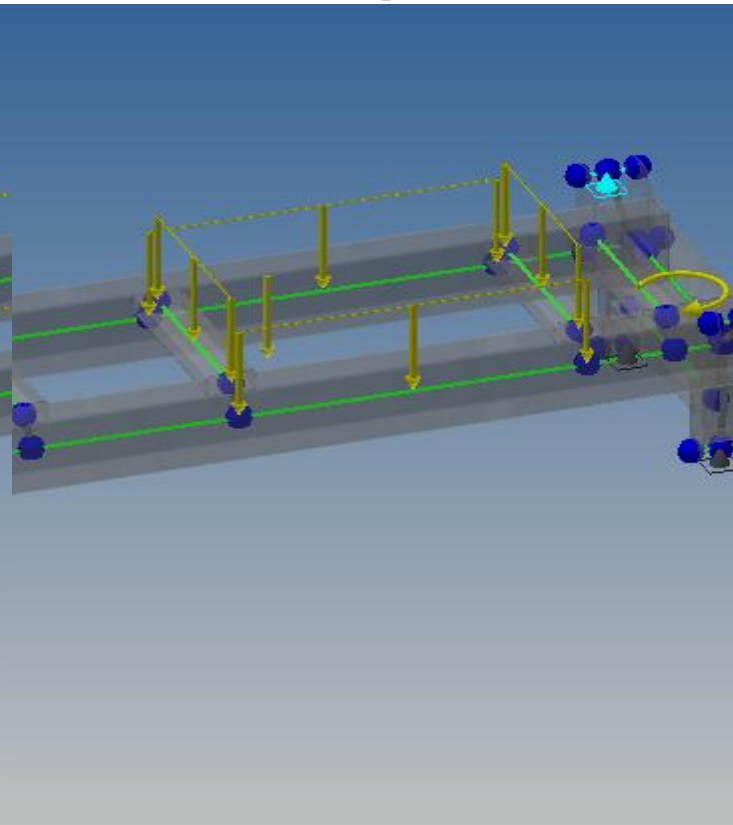
Опора:6



Опора:7



Опора:8





прод. Рисунок 2.12-Загальних вигляд опор

У результаті проведеного розрахунку у програмному комплексі Inventor отримано результати моделювання в таб 2.4 п три таб

Таблиця 2.8 - Сили та реакційні моменти

Ім'я залежності	Сила реакції		Реактивний момент	
	Величина	Компоненти (fx,fy,fz)	Величина	Компоненти (mx,my,mz)
Опора:1	59540,303 Н	14196,221 Н	0,000 Н мм	-0,000 Н мм
		-54791,041 Н		-0,000 Н мм
		18478,551 Н		0,000 Н мм
Опора:2	104836,066 Н	-10882,696 Н	0,000 Н мм	0,000 Н мм
		80866,796 Н		-0,000 Н мм
		65823,468 Н		-0,000 Н мм
Опора:3	59196,776 Н	-5179,049 Н	0,000 Н мм	0,000 Н мм
		-54046,411 Н		-0,000 Н мм
		23588,581 Н		-0,000 Н мм
Опора:4	35318,502 Н	14947,424 Н	0,000 Н мм	-0,000 Н мм
		27987,052 Н		0,000 Н мм
		15514,381 Н		-0,000 Н мм
Опора:5	59126,810 Н	5463,381 Н	0,000 Н мм	0,000 Н мм
		-54430,527 Н		0,000 Н мм
		22437,666 Н		-0,000 Н мм
Опора:6	36345,529 Н	-15276,209 Н	0,000 Н мм	0,000 Н мм
		28488,953 Н		-0,000 Н мм
		16613,683 Н		-0,000 Н мм
Опора:7	57501,449 Н	-13459,606 Н	0,000 Н мм	-0,000 Н мм
		-53968,209 Н		0,000 Н мм
		14583,827 Н		-0,000 Н мм
Опора:8	106949,795 Н	10190,534 Н	0,000 Н мм	0,000 Н мм
		79893,387 Н		-0,000 Н мм
		70366,599 Н		-0,000 Н мм

Таблиця 2.9 - Відомість по статичних навантаженнях

Ім'я		Мінімальна	Максимальна
Переміщення		0,000 мм	0,872 мм
Сили	Fx	-70353,735 Н	14947,424 Н
	Fy	-38722,086 Н	84002,506 Н
	Fz	-79893,387 Н	53968,209 Н
Моменти	Mx	-58496960,968 Н мм	32799915,910 Н мм
	My	-6187398,121 Н мм	6124017,867 Н мм
	Mz	-4383772,847 Н мм	4375820,116 Н мм
Нормальні напруги	Smax	-20,768 МПа	127,544 МПа
	Smin	-73,956 МПа	20,254 МПа
	Smax(Mx)	0,000 МПа	61,659 МПа
	Smin(Mx)	-61,659 МПа	-0,000 МПа
	Smax(My)	0,000 МПа	55,858 МПа
	Smin(My)	-55,858 МПа	0,000 МПа
	Saxial	-42,947 МПа	63,577 МПа
Напруги переміщення	Tx	-15,860 МПа	74,648 МПа
	Ty	-16,448 МПа	10,879 МПа
Напруження при крученні	T	-3,862 МПа	3,869 МПа

На загально проєктуванні представлено на рис 13 нормальні сили в довж кожної з осі

## Переміщення

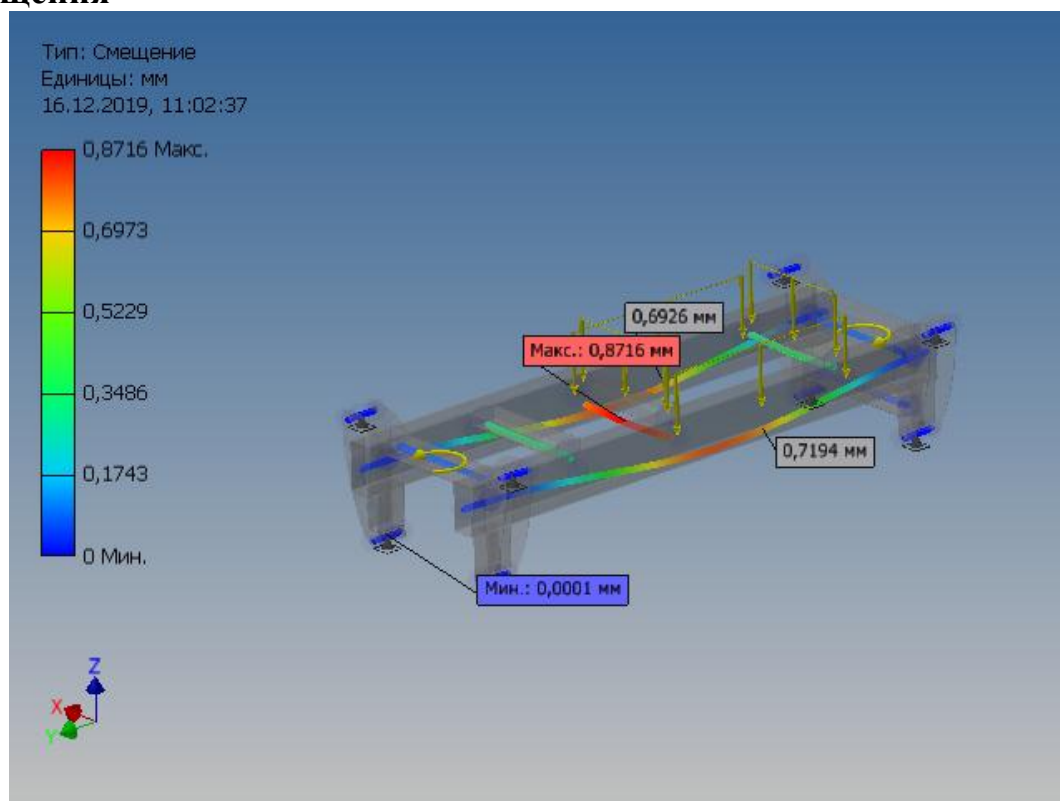


Рисунок 2.13 –Схема переміщення

На загально вигляді схемі представлені сили по осях на рис 14  $F_x$  ,  $F_y$ ,  $F_z$

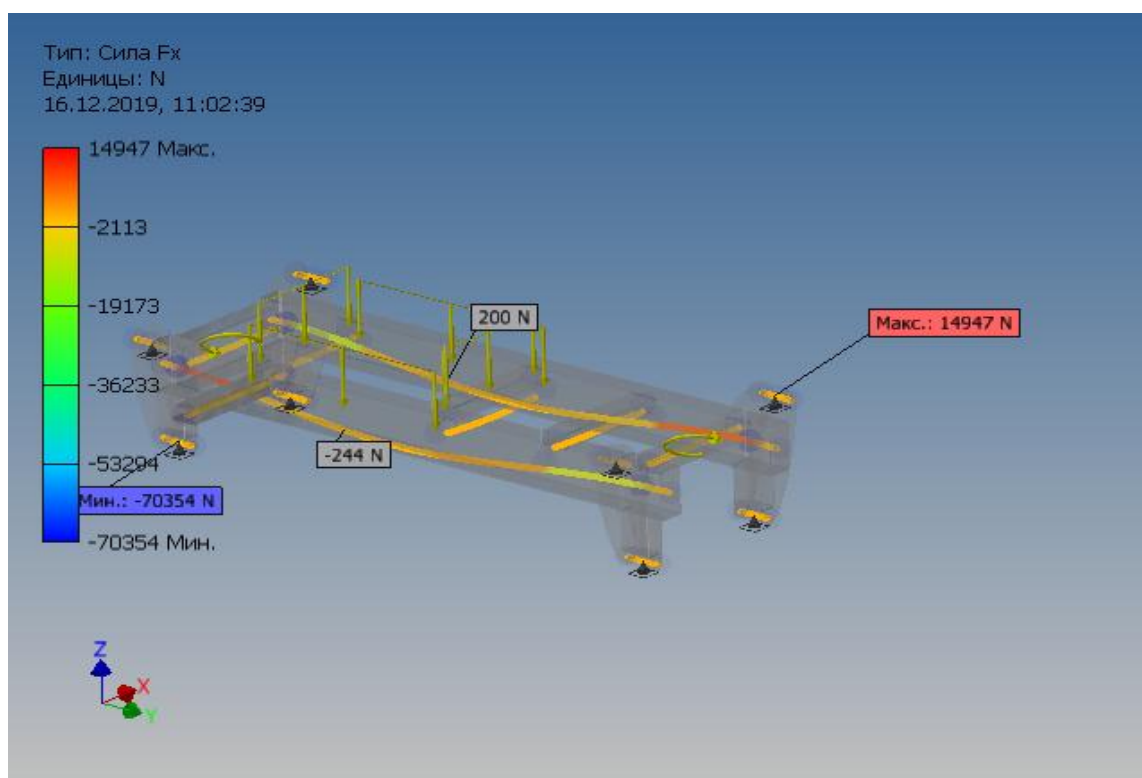


Рисунок 2.14 – Дія сили на осі X

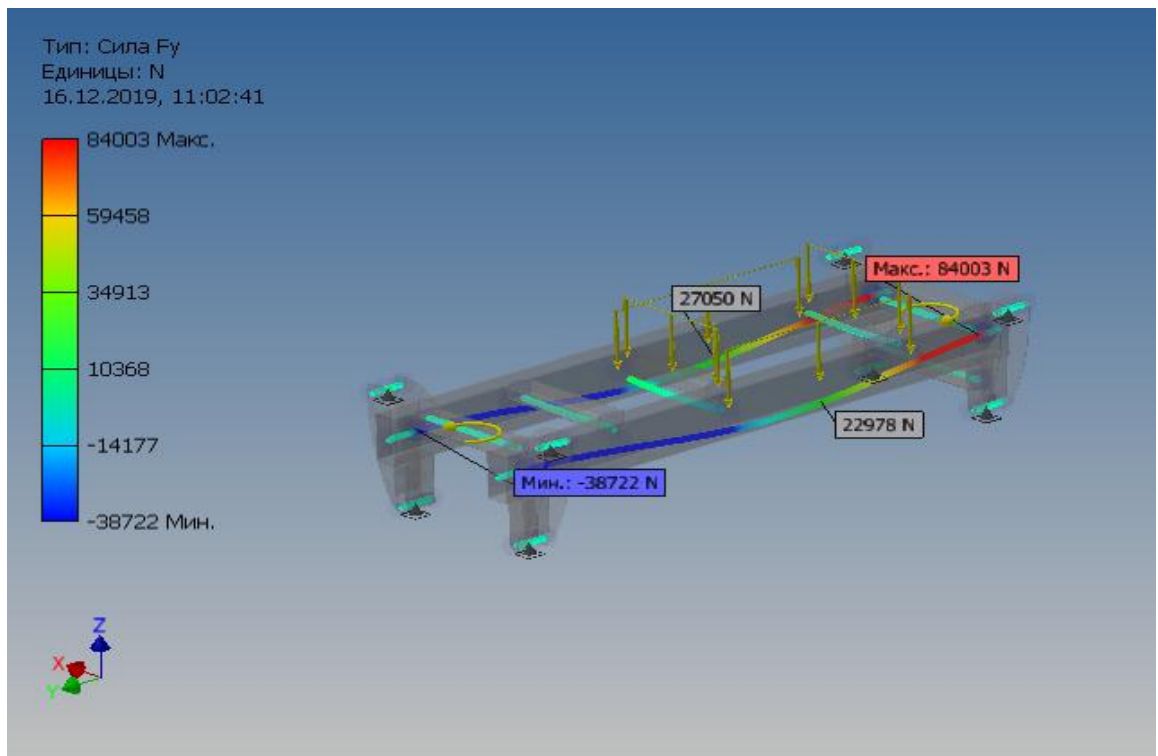


Рисунок 2.15 - Дія сили на осі Y

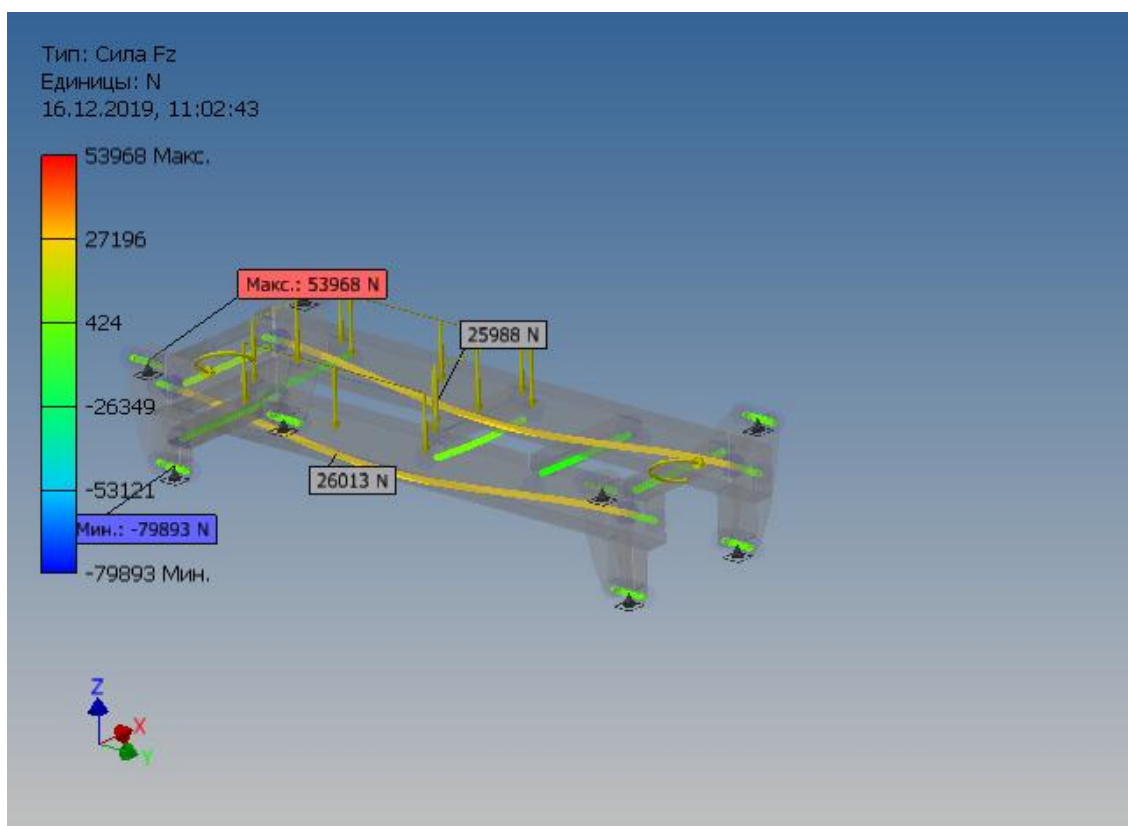


Рисунок 2.16 - Дія сили на осі Z

Значення моментів ( $M_y$   $M_x$   $M_z$ ) придставлено на рис 17

Узагаль момент проведено на рис-20

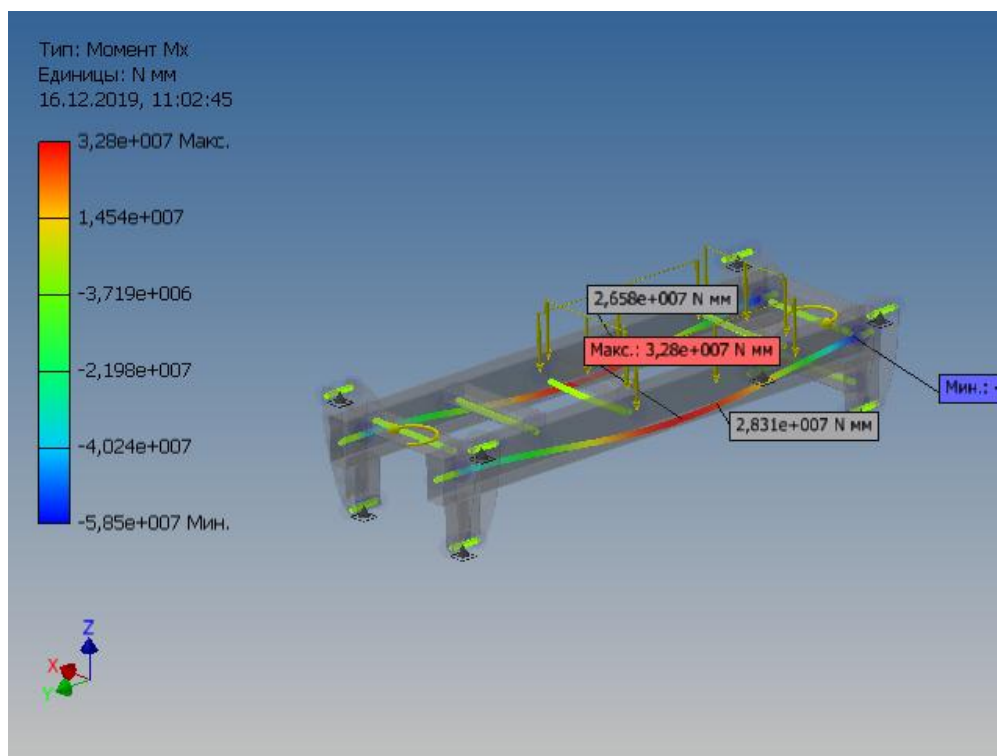


Рисунок 2.17 - Значення моментів по осі X

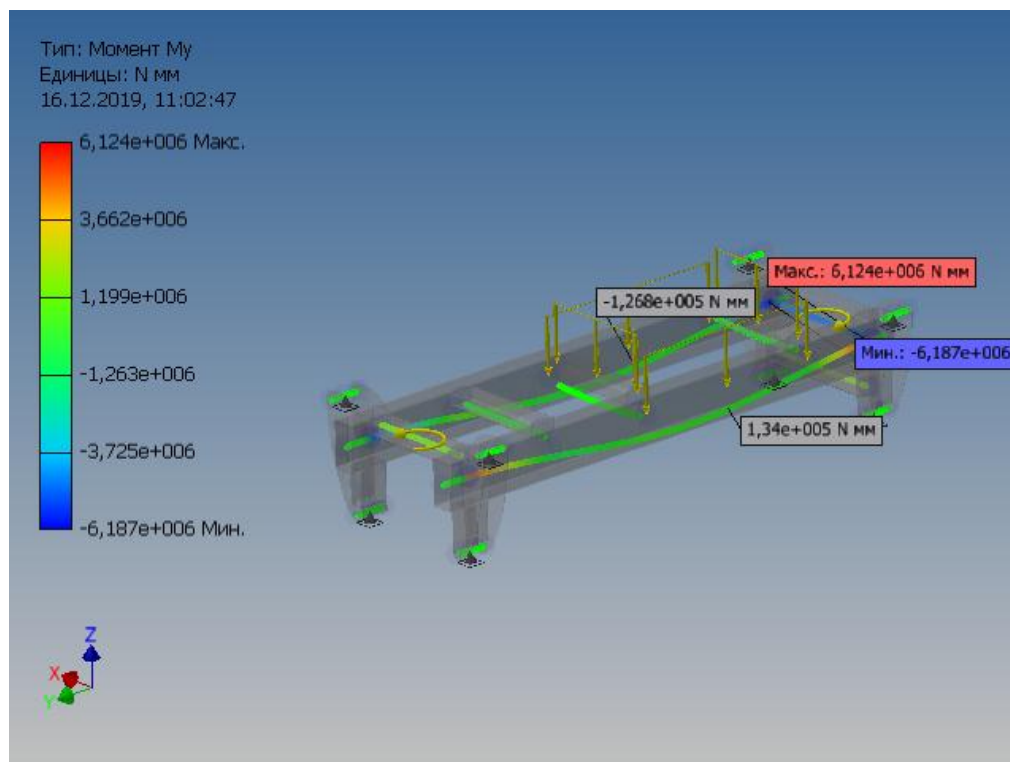


Рисунок 2.18- Значення моментів по осі Y

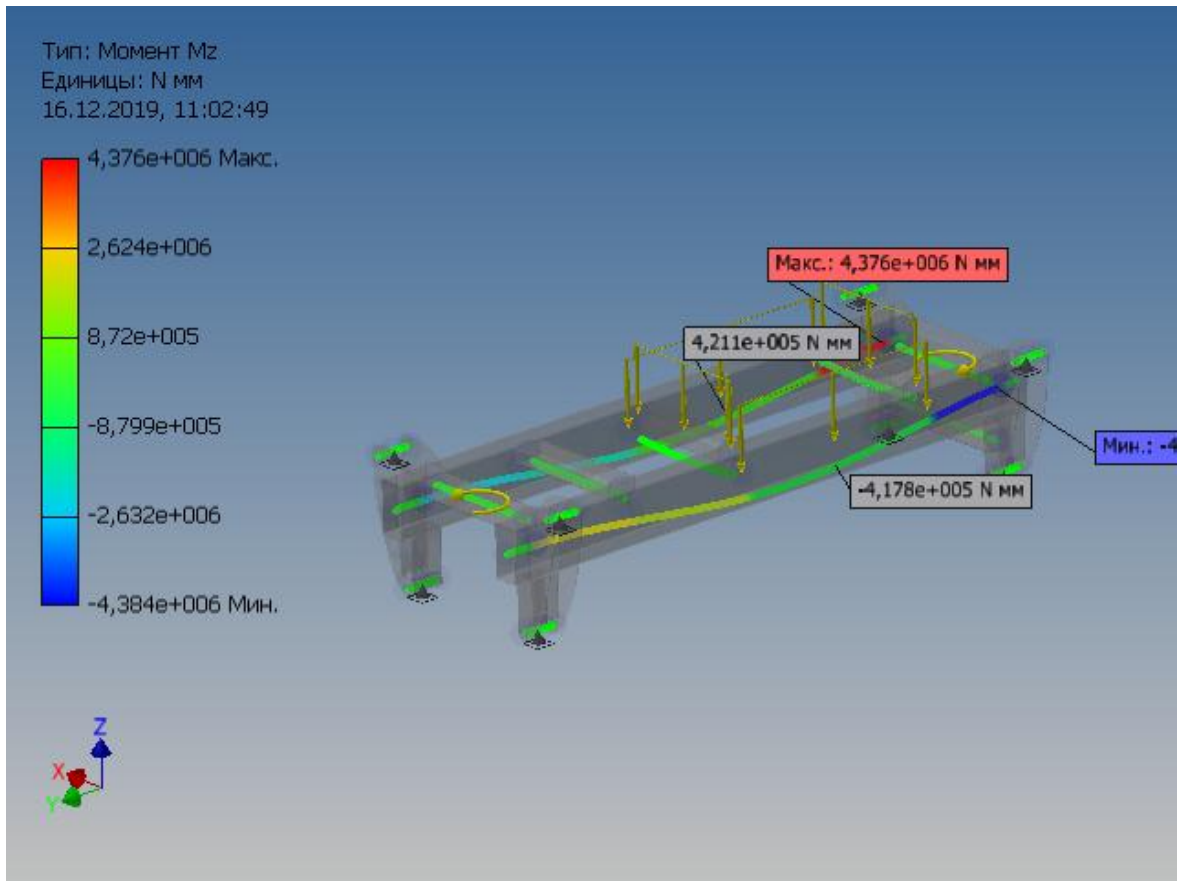


Рисунок 2.19 – Значення моментів по осі Z

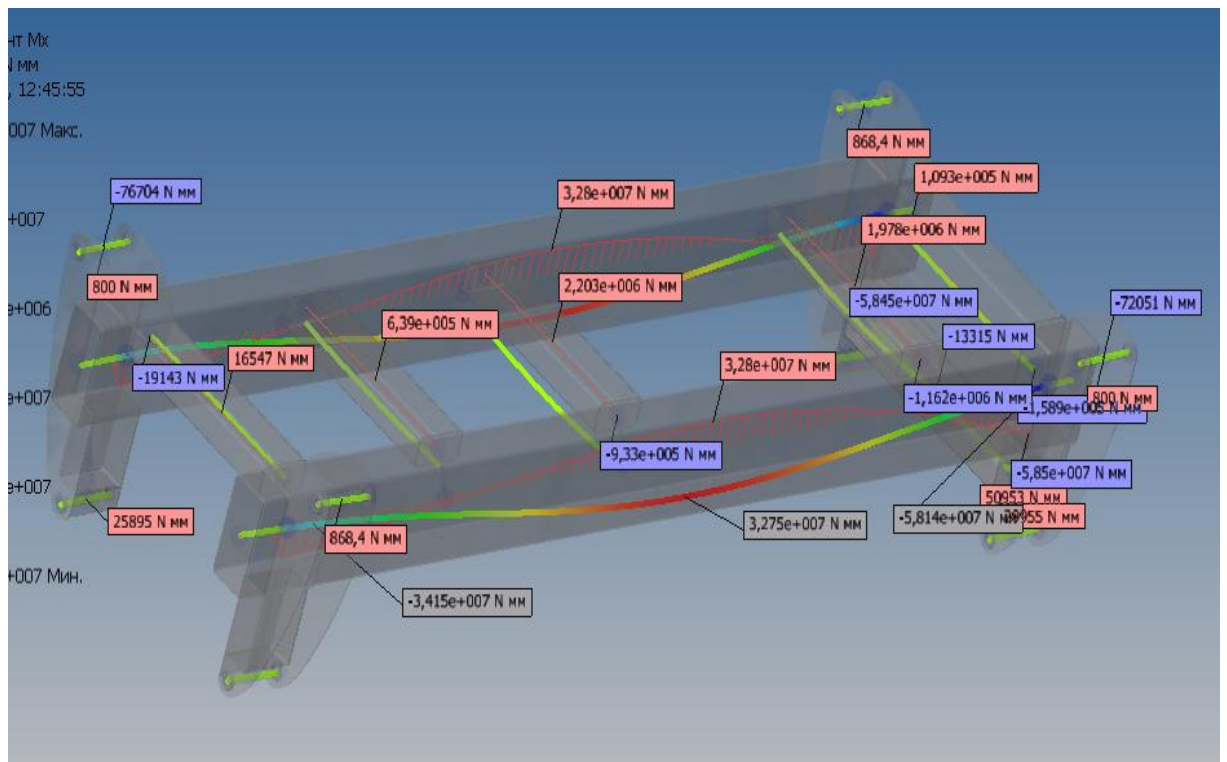


Рисунок 2.20- Епюра моментів

Епюрии придставлені на рис 20, 22 , 28.

Значення нормальних напружень придставлено на з рис 2.21 по рис. 2.29



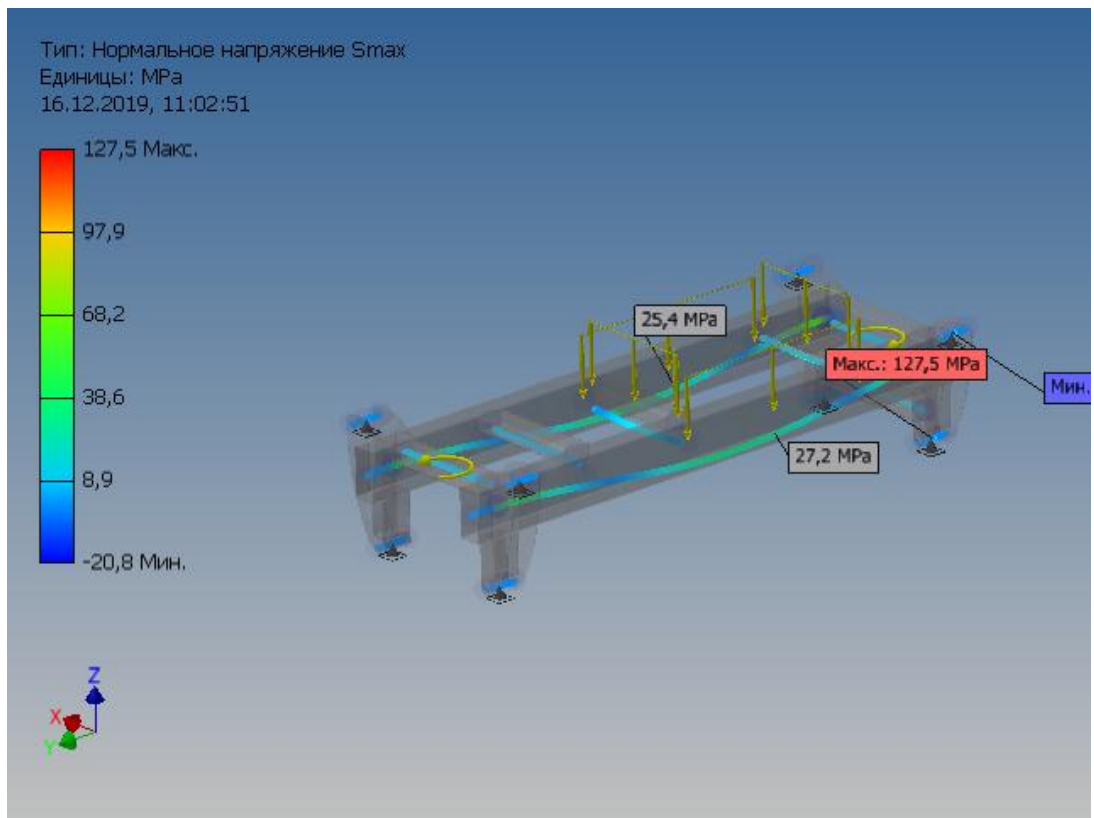


Рисунок 2.21- Точка максимального навантаження.

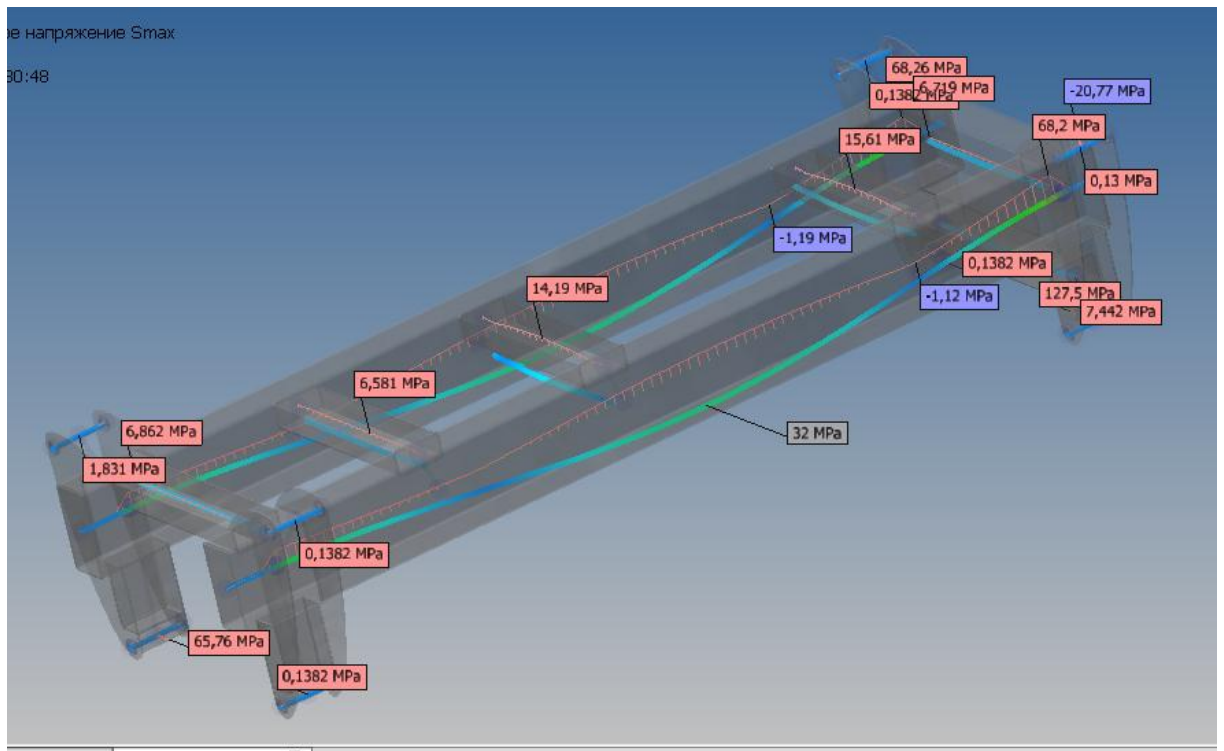


Рисунок 2.22- Епюрії нормальних напружень

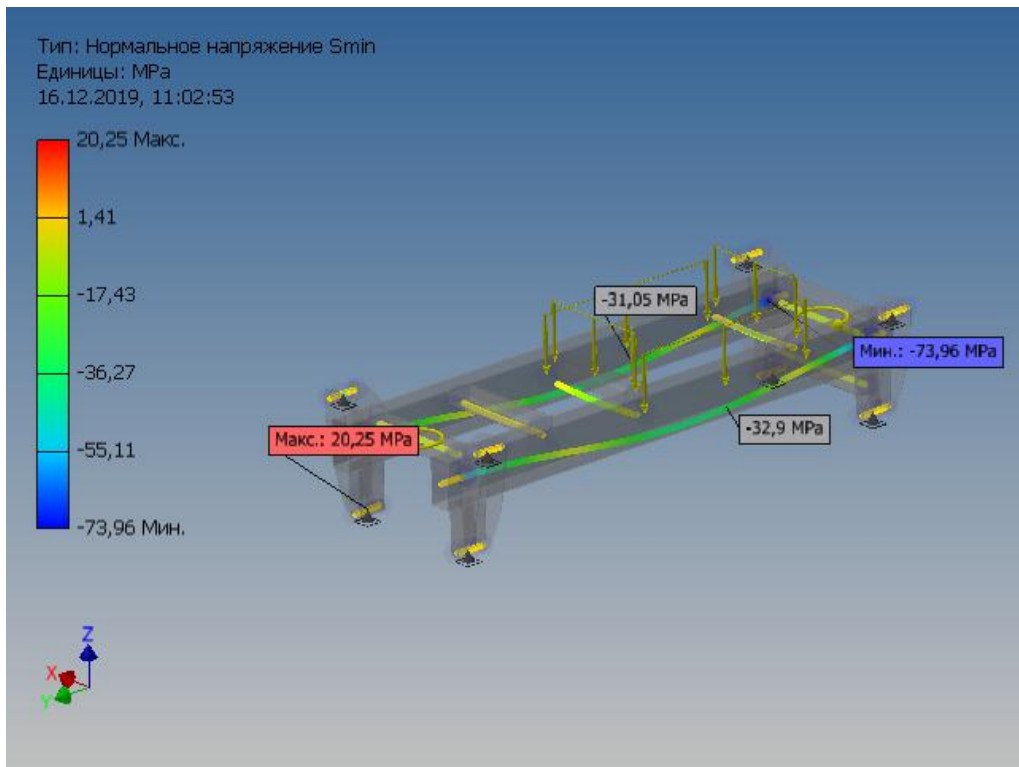


Рисунок 2.23- Точка мінімального навантаження

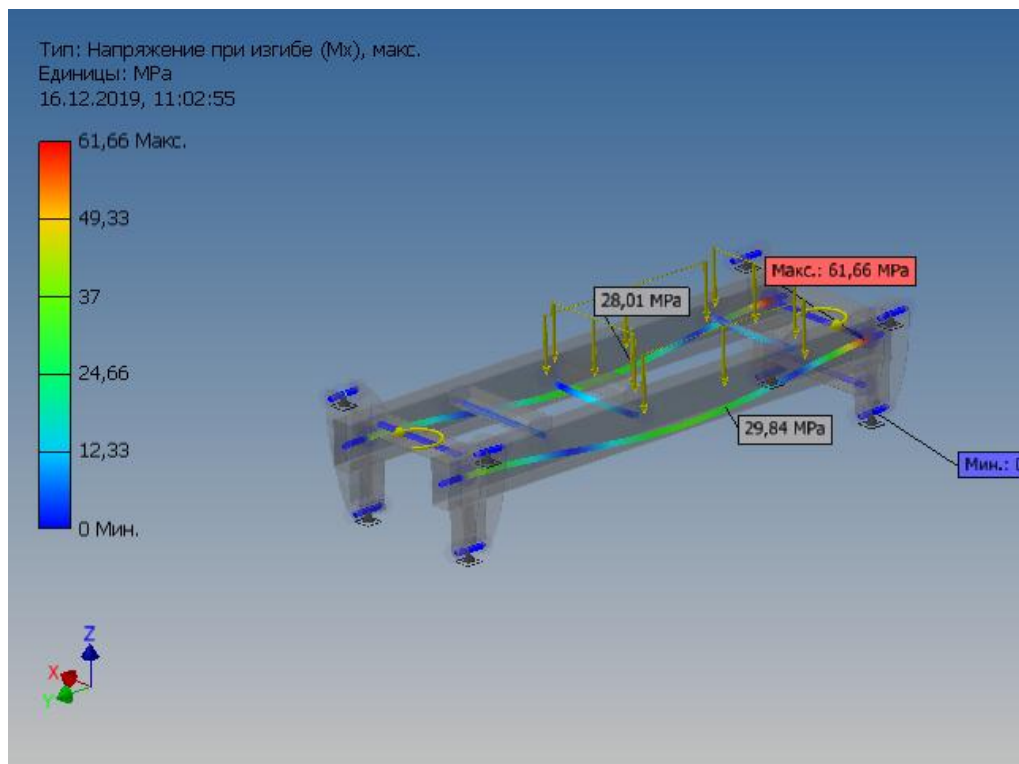


Рисунок 2.24- Масимальний прогин по осі X



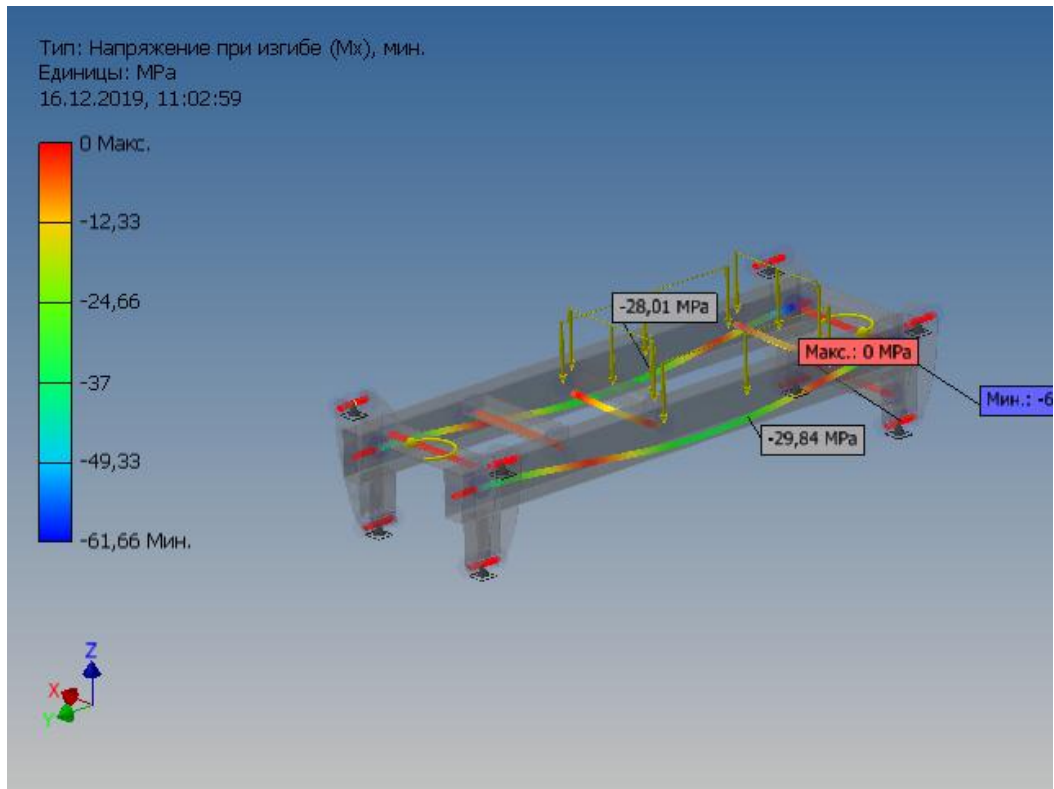


Рисунок 2.25- Мінімальний прогин по осі X

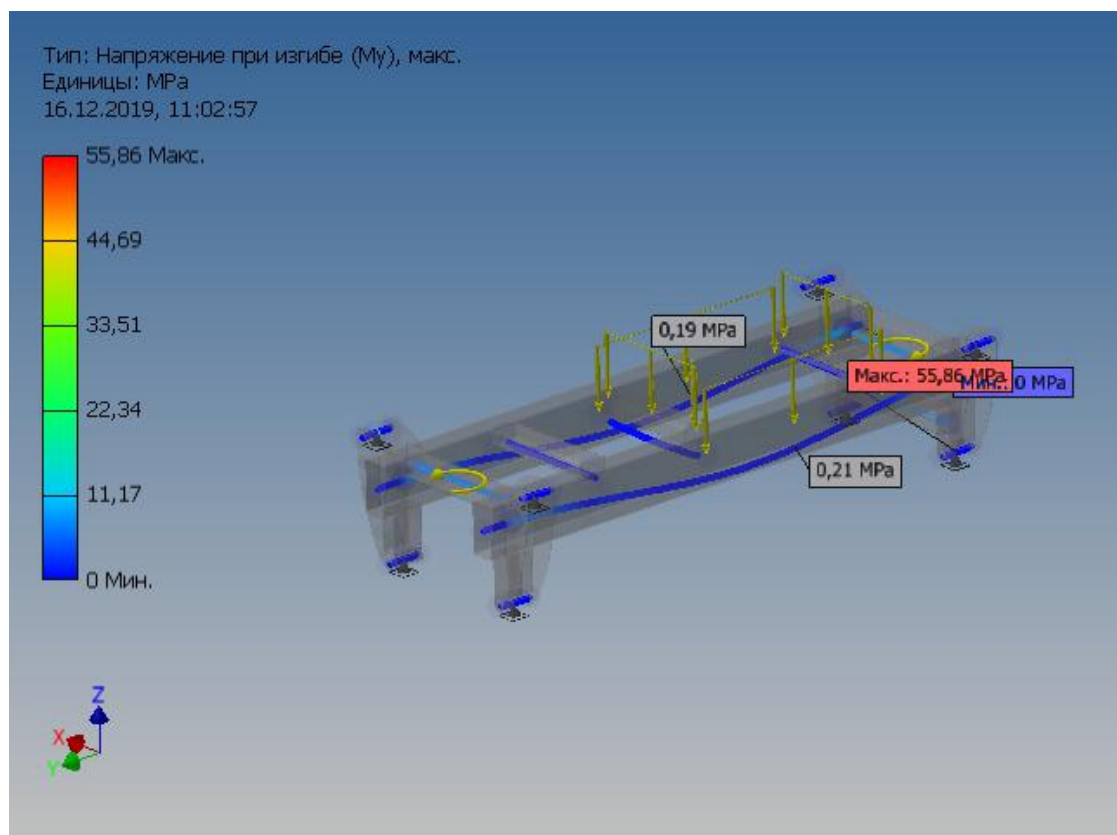


Рисунок 2.26 Масимальний прогин по осі Y

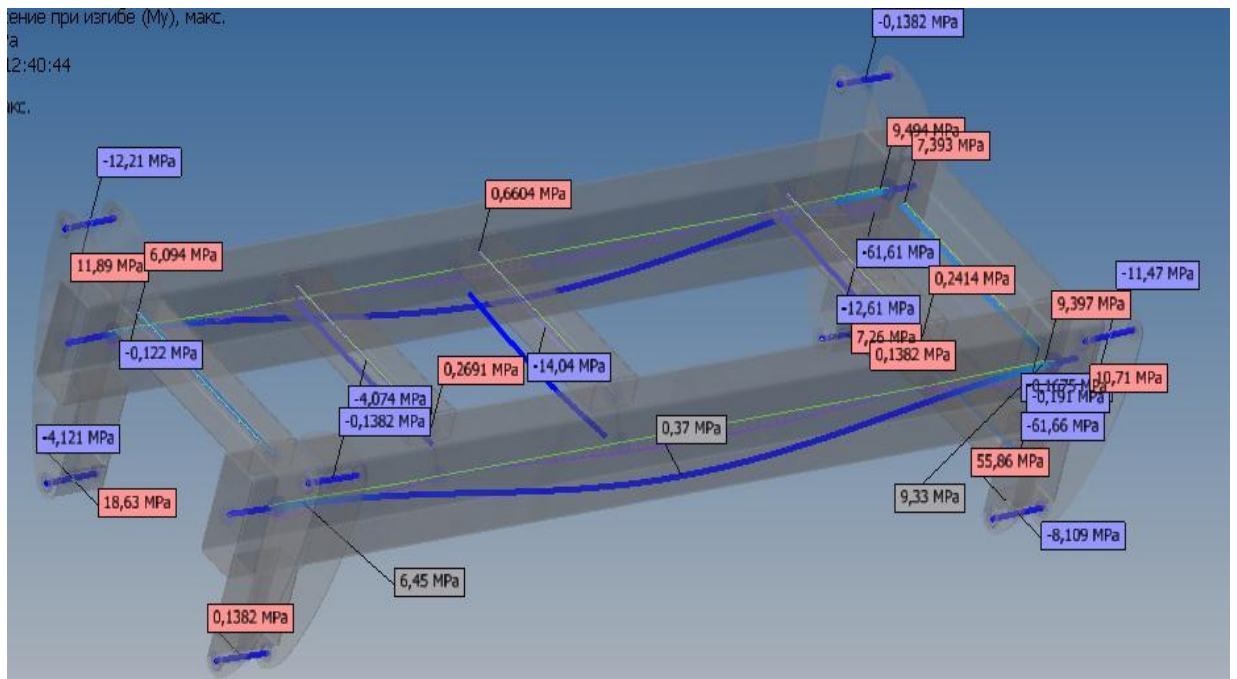


Рисунок 2.27- Епюрии нормальних напружень

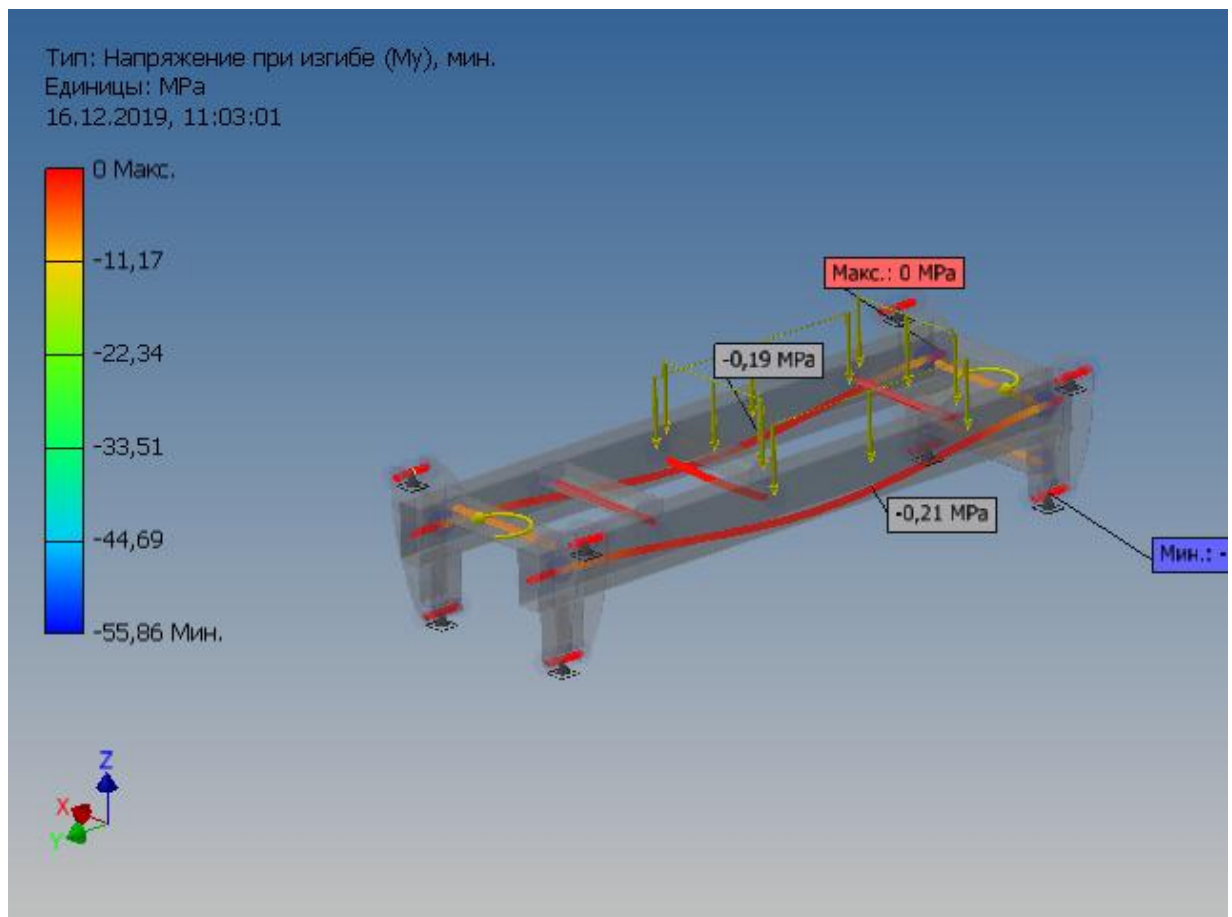


Рисунок 2.28- Мінімальний прогин по осі Y

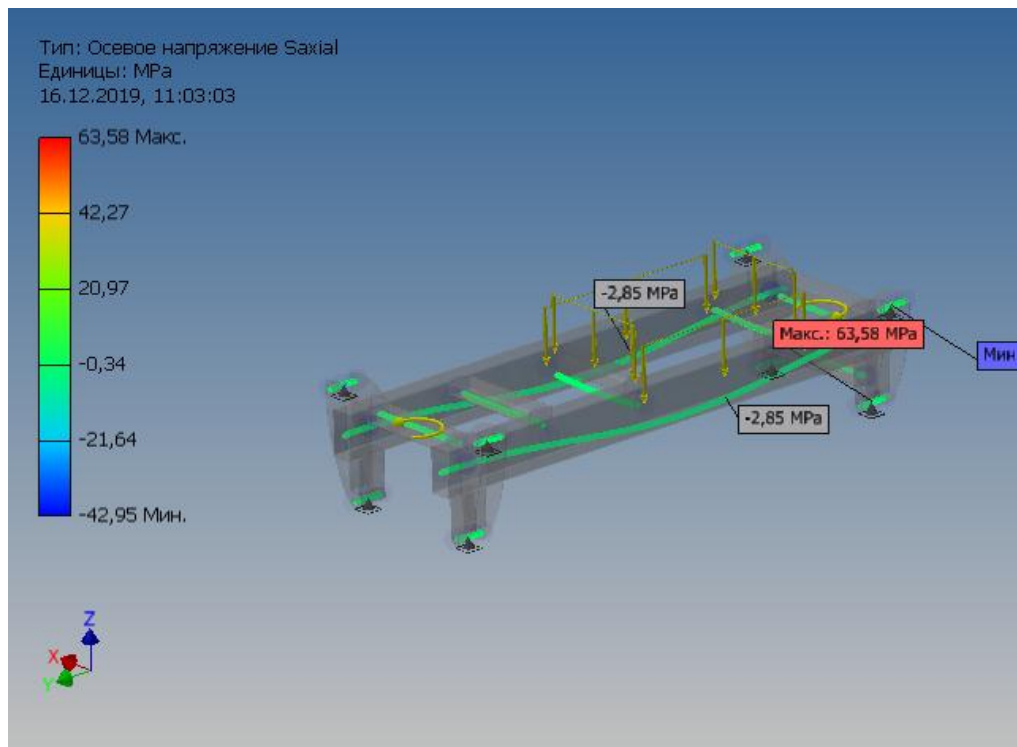


Рисунок 2.29- Напруження в здовж осі

Аналіз напруг з переміщення зображено( $T_x$ ,  $T_y$ ) на рис.2.30

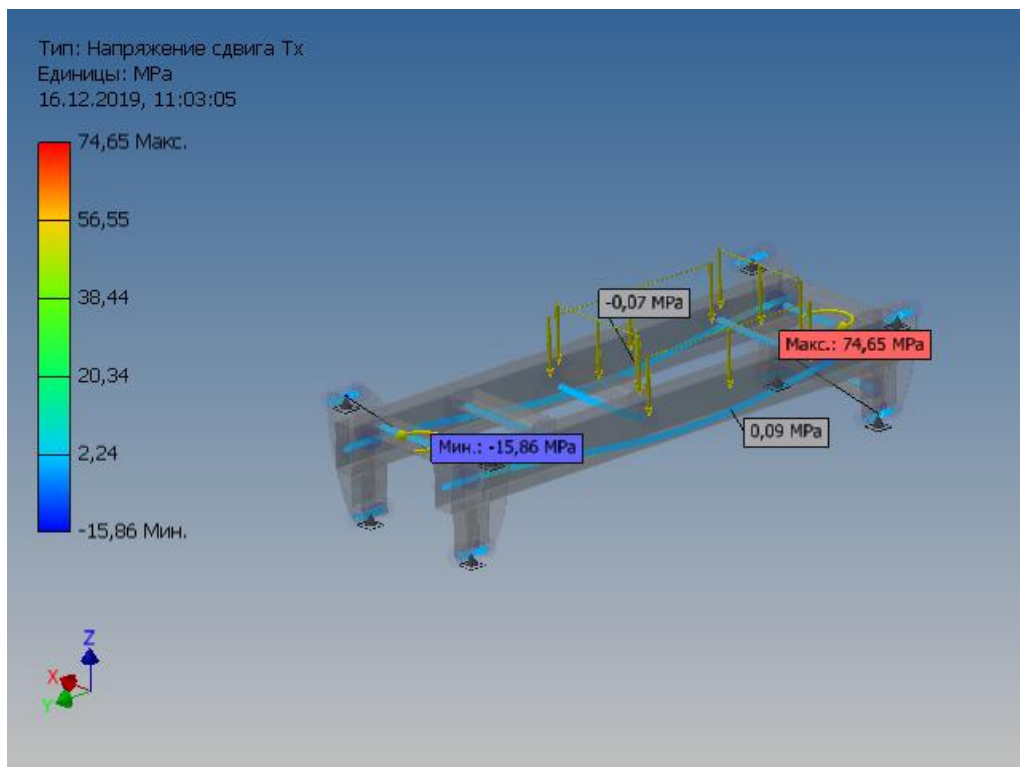


Рисунок 2.30- Напруження переміщення по осі X

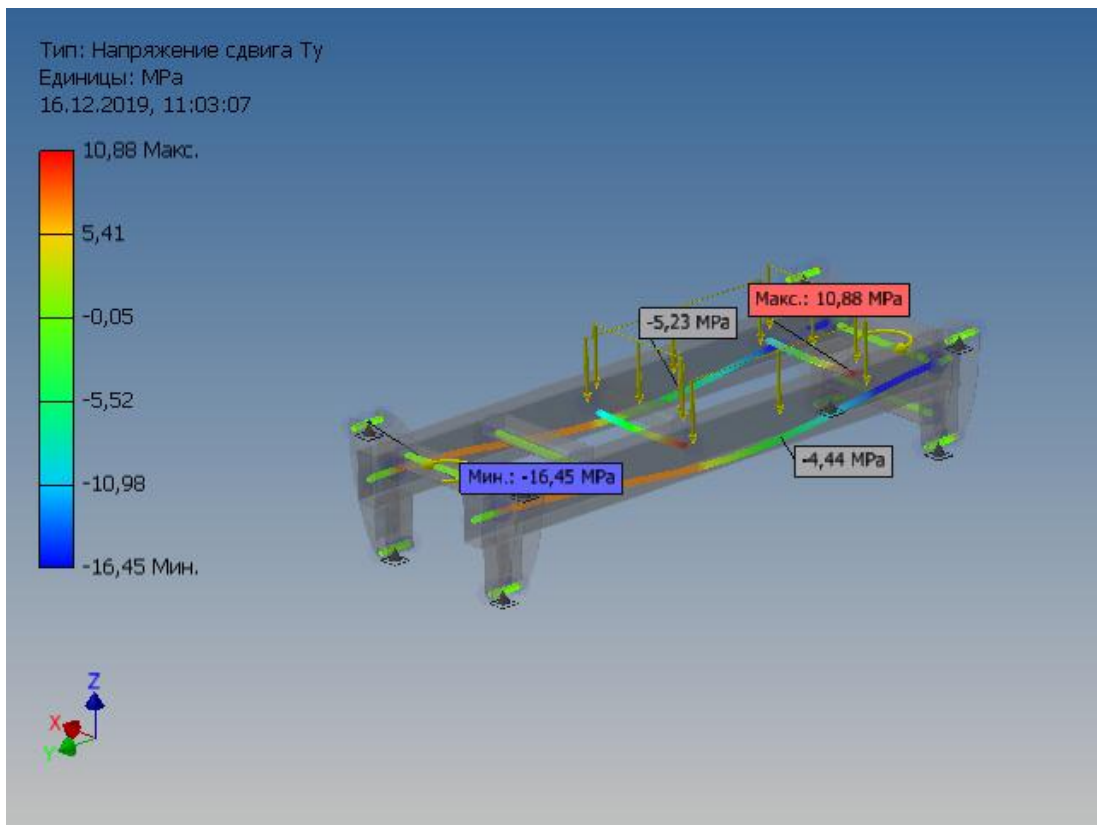


Рисунок 2.31- Напруження переміщення по осі Y

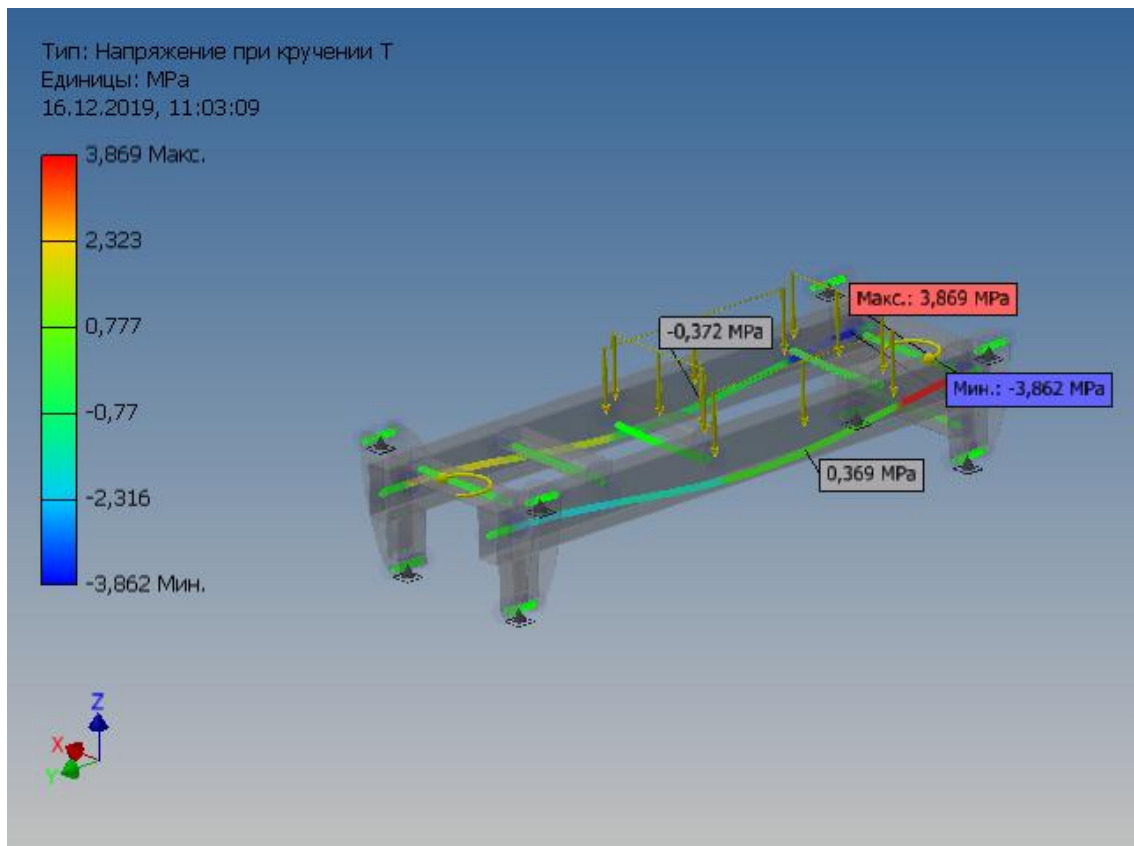


Рисунок 2.32- Напруження при крученні T

Аналіз рис 32 показує що математичне значення напруження та практичні зосереджені в центрі частини та їх значення суттєво знижуються при згинанні вістані між опорами . Отримані епюри напружень є вихідними конструктивних рам та зварних швів . Конструктори заводу дрогобицький заводу автомобільних кранів (ДАК) реалізування при конструювання рами ескаватора .

### **Висновок**

При статичному розрахунку в програмній системі САПР отримано максимальне значення нормальних напружень  $\sigma_{max} = 127,5$  МПа, що суттєво менше за границю текучості сталі 09Г2С  $< 225$  МПа. Зважаючи на те, що теоретичний коефіцієнт концентрації напружень необроблених стикових та кутових швів не перевищує  $\alpha_k = 1.5$ , то умова міцності виконується.

## 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

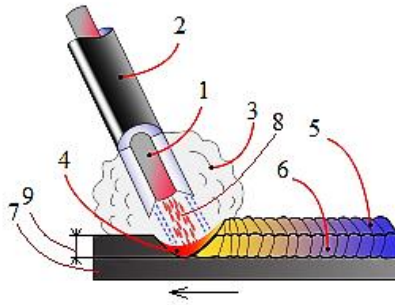
### 3.1 Обґрунтування способу зварювання

В загалом є дуже багато способів зварювання так як ручне дугове, плазмове, лазерне, вибухом, в середовищі захисного газу, під флюсом та контактне зварювання та багато інших способів . Для виготовлення рами необхідно вибір того чи іншого способу зварювання. Потрібно керуватися наступними чинниками: матеріал виробу який буде зварюватися потрібно враховувати фізичні та хімічні властивості, товщину зварюваних з'єднань, відповідальність конструкцій, масштаб виробництва, а також вимоги до якості зварних з'єднань для того щоб отримати його якісним потрібно джерело з постійним струмом.

Враховавши перераховані вище вимоги для виготовлення даного зварного виробу можна використовувати: ручне дугове зварювання; напівавтоматичне зварювання під флюсом; напівавтоматичне зварювання в захисних газах. Розглянемо конкретно кожен із можливих способів та виберемо найбільш оптимальний для реалізації поставленого завдання:

**Ручне дугове зварювання (РДЗ)** отримуємо такі механічні властивості зварних швів, не нижчі за властивості основного металу, тому його широко застосовують при виготовленні найважливіших конструкцій і виробів у різних галузях промисловості і в будівництві. Перевага ручного зварювання - це легкість, простота, надійність обладнання, легко доступне, можливість виконання зварювання у різних просторових положеннях і у важкодоступних місцях. При зварюванні коли товщина металу до 6 мм непотрібно робити розробку кромки .

Загальна схема процесу ручного дугового зварювання (Рис 3.1)

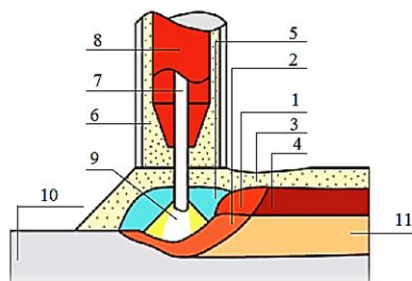


1)електродний стержень; 2)покриття електроду; 3)газова атмосфера дуги; 4)зварювальна ванна; 5)затверділий шлак 6)закристалізувався метал шва; 7)зварний виріб ; 8)краплі розплавленого електродного металу;9)глибина розплавлення.

Рисунок 3.1- Загальний вигляд схеми ручного дугового зварювання.[6]

Недоліком цього способу зварювання є різна міцність зварного шва, яка залежить від кваліфікації робітника, і ще невисока продуктивність процесу зварювання. РДЗ потребує не великих затрат ручної праці, а саме, потребує слюсарів для оббивання шлаку після зварювання також при товщині металув від 6 до 20 мм потрібно розробляти V - подібний скіс кромки. До того ж в крупносерійному виробництві, яким є виготовлення рам, не вигідно використовувати цей спосіб зварювання.

**Напівавтоматичне зварювання під флюсом.** При цьому способі зварювання електрична дуга горить під зернистим сипучим матеріалом, названим зварювальним флюсом (Рис.3.2)



1)розплавлений шлак; 2)зварювальна ванна;3)флюс; 4) застиглий шлак; 5)захисна атмосфера; 6)флюс; 7)електродна проволка; 8)контактний наконечник; 9)дуга; 10)зварний матеріал; 11)застиглий метал.

Рисунок 3.2- Схема зварювання під флюсом[7]

Під дією тепла дуги розплавляються електродний дріт і основний метал, а також частина флюсу. У зоні зварювання утворюється порожнина, заповнена парами металу, флюсу й газами. Можливість зварювання товщини металу від 2 до 100 мм. Без розробки кромки від 2 до 12 мм

Перевагами саме способу зварювання є:

- велика продуктивність;
- мінімальні втрати електродного металу (не більше 2%);
- відсутність бризок;
- надійний захист зварного шва;
- дрібно чешуйчеста поверхня металу шва;
- повільне охолодження металу дає високі показники механічних властивостей металу шва;
- не великі витрати на підготовку кадрів;

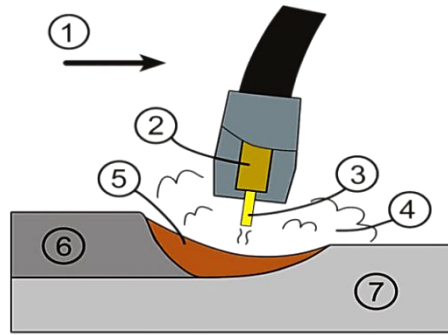
Недоліки даного способу є:

- великі витрати виробництва на зберіганням і підготовку флюсів дроту ;
- труднощі коректування положення дуги що до кромки зварного виробу;
- шкідливий вплив на оператора;
- немає можливості виконувати зварювання у всіх просторових положеннях без спеціального устаткування;
- так, як і РДЗ спосіб зварювання потребує оббивання шлаку після зварювання.

***Напівавтоматичне зварювання в захисних газах (CO<sub>2</sub>)*** (Рисунок 3.3). Зварювання в захисних газах є схожим до ручного дугового зварювання покритим електродом але при цьому способі в зону дуги подається захисний газ, струмлячи якого, обтікаючи електричну дугу та дріт можливість зварювати метал від 2 до 40 мм

зварювальну ванну, охороняє розплавлений метал від впливу атмосферного повітря, окислювання й азотування .





1) напрямок зварювання; 2) оболонка захисна; 3) дріт зварювальний; 4) газ захисний; 5) ванна рідкого металу; 6) шов зварний; 7) метал основний.

Рисунок 3.3- Схема процесу напівавтоматичного зварювання CO<sub>2</sub>[8].

Перевагами цього способу зварювання є :

- це є найдешевший спосіб зварювання з серед вибраних ;
- не потрібно відбивати шлак із зварних швів ;
- зменшується затрата ручної праці після зварювання, підготовки до зварювання та зберігання матеріалів в порівнянні ніж з попередніми способами;
- високий ступінь концентрації нагрівання виробу, що дозволяє значно зменшити зону термічного впливу й жолоблення виробу після зварювання ;
- висока продуктивність ;
- можливо зварювати метал товщиною від 2 до 14 мм без розробки кромки ;
- можливість одержання високоякісних з'єднань з металів і сплавів;
- велика можливість механізації й автоматизації процесу .

Недоліки даного способу є:

Основним недоліком цього способу є, неможливість проведення зварювання на відкритому повітрі, не великий ступінь розбризкування металу

Враховуючі переваги та недоліки вище згаданих способів зварювання в даному випадку для виготовлення виробу найбільш доцільним є використання напівавтоматичного зварювання в захисних газах CO<sub>2</sub>.

Це пояснюється тим, що даний спосіб зварювання в порівнянні з іншими способами є :

- найдешевшим ;

- можливо зварювати метал без скосу кромки від 2 до 14мм;
- має високу продуктивність процесу зварювання ;
- зменшується затрати ручної праці ;
- високий ступінь концентрації нагрівання виробу, що дозволяє значно зменшити зону термічного впливу.

Згідно цього способу потрібно правильно підібрати основні і допоміжні зварювальні матеріали з можливістю отримати високоякісні зварні з'єднання, і щоб був рівномірний вплив на основний метал.

При даному способі зварювання можна застосовувати такі різновиди захисних газів у інертних одноатомних газах (гелій , аргон), у нейтральних двоатомних газах (водень , азот), у вуглекислому газі. Одноатомні гази дуже дорогі за рахунок складності їх видобування , тай використовують їх тільки при зварюванні легированих ,сплавів та алюмінію тому вони не підходять .Для захисту зварного шва при зварюванні частіше використовують захисний вуглекислий газ та його суміші з іншими газами (киснем, аргонем). Застосовується в основному для зварювання маловуглецевих і низьколегованих сталей. Вуглекислий газ дешевший за рахунок того що його виготовляють як побічний продукт бродіння або опалювання вапна. Якість вуглекислого газу впливає на якість зварного шва . Призначення  $CO_2$  для зварювання і повинен відповідати ГОСТ 8050-76 в залежності від вмісту  $CO_2$  є два сорти вуглекислоти для зварювання : першого сорту з містом  $CO_2$  не менше 99,5% та другого сорту  $CO_2$  не менше 99%.

Для зварювання рами ескаватора використовуємо вуглекислий газ пергосрту та кисень .

Кисень в промисловості отримуємо із повітря.

Зварювальний сталевий дріт виготовляють суцільного перерізу згідноГОСТ 2246-70 за технічними умовами. Для зварювання маловуглецевих і низьколегованих сталей застосовують такі марки електродного дроту є Св - 08ГС, Св - 08Г2С, Св-12ГС, Св - ХГ2С, які мають підвищений вміст марганцю і кремнію. При застосуванні кремнієво-марганцевих електродних дротів можна

отримати дуже якісні зварні шви, за рахунок цих елементів, тому що менша забрудненість металу шва оксидними включеннями, також зменшується схильність до утворення гарячих тріщин, та має достатньо високі механічні властивості. Щоб отримати якісний шов для зварювання сталі 09Г2С потрібно вибрати марку дроту щоб вміст вуглецю був однаковим або бажано чуть меншим від основного металу якій має вміст 0,009 С. При зварюванні в вуглекислому газовому середовищі відбувається окислення заліза і домішок, що знаходяться в сталі. З перерахованого більше підходить марка зварювального дроту 08Г2С за хімічним складом в йому 0,008 % С який менший від основного металу , 0,2 % Mn та до 0,95% Si від яких розкислення формуються рідких силікатів.

Для одержання високоякісних, зварних швів рами застосовуємо зварювальний дріт марки Св-08Г2С, який набув широкого застосування в машинобудівній промисловості за рахунок зварювання у всіх просторових положення, та за рахунок кремнієво-марганцевих металів шва добре розкислюється і можна отримати з високими, міцними, пластичними властивостями зварний шов.

Хімічний склад та, механічні властивості приведені в таблицях 3.1, 3.2.

Таблиця 3.1-Хімічний склад зварювального дроту Св08Г2С% згідно ГОСТ 2246-70[9]:

Марка дроту	С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S	P
Св-08Г2С	0,05-0.11	0,70-0,95	1,80-2,10	0.20	0,25	-	-	0.025	0,030

Таблиця 3.2-Механічні властивості дроту Св-08Г2С, у %, згідно ГОСТ 2246-70:[9]

Асортимент	Розмір	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\tau$
-	мм.	МПа	МПа	%
ГОСТ 5520-79		520	440	30

Обґрунтування типу зварних з'єднань та розрахунок параметрів режиму зварювання





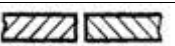

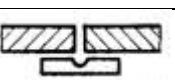



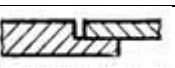

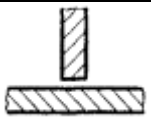
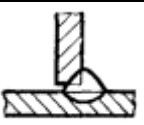
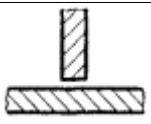
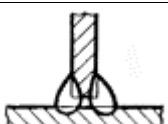
При виготовленні рами використовується товщина стінки профіля 6 мм та кронштейна 10 мм. Щоб отримати якісні шви, потрібно підібрати більш оптимальні типи з'єднань, які займали б менше часу на обробку кромки, та забезпечували б необхідну міцність та пластичність зварних швів. З розрахунку того щоб підібрати правильний тип з'єднання зкористаємося довідником в йому з товщиною стінки 6 та 10мм находимо 9 з'єднань без скосу кромки.

Тип стикового з'єднання С28 з відбортуванням двох кромки також є С3 відбортуванням однієї кромки, С2, С4, С5,С6 форма підготовлених з'єднань без скосу кромки С4- односторонній на мідній знімній підкладці, С5 односторонній на залишковій підкладці, С6 односторонній взамок. Для зварювання таврових з'єднань можна використати: Т1, Т3.Такий тип з'єднання одностороннє, Т1 без скосу кромки, двостороннє зварювання без скосу кромкиТ3. Із вказаних варіантів швів і підготовлення кромки необхідно вибрати більш підхожий з варіантів. Можливі типи зварних з'єднань представлені в таблиці 3.3

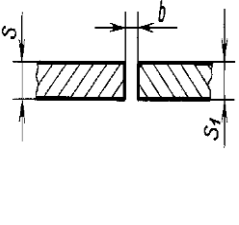
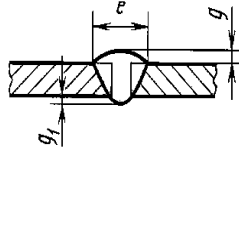
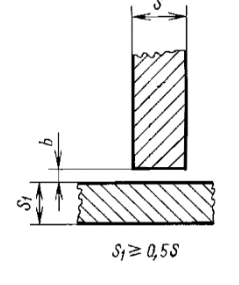
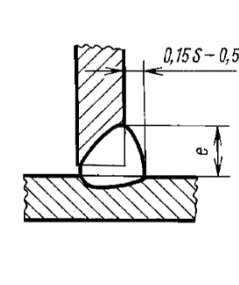
Типи з'єднання С28, С3,С2 вони призначенні для тонколистових металів. Цей процес є дуже трудомісткий в підготовленні кромки. С5, С4, С6 -неможливі тому що не є раціональними зв'язку з технологічними та конструктивними можливостями. С2-раціонально підходить для зварювання . Такі типи швів як Т3 не підходить, тому, що друга сторона шва не доступна для зварювання. Т1 відбувається одностороннє зварювання. Воно раціонально підходить для виробництва рами..

Розглянувши та охарактеризувавши можливі варіанти найбільш раціональні з конструктивних та технологічних міркувань для виготовлення рами вибираємо зварні з'єднання типу С2та Т1 в таблиці 3.4

Таблиця 3 3 -. Типи зварювальних з'єднань при дуговому зварюванні в захисному газі згідно ГОСТ 14771-76[15].

Кутове Тип з'єд- нання	Форма підготовл ених кромок	Характер виконаного шва	Форма поперечного перерізу		Товщина деталей, що зварюються, мм, для способів зварювання	Умовне позна- чення зварного з'єднанн я
			Підготовлених кромок	Виконаного шва		
Стиков е	З відборту- ванням двох кромок	Односторон ній			1,0-12,0	C25
	З відборту- ванням однієї кромки				0,5-4,0	C3
	Без скосу кромок	Односторон ній			0,8-6,0	C2
		Односторон ній на знімній підкладці			0,8-8,0	C4
		Односторон ній що залишається на підкладці			0,8-8,0	C5
		Односторон ній в замок				C6
Тавро ве	Без скосу кромок	Односторонній			0,8-40,0	T1
	Без скосу кромок	Двосторонній			0,8-40,0	T3

Таблиця 3 4 -. Типи зварювальних з'єднань при дуговому зварюванні в захисному газі згідно ГОСТ 14771-76[15].

умовні позначення зварного з'єднання	конструктивні елементи		спосіб зварювання	$S=S_1$	b	e	g		g <sub>1</sub>	
	підготовлених кромок зварювальних деталей	шов зварного з'єднання					Номінал	Пред.откл	номінал	Пред.откл
C2			УП	6	+2,0	12,0	1,5	±0,5	1,5	+1,0
T1				6	±1,0	8				
			10	12						

Розрахунок параметрів режиму зварювання.

При виготовленні рами використовується стикове та таврове з'єднання C2 і T1 згідно:ГОСТ 14771 – 76 УП Δ8 та УП Δ12

Таврове зварне з'єднання, без скошу кромки, односторонній зварний шов, та стикове з'єднання з відбортуванням однієї кромки, односторонній зварний шов виконаний дуговим зварюванням в середовищі вуглекислого газу плавким електродом катетом 8 та 12 мм.

Розрахувати і вибрати параметри режиму напівавтоматичного зварювання в вуглекислому газі стикового і таврового з'єднання з маловуглецевої та низьколегованої сталі товщиною 6 та 10 мм.

Схема з'єднання зображена на (Рисунку 3.4 та 3.5)

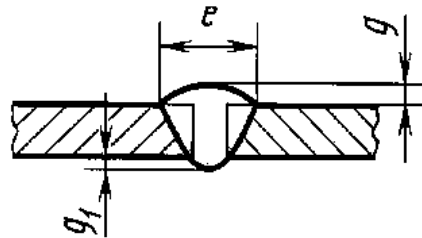


Рисунок 3.4-Схема стикового з'єднання типу С2 згідного ГОСТ 1477-76 [15]

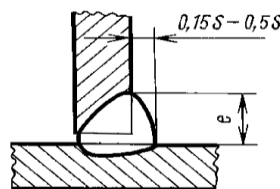


Рисунок 3.5 –Схема таврового з'єднання типу Т1 згідно ГОСТ 1477-76 [15]

Згідно з ГОСТ 14771-76 для товщини металу 6 мм вибираємо одnobічне зварювання без розроблення кромки з наступними конструктивними елементами:

- зазор між зварюваними виробами (e) – 1 мм;
- ширина шва (b) -12 мм;
- величина підсилення шва (a)- 0,5 мм.

За кількості наплавленого металу даний вид зварного з'єднання є найбільш економічним .

Визначаємо глибину розплавлення за формулою :

- для одnobічного зварювання.

$$h = (0,7 \dots 0,8) \cdot S, \text{ мм} \quad (3.1)$$

$$h = 0,75 \cdot 6 = 4,5 \text{ мм}$$

Визначаємо діаметр зварювального дроту з табл.3.5

Таблиця 3.5- Залежність діаметру електродного дроту ( $d_{ел}$ ) від товщини зварюваного металу (S)[16, с. 193]

Товщина металу (S), мм	0,8-2,0	3,0-6,0	8,0-14,0	16,0-20,0	22,0-40,0
Діаметр дроту( $d_{ел}$ ),мм	0,8-1,2	1,2-1,6	1,2-2,0	1,4-3,0	1,6-4,0

Для низьколегованих сталей товщиною 6 мм вибираємо електродний дріт діаметром 1.6 мм марки Св-08Г2С за ГОСТ 2246-70;

Розраховуємо величину зварювального струму за формулою, взявши значення  $K_a$  з таблиці 3.6 [16, с. 194]:

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

$$I_{зв} = \frac{4.5}{1.75} \cdot 100 = 260A$$

Таблиця 3.6 – Залежність коефіцієнта ( $K_a$ ) від діаметру електродного дроту ( $d_{ел}$ ) [16, с.193]

$d_{ел}$ , мм	1,2	1,4	1,6	2,0	3,0	4,0	5,0
$K_a$ , мм/100А	2,10	2,0	1,75	1,55	1,45	1,35	1,20

Уточнюємо діаметр електродного дроту за формулою, з врахуванням даних таблиці 2.10.

Таблиця 3.7 - Залежність густини струму ( $j$ ) від діаметру електроду ( $d_{ел}$ ) при зварюванні стикових та таврових швів без розроблення кромки[16, с. 194].

Діаметр електроду( $d_{ел}$ ),мм	1,2	1,4	1,6	2,0	3,0	4,0	5,0
Густина струму	100-300	90-250	80-230	65-200	45-90	35-60	30-50



(j), A/мм <sup>2</sup>							
------------------------	--	--	--	--	--	--	--

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{I_{зв}}{j}}; \quad (3.3)$$

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{260}{130}} = 1,59 \approx 1,6 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр електродного дроту 1.6 мм.

Визначаємо виліт електроду за таблицею [16,с.194]. Виліт електроду вибираємо рівним 15 мм;

Розраховуємо напругу дуги за формулою:

$$U_D = 20 + \frac{50 \cdot I_{зв}}{1000 \cdot \sqrt{d}} \pm 1 \quad (3.4)$$

$$U_D = 20 + \frac{50 \cdot 260}{1000 \cdot \sqrt{1.6}} \pm 1 = \begin{cases} 31 \\ 29 \end{cases} \text{ В.}$$

Розрахована напруга дуги також відповідає даним таблиці [16, с. 194].

Розраховуємо швидкість подачі дроту за формулою :

$$V_{п.д} = \frac{\alpha_p \cdot I_{зв}}{F_{ел} \cdot \gamma}, \frac{\text{м}}{\text{год}}; \quad (3.5)$$

$$V_{п.д} = \frac{15 \cdot 260}{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot 7,8} = 248 \text{ м/год};$$

приймаємо -  $V_{п.д}=248$  м/год;

Визначаємо швидкість зварювання за формулою.

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

Таблиця 3.8 - Значення коефіцієнта ( $A$ ) в залежності від діаметра електродного дроту ( $d_{el}$ ) [16,с.194]

$d_e, мм$	1,2	1,6	2,0	3,0	4,0	5,0
$A, A \cdot м/год$	$(2-5) \cdot 10^3$	$(5-8) \cdot 10^3$	$(8-12) \cdot 10^3$	$(12-16) \cdot 10^3$	$(16-20) \cdot 10^3$	$(20-25) \cdot 10^3$

$$V_{зв} = \frac{(5 \dots 8) \cdot 10^3}{260} = 19 \dots 30 \text{ м/год.}$$

Так, як зварювання напівавтоматичне, то зварник повинен орієнтуватися на цю швидкість;

Визначаємо витрати вуглекислого газу з таблиці [16, с.194]. Орієнтовні витрати вуглекислого газу за ГОСТ 8050-76 повинні складати 15л/хв.

Таблиця 3.9 - Витрати вуглекислого газу в залежності від діаметру електродного дроту і відстані сопла пальника до поверхні виробу.

Діаметр дроту, мм	0,5-0,8	1,0-1,4	1,6-2,0	2,5-30
Витрата газу, л/хв	5-8	8-16	15-20	20-30
Відстань від сопла до виробу, мм	7-10	8-14	12-18	16-22

Витрати вуглекислого газу 12 л/хв.

Відстань від сопла пальника до поверхні виробу повинна бути в межах 8...15 мм.

Відстань від сопла пальника до виробу вибираємо рівним 8-14мм (табл.3.9).

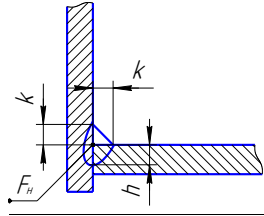
Зварювання зі зворотнього боку виконуємо на аналогічних параметрах режиму.

Параметри шва в даному прикладі не розраховуються так як вони задані ГОСТ14771 – 76 .

Зварювання рами проводимо тавровими швами з катетом 8-12 мм. Типи і катети швів приймаємо з технологічних міркувань.

При розрахунку параметрів режиму зварювання необхідно в першу чергу забезпечити отримання заданого катету шва.

Проведемо розрахунок параметрів режиму зварювання, кутового з'єднання з катетом шва 8- 12 мм. Схема з'єднання приведена на рисунку 3.6.



$k$  - катет шва;  $h$  - глибина розплавлення основного металу;  $F_H$  – площа поперечного перерізу наплавленого металу

Рисунок 3.6 - Схема таврове з'єднання

1) за ГОСТ 14771-76 - для даного типу з'єднання товщиною 10 мм і катетом шва 5мм вибираємо однібічне зварювання без розроблення кромки з зазором між виробами  $e = 0 \dots 1,5$  мм;

2) визначаємо площу наплавленого металу за формулою катет 6 мм із 10мм: [16, с. 196]

$$F_H = \frac{k^2}{2} = \frac{6^2}{2} = 18 \text{ мм}^2 \quad (3.7)$$

$$F_H = \frac{k^2}{2} = \frac{10^2}{2} = 50 \text{ мм}^2$$

3) визначаємо висоту наплавленого металу за формулою :

$$a = \sqrt{F_H} = \sqrt{18} = 4,2 \text{ мм}^2; \quad (3.8)$$

$$a = \sqrt{F_H} = \sqrt{50} = 7,0 \text{ мм}^2$$

4) визначаємо ширину шва за формулою :

$$b = \sqrt{2 \cdot k^2} = \sqrt{2 \cdot 6^2} = 8,4 \text{ мм} \quad (3.9)$$

$$b = \sqrt{2 \cdot K^2} = \sqrt{2 \cdot 10^2} = 14,1 \text{ мм}$$

5) визначаємо загальну висоту шва за формулою , попередньо вибравши значення  $y_{ш}$  з рекомендованої межі 0,8-2,0 мм:

$$y_{ш} = b/H, \text{ тоді } H = b/y_{ш} = 8,4 / 1,0 = 8,4 \text{ мм.} \quad (3.10)$$

$$y_{ш} = b/H, \text{ тоді } H = b/y_{ш} = 14,1/1,0 = 14,1 \text{ мм.}$$

Менше значення  $y_{ш}$  відповідає великим струмам, відповідно великій продуктивності зварювання.

б) визначаємо глибину проплавлення за формулою :

$$h_0 = H - a = 8,4 - 4,2 = 4,2 \text{ мм;} \quad (3.11)$$

$$h_0 = H - a = 14,1 - 7 = 7 \text{ мм;} \quad (3.11)$$

7) вибираємо діаметр електродного дроту з табл.1, а марку дроту з табл.2. Для маловуглецевої сталі товщиною 6-10 мм, вибираємо дріт діаметром 1,6 мм і марку Св-08Г2С ГОСТ2246-70;

8) визначаємо зварювальний струм за формулою , взявши значення  $K_a$  з таблиці 2: [16, с. 194]

$$I_{зв} = \frac{h_0}{K_a} \cdot 100 = \frac{4,2}{1,75} \cdot 100 = 242 \text{ А} \approx 250 \text{ А} \quad (3.12)$$

$$I_{зв} = \frac{h_0}{K_a} \cdot 100 = \frac{7}{1,75} \cdot 100 = 404 \text{ А} \approx 400 \text{ А}$$

Густина струму не виходить за межі вказаного діапазону згідно табл. 8:

$$j = \frac{I_{зв}}{\pi \cdot r^2} = \frac{250}{3,14 \cdot 0,8^2} = 124,3 \text{ А/мм}^2 \quad (3.13)$$

$$j = \frac{I_{зв}}{\pi \cdot r^2} = \frac{400}{3,14 \cdot 0,8^2} = 198,9 \text{ А/мм}^2$$

9) визначаємо швидкість подачі електродного дроту. Орієнтовно приймаємо для струму з графіка рис.5 (додаток 2) швидкість подачі електродного дроту

10) розраховуємо напругу дуги за формулою:

11) визначаємо швидкість зварювання за формулою [16, с. 196]:

$$U_D = 20 + \frac{50 \cdot I_{ЗВ}}{1000 \cdot \sqrt{d_{ел}}} \pm 1 = 20 + \frac{50 \cdot 250}{1000 \cdot \sqrt{1.6}} \pm 1 = 28,8 \text{ В} \quad (3.14)$$

$$U_D = 20 + \frac{50 \cdot I_{ЗВ}}{1000 \cdot \sqrt{d_{ел}}} \pm 1 = 20 + \frac{50 \cdot 400}{1000 \cdot \sqrt{1.6}} \pm 1 = 34, \text{ В}$$

$$V_{ЗВ} = \frac{\pi \cdot F_{ен} \cdot V_{не}}{F_H} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot 250}{18} = 27,9 \text{ м/год} = 0,77 \text{ см/с} \quad (3.15)$$

$$V_{ЗВ} = \frac{\pi \cdot F_{ен} \cdot V_{не}}{F_H} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot 400}{50} = 16 \text{ м/год} = 0,44 \text{ см/с}$$

12) перевіряємо чи забезпечують розраховані параметри режиму отримання потрібної площі наплавленого металу за формулою :

$$F_H = \frac{a_H \cdot I_{ЗВ}}{3600 \cdot \gamma \cdot V_{ЗВ}} \text{ см}^2 \quad (3.16)$$

Коефіцієнт наплавлення визначаємо за формулою :

$$a_H = a_p(1 - Y) ; \quad (3.17)$$

Значення коефіцієнта розплавлення ( $a_p$ ) вибираємо з графіка рис.3 (додаток 2) і він становить  $a_p=14$ ,  $a_p=20$ ,  $\Gamma/A \cdot год$ .

Тоді

$$a_H = 14(1 - 0,091) = 13,6 \Gamma/A \cdot год.$$

$$a_H = 20(1 - 0,091) = 19,9 \Gamma/A \cdot год.$$

$$F_H = \frac{13,6 \cdot 250}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,77} = 0,157 \text{ см}^2 = 15,7 \text{ мм}^2$$

$$F_H = \frac{19,9 \cdot 400}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,44} = 0,64 \text{ см}^2 = 64 \text{ мм}^2$$

Через витрати електродного металу на розбризування розраховані параметри режиму не забезпечують отримання необхідної площі наплавленого металу, а тому проводимо коректування параметрів режиму зварювання за рахунок зменшення швидкості зварювання: [16, с. 195]

$$V_{ЗВ} = \frac{a \cdot I_{ЗВ}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} = \frac{13,6 \cdot 250}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,18} = 0,67 = 24 \text{ м/год} \quad (3.18)$$

$$V_{ЗВ} = \frac{a \cdot I_{ЗВ}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} = \frac{19,9 \cdot 400}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,50} = 0,569 \text{ см/с} = 20,5 \text{ м/год}$$

В ряді випадків можна зразу визначити швидкість зварювання за формулою ;

13) визначаємо виліт електродного дроту з сопла пальника за табл. 3.9 Виліт електроду орієнтовно приймаємо рівним 15...18 мм;

14) визначаємо витрати вуглекислого газу з табл.3.9. Орієнтовні витрати вуглекислого газу і його сорту за ГОСТ 8050-76 становлять 15 л/хв. Відстань від сопла пальника до поверхні виробу вибираємо рівній 12-14 мм (табл.3.9).

Зварювання з зворотнього боку виконуємо на аналогічних параметрах режиму.

Параметри шва в даному прикладі не розраховуються так як вони задані для параметрів згідно ГОСТ.

**Таблиця 3.10 – Параметри режимів зварювання в суміші CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>**

Тип з'єднання	Т1		С2
	Товщина мм.	6	10
Струм А.	250	400	260
Діаметр електроду d <sub>e</sub>	1,6	1,6	1.6
Напруга В	29	34	28
Швидкість зварювання м/год	27.9	16	28
Величина вильоту електрода, мм	10	12	10
Витрати захисного газу, л/хв.	10	15	10

## Виріб і обґрунтування зварювального устаткування

Щоб отримати високо якісні зварні шви багато що залежить від обладнання, а особливо від джерела струму, вибір його базується на отриманих даних та розрахунках вибираємо відповідне джерело струму:

- конструкція відповідальна то для зварювання потрібно джерело постійного струму з жорсткою вольт-амперною характеристикою

- джерело постійного струму повино забезпечувати безперервний режим зварювання:

- джерело повине бути надіне і просте у використанні .

З перахованих вимог вибираю випрамляч КИГ-501 він є стаціонарний універсальний тиристорний його можна укомплектовувати для зварювання автоматичного і напівавтоматного, для виконання зварювання під флюсом і в середовищі захисного газу на (рис 3.7).



Рисунок 3.7- Загальний вигляд напівавтомата КИУ-501[12]

Технічна характеристика джерела постійного струму в таблиці 3.11

При зварювальних роботах параметри задаються в цифровому вигляді в абсолютних значеннях струму і напруги, відображаються на цифрових індикаторах.

Таблиця 3.11 - Технічна характеристика КИУ-501: [12]

Технічна характеристика:	MIG/MAG
Номінальний зварювальний струм, А (при ПН-100%)	420
Номінальний зварювальний струм, А (при ПН-60%)	500
Межі регулювання зварювального струму, А	60-500
Межі регулювання робочої напруги, В	40 ступеней 18-50
Напруга холостого ходу, В	85
Номінальна напруга мережі, В	380
Номінальна частота, Гц	50
Число фаз мережі живлення	3
Споживча потужність, кВА	40
Габаритні розміри, мм	730X590X830
Маса, кг	230

За рахунок того що КИУ-501 це джерело постійного струму потрібно укомплектувати **подаючи механізм** напівавтоматичного типу ПДГ 312-5.

Напівавтомат використовується для дугового зварювання у вуглекислому газі типу ПДГ-312-5 він є штовхаючого типу, закритий, встановлений на коліщатах. Напівавтомат складається з подаючого механізму (2-х роликів привід, редуктор, електродвигун), касети для зварювального дроту, гальмівного пристрою, схеми керування і електромагнітного пневмоклапана. На лицьовій панелі є резистори регулювання тривалості режиму зварювання, швидкості подачі



електродного дроту та напруги на дузі. Технічна характеристика напівавтомату ПДГ-312-5 приведена в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 - Технічна характеристика напівавтомату ПДГ-312-5[13]

Параметр	Значення
Номінальний зварювальний струм, А	315
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	40-960
Діаметр, електродного дроту, мм	0,8-1.6
Маса, кг, не більше	20
Габаритні розміри, мм, не більше	600x240x450

Найбільш важливим вузлом будь-якого зварювального апарату є пальник.

За допомогою пальника збуджується зварювальна дуга і здійснюється переміщення вздовж шва формування і направлення, потоку захисного газу шов захищає від навколишнього середовища.

Технічна характеристика серійного пальника типу ГДПГ-405 для напівавтоматичного зварювання плавким електродом в середовищі захисних газів приведена в таблиці 3.13.

Таблиця .3.13 -Технічна характеристика пальника ГДПГ-405[14]

Номінальний зварювальний струм, А	400
Охолодження	повітряне
Діаметр електродного дроту, мм	1,2-1.6
Довжина шлангу, м	5
Маса, кг	1,2

Для виготовлення рами в якості зварювального обладнання можна застосовувати джерела постійного струму КИУ-501 має великий коефіцієнт ПН-100% 420 А.

Відповідно до вимог, наведених вище, і з врахуванням розрахованих параметрів режиму зварювання та типу виробництва для виготовлення рами вибираємо КИГ-401 та напівавтомат типу ПДГ-312-5 і пальник ГДПГ-405.

### 3.2 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення виробу

Технологічний процес виготовлення рами складається із наступних операцій: заготівельні, складальні, зварювальні, опоряджувальні, допоміжні, контроль якості.

#### Заготівельні операції

Для отримання заготовок, з яких складаються вузли рами, необхідно виконати наступні операції:

- правлення;
- розмічування;
- різання;
- очищення.

Заготовки виготовляють із листового прокату та фасонних профілів великого перерізу. Необхідно виправити нерівності які виникли при транспортуванні, щоб в подальшому була висока точність різання, складання і зварювання аби уникнути напружень. Різання профілю доцільно виконувати механічним способом після якого 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 450\450 HCN(рис.3.8) здійснює різання прямокутних труб. Заготовка подається на допоміжний стіл перед станком доки не впреться в обмежувач подачі руху прижимається упором і відрізається торець профілю, щоб деталі були з рівним торцями..



Рисунок 3.8 Загальний напівавтоматичний стрічково-відрізний станок по металу 450\450 HCN [17]

Після того відрізають певної довжини деталі згідно кресленню Готові вироби скочуються з верстата до приймального контейнера. Комплекс не вимагає додаткових механічних операцій з обробки труби (свердління, пробивання, різання, зачистка), що значно скорочує час обробки заготовки. Для виготовлення кронштейнів потрібно порізати листовий метал 10мм який попередньо правився, форми і розміри деталей відповідно за креслення закладаються в програмі станка (рис.3.9) які він буде різати . На універсальному плазмовому верстаті ЧПУ Advercut Plasmatic 1530 який може вирізати різні деталі і конфігурації складної форми .



Рисунок 3.9 Загальний вигляд плазмовий верстат ЧПУ Advercut Plasmatic 1530[18]

Під час різання заготовка або лист повинен бути закріплений фіксаторами для того щоб були менші похибки і запобігти їх виникненню . Притискачі повинні так стояти щоб не заважати рухатися головці по листу. Виставляють параметри різання струм, напруга , швидкість руху та кіськість жжатого товітря, далі виставляють нулюву точку і запускають станок .

Перед складальними операціями проводимо очищення зварювальних кромки деталей від шлаку і нагару молотками і зачисним інструментом. Фарбу, іржу і мастила видаляємо металевими щітками і протираємо тканиною.

#### Складально-зварювальні операції

Перед складанням візуально перевіряємо відповідність деталей вузлів вимогам креслення. При складанні виробу забезпечуємо таке взаємне розміщення

деталей, у якому вони повинні знаходитись в готовому вигляді. Кондуктор повинен володіти жорсткістю і міцністю, необхідною для запобігання деформацій при зварюванні. Для виконання складання, а також і зварювання вузлів рами, кронштейни використовуємо складально-зварювальні кондуктори, кільцевий кантувач складання кожного вузла окремо методом розчленування по вузлах відбувається по трьох постах .

Складання конструкції рамина першій позиції:

- встановити у кондуктор дві профільні балки паралельно одна одні до упор та закріпити пневмопритискачами ;

- встановити поперечки поміж балками до упору та притиснути пневмопритискачами ;

- виконати прихвачування у відповідних місцях та із всіх сторін по можливості цього;

- потрібно витримати виріб до повного охолодження , послабити всі притискачі;

- закріпити стропами раму на кран балці, перемістити до кільцевого кантувача;

- ; відкрити кріплення;

- вложили раму в кантувач далі зафіксувати раму по балках;

- обварити раму з всіх сторін поступопо обертаючи ;

Складання конструкції кронштейна на другій позиції

- встановити у кондуктор елементи кронштейна дві плити паралельно одна одній щоб їх отвори співпадали та закріпити пневмопритискачами ;

- після того встановлюються всі остальні плити та прихоплюються, перевіряється правильність розмірів і все обварюється.

- далі перевіряють якість зварних швів .

Складання конструкції повне скаладання рами на першій позиції

- рама яка була закріплена в кільцевому кантувачу так і залишається зафіксована, готові кронштейни встановлюються кран балкою на раму та притискають пневмопритискачами і так по черзі чотири штуки;

- після всіх закріплених кронштейнів перевіряють правильність закріплення та прихвачують;

- далі всі кронштейни обварюються ;

- встановити глушкі і прихопити кожну;

- далі обварити глушкі.

#### Опоряджувальні операції

Після виконання зварювання проводимо зачищування швів, видалення металевих бризів з поверхонь зварних вузлів. Для опоряджувальних операцій використовуємо окуляри (РОСОМЗ ЗН11 PANORAMA, тримають удар до 3кДж) (рис.3.10), молоток слюсарний 7850-0118 0,5 кг (тип 2) ГОСТ 2310 (рис.3.11) шліфувальна машина G23U2 (рис.3.12), щітка дискова металева ЩД-06 (рис.3.13).



Рисунок 3.10 Загальний вигляд окулярів РОСОМЗ ЗН11 PANORAMA[19]



Рисунок 3.11 Загальний вигляд молоток слюсарний 7850-0118[20]



Рисунок 3.12 Загальний вигляд шліфувальної машинки G23U2[21]



Рисунок 3.13 Загальний вигляд щітка дискова металева ЩД-06

Допоміжні операції

При виготовленні рами виконуємо наступні допоміжні роботи:

- налагоджувальні;
- перевантажувальні;
- підіймально-транспортні.

Перед початком зварювання проводимо налагодження обладнання, регулюємо витрати захисного газу, виліт електродного дроту, встановлюємо параметри необхідного режиму зварювання.

При виконанні перевантажувальних і підіймально-транспортних робіт здійснюємо встановлення деталей у кондукторі, перевезення заготовок на робоче місце, транспортування вузлів на наступні операції.

Контрольні операції якості зварювання виробу

Контрольні операції містять комплекс контрольних робіт на кожному етапі виготовлення зварної конструкції. Сюди входять:

- контроль вхідних зварювальних матеріалів;
- контроль зварювальних матеріалів;
- контроль якості заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій та операції зварювання;
- контроль зварних з'єднань і готової продукції.

Зовнішнім оглядом перевіряємо форму і розміщення швів у відповідності із кресленням, наявність зовнішніх дефектів та деформації вузлів, ультразвуковим ехоімпульсним методом вибірково перевіряємо раму на наявність дефектів зварного шва.

### **3.3 Нормування витрат зварювальних матеріалів та електроенергії**

Нормування витрат зварювальних матеріалів здійснюється з метою встановлення їх кількості, необхідної для виготовлення зварної конструкції і забезпечити економічне витрачання і раціональне використання матеріалів у

зварювальному виробництві підприємств промисловості і будівництва. 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" [11, с.2].

При механізованому зварюванні плавким електродом у захисних газах нормуванню підлягають витрати електродного дроту та захисного газу.

Норма витрат зварювального дроту на зварювання стінки визначається за формулою [11, с.6]:

$$H_{вирп} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m H_{bij} \times L_{ij} \times K_{1i} \times K_{2j} \times K_{3i}, \quad (3.19)$$

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 ( $K_{1i} = 1,1$  [11, с.10]);

$K_{2j}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує просторове положення  $j$ -го шва ( $K_{2j} = 1,1$ [11,с.7]);

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

$j$  - кількість швів,  $j = 1, 2, 3, \dots, n$ .

Норматив витрат зварювального дроту при дуговому зварюванні визначається за формулою [11, с.6]:

$$H_{bi} = M \cdot K_{bi}, \quad (3.20)$$

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

$$H_{bi} = 1,4 \cdot 1,1 = 1,5$$

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

$K_{bi}$  - коефіцієнт витрат  $i$ -го матеріалу, що враховує технологічні втрати і відходи зварювальних матеріалів ( $K_{bi} = 1,1$  [11, с.10]).

Маса наплавленого металу на 1 метр шва визначається за формулою [11, с.6]:

$$M = F \cdot \rho \cdot L \cdot 10^{-3} \quad (3.21)$$

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

$$M = 0,18 \cdot 7,85 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1,4 \text{ кг.}$$

де  $F$  - площа поперечного перерізу наплавленого металу шва зварного з'єднання,  $\text{м}^2$ ;

$\rho$  - густина металу шва, для маловуглецевої сталі  $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$  [8,с.6];

$L$  - довжина шва, м.

За формулою (3.19), враховуючи формули (3.20) і (3.21), визначаємо витрати зварювального дроту:

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

$$H_{\text{вигр}} = 1,5 \cdot 7,1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 13 \text{ кг.}$$

Норма витрат захисного газу визначається за формулою [11, с.10]:

$$H_{\text{взг}} = \sum H_{\text{г}} + \Pi_{\text{гзк}} \quad (3.22)$$

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

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

Норматив витрати захисного газу на метр шва визначається за формулою [11,с.10]:

$$H_{\text{г}} = \sum H_{\text{ПГ}} \cdot T_{oi} + H_{\text{ДГГ}} = 108,9 \quad (3.23)$$

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



де  $H_{нг}$  - питома витрата захисного газу, л/хв;

$T_{oi}$  - основний час зварювання одного метра шва, хв;

$H_{дгі}$  - додаткові витрати захисного газу на виконання підготовчо-заклучних операцій при зварюванні і-того проходу  $m^3$ ;

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

Основний час зварювання одного метра шва визначається за формулою [11, с.28]:

$$t_0 = \frac{m_H \cdot 60}{\alpha_H \cdot I_{36}}, \quad (3.24)$$

де  $m_H$  - маса наплавленого металу на один метр шва [9, с.22]:

$$m_H = \rho \cdot F_M, \quad (3.25)$$

де  $F_M$  - площа поперечного перерізу наплавленого металу шва,  $m^2$ . Додаткові витрати захисного газу розраховуються за формулою [16, с.194]:

Норма витрати газу на конструкцію  $H_{гзк}$  в загальному вигляді визначається за формулою

$$H_{гзк} = \sum H_r + \Pi_{гзк} \quad (3.26)$$

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

Витрати електроенергії на один кілограм наплавленого металу визначаються за формулою [22, с.33]:

$$E = \frac{U_d}{\alpha_n \cdot \eta_e \cdot k_d}, \quad (3.27)$$

де  $\eta_e$  - ефективний коефіцієнт корисної дії процесу нагрівання ( $\eta_e=0,7\dots0,99$  [22, с.34]; приймаємо  $\eta_e = 0,8$ );

$k_d$  - коефіцієнт корисної дії джерела живлення дуги.

Витрати електроенергії визначаємо враховуючи масу наплавленого металу в цілому на зварювання всіх швів конструкції. Тому формула (3.27) в такому випадку буде мати наступний вигляд:

$$E = \sum \frac{U_{\delta} \cdot M}{\alpha_n \cdot \eta_e \cdot k_{\delta}} \quad (3.28)$$

За формулою (3.28), враховуючи формулу (3.21), визначаємо витрати електроенергії:

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

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

Таблиця 3.14 - Нормування витрат зварювальних матеріалів:

витрати зварного дроту $N_{\text{вир}}$	K= 18 мм	K= 50 мм
	13 кг.	32 кг.
витрати захисного газу $N_{\text{взг}}$	109.6л.	109.6л.
витрати зварювального струму E	7,3 кВт/год.	14 кВт/год

## 4. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 4.1. Обґрунтування зварювального пристосування

Виробництво починається з вибору зварювального пристосування це є головним із етапів виготовлення виробів.

Для того щоб вибрати нове пристосування вибір проводимо на основі таких вимог:

– пристосування повине забезпечувати велику точність розмірів та геометричних форм.

- повинне полегшувати праю працівникам;
- збільшення обсягу випуску продукції;
- надійність закріплення деталей та вузлів зварних конструкцій;
- зменшення часу на виготовлення виробу;
- зменшення часу на технологічний процес
- зменшення число робітників ;
- простота навчання нових робітників ;
- підвищується якість зварних швів;
- здешевлення продукції;
- простота взаємозамінності деталей
- підвищення рівня автоматизації виробництва;

Конструкційну оснастку вибирають з врахуванням стандартних та унікальних рішень для даного виробу технологічних операцій на основі:

- точність параметрів;
- характеристики матеріалу конструкції;
- розмір заготовок;
- технологічних схем базування та фіксації заготовок;
- характеристик допоміжних пристроїв для переміщення зварюваних виробів;
- обсягі виробництва.

Конструкцію пристосування при зварюванні вибирають в залежності від конструктивних параметрів виробу та програми випуску продукції. Для даних конструкції застосовується такі типи кантувачів при зварюванні і складання виробу туди відносяться: спеціалізовані кондуктора , двостоякові з нерухомими центрами, двостоякові, одностоякові з рухомими центрами, кільцевий, домкратний, кантувачі для полотниць, лацюгові застосовують такі зварювальні пристосування в масовому виробництві. В серійному виробництві використовуються спеціальні стелажі вони надійні , прості , дешеві цим способом можна виготовити і невелику кількість. Враховуючи те що ми розглядаємо серійне виробництво зварних рамних конструкцій . Серед цих типів кантувачів більше підходить для виготовлення рами, спеціалізований кондуктор та кільцевий кантувач ,тому що він призначений для виготовлення рамних конструкцій. Для виготовлення рами зручний у застосуванні тому займає мало місця у цеху, має просту, надійну конструкцію на закріплення виробу. Він складається з двох різних кільцевих опор, одна з яких оснащена електроприводом з електродвигунами який приводить в дію редуктор, в якому закріплені рама в кантувачі пневматичними притискачами для надійного закріплення при обертанні при зварюванні .

В роботі розглянута конструктивна схема складально зварювального кондуктора він являє собою набір елементів фіксаторів, пневмо притискачів та упорів розглянемо його в роботі конструкція складається з великої кількості деталей , з'єднаних проводимо за допомогою прихваток щоб в подальшому провести повне зварювання швів. При складанні конструкції в кондуктор потребує послідовного установлення елементів виробу в притискачі з наступним незалежним закріпленням кожної з них. Установленні в необхідному положенні заготовки закріплюються притискачами з додержанням, визначених технологічним процесом зазорів та прихватками.

Кондуктор покритий спеціальним покриттям щоб під час прихватування окремі діталі не покривалися бризгами розплавленого металу які можуть заважати збирання виробу.

.У несучих та опорних конструкціях складально-зварювального пристосування добре розподілені зусилля від власної ваги та від самого зварюваного виробу.

У конструктивних елементах кондуктора виникають зусилля від деформацій виробу, що утворюються в процесі прихвачування та наступного охолодження закріпленого виробу. Тому пристрої сприяють зменшенню залишкових деформацій в зварному вузлі.

Ці притискачі кондуктора повинні забезпечувати таке закріплення заготовок в напрямку перпендикулярному дії сили притискачів щоб не було деформації конструкції.

Для скаладання зварної конструкції використовуємо складально-зварювальний кондуктор а кінцеве зварювання виробу будемо виконувати в кільцевому кантувачі для полегшення праці робітникам та зварювальнику вибираємо ще кантувача зарахунок що цех в нас маленький з не високим потолком вибираємо кантувач кільцевий .

Кантувач кільцевий - це стаціонарне обладнання, яке дозволяє закріпити зварювальний виріб та повертати його для зручного зварювального положення

Якість зварних швів та продуктивність зварювання та зварюваних кромок забезпечується в нижньому положенні досягається за рахунок використання кільцевих кантувачів.

Кільцевий кантувач призначений для устанавлення зварюваних виробів в зручне для зварювання положення шляхом повороту осі виробу.

Він є стаціонарний, пристрої, які дозволяють закріпити зварювані вироби устанавлювати та повертати їх в зручне для зварювання положення.

. За рахунок цих переваг вибрав таке пристосування для зварювання рами.

#### **4.2.Розрахунок елементів зварювального пристосування**

Для притискання листів стінки на стенді застосовуються пневматичні притискачі. Так як для притискання елементів металевої рами потрібно з великими зусиллями щоб не було деформацій .[26,с.103...109]:

а) визначаємо зусилля, яке створює пневмоциліндр:

$$P = g \cdot (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot \eta, \quad (4.1)$$

де  $g$  – тиск стиснутого повітря, МПа;

$D$  – діаметр поршня, мм;

$\eta$  – ККД, %;

$\eta = 0,85 - 0,9$ ;

$$P = 4 \cdot 10^5 \cdot (3,14 \cdot 0,1^2 / 4) \cdot 0,9 = 28260 \text{ Н} = 28 \text{ кН}.$$

б) визначаємо зусилля при зворотньому русі штока:

$$P_{зв.р} = g \cdot (\pi \cdot (D^2 - d^2)) / 4 \cdot \eta, \quad (4.2)$$

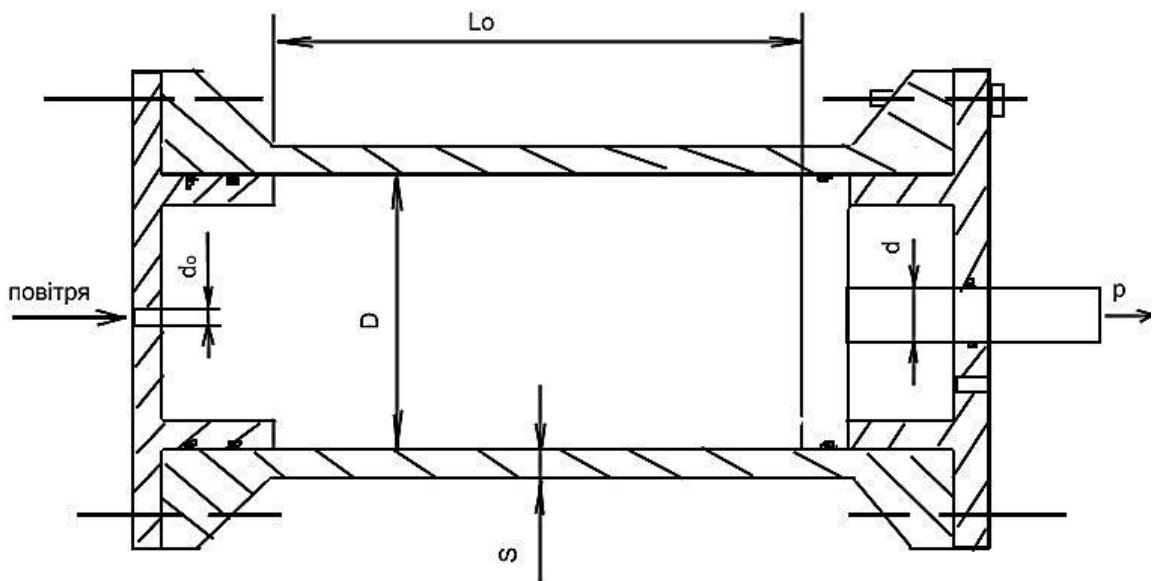


Рисунок 4.1 – Схема пневмоциліндра

$$P_{зв.р} = 4 \cdot 10^5 \cdot (3,14 \cdot (0,1^2 - 0,06^2)) / 4 \cdot 0,9 = 2463 \text{ Н} = 24 \text{ кН}.$$

в) визначаємо товщину стінки

$$S_n \geq D_n \sqrt{g / 2[r]}, \quad (4.3)$$

де  $D_n$  – діаметр пневмоциліндра;

$$S_n \geq 0,19 \sqrt{4 \cdot 10^5 / 2 \cdot 160 \cdot 10^6} = 0,0043 \text{ м} = 4 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину стінки  $S = 5 \text{ мм}$ .

г) визначаємо товщину кришки

$$S_k = 0,56 \cdot D_k \sqrt{g} / [r], \quad (4.4)$$

$$S_k = 0,56 \cdot 0,19 \sqrt{4 \cdot 10^5 / 160 \cdot 10^6} = 0,003 \text{ м} = 3 \text{ мм}.$$

Приймаємо товщину кришки  $S = 3 \text{ мм}$ .

д) визначаємо зусилля на один болт

$$P = \pi / 4 n [ D_n^2 g + (D_1^2 - D_2^2) \cdot g_{\text{пр}} ]; \quad (4.5)$$

де  $n$  – число болтів;

$g$  – тиск що діє на прокладку;

$g_{\text{пр}} = (1,5 \cdot 2) g$ ;

$$P = 3,14 / 4 \cdot 4 [ 0,03^2 \cdot 4 \cdot 10^5 (0,04^2 - 0,03^2) \cdot 10^5 ] = 280 \text{ Н}.$$

#### *Розрахунок опорного швелера кондуктора*

Верхній швелер не тільки опора для пневмопритискачів, але й стенд для самого виробу де буде він збиратися та прихоплюватися . У зв'язку цим його розраховують на міцність та жорсткість, щоб пружна деформація швелера не перевищувала допустимої величини, обумовленої необхідною точністю положення елементів котрукції .

Розрахункова схема верхнього опорного швелера притискного пристрою стенда показана на (рисунок 4.2).

Згинання швелера виникає від дії рівномірно розподіленого навантаження [23, с. 109]

$$q = q_0 - p, \quad (4.6)$$

$$q = 900 - 280 = 620 \text{ Н/м}$$

$q_0$  - розподілене навантаження від власної ваги швелера, Н/м;

$p$  - розподілена сила клавішних притискачів, Н/м.

Найбільший згинальний момент буде посередині прольоту швелера

$$M_3 = \frac{q \cdot L^2}{8}, \quad (4.7)$$

$$M_3 = \frac{620 \cdot 4380^2}{8} = 1714 \text{ Н/м}$$

Максимальні напруження від згинального моменту

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W} \leq [\sigma] \quad (4.8).$$

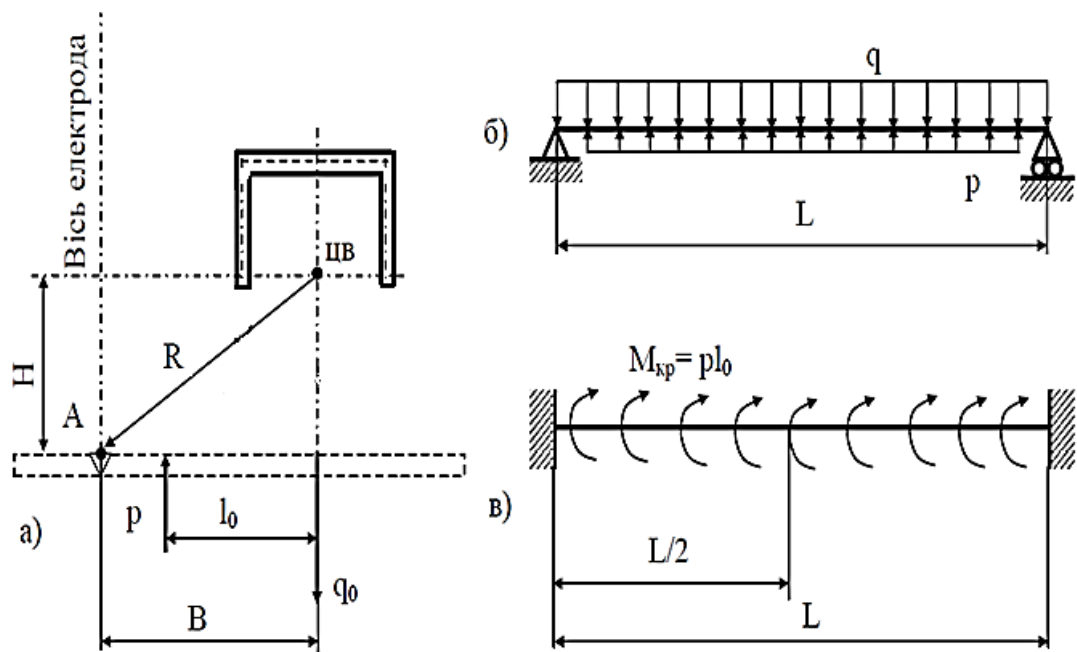
$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W} = \frac{M_3}{\sigma_3} = \frac{1714}{160} = 9,2 \text{ МПа}$$

Максимальний прогин швелера посередині прольоту

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I}. \quad (4.9)$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{1714 \cdot 4380^4}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 895} = 0,158 \text{ м}$$





а - схема сил в поперечному перерізі швелера ; б - згинання швелера;

в - кручення швелера

Рисунок.4.2 . Схема навантаження верхньої опорної швелера

У той же час швелер працює на кручення в дії позacentрового навантаження на клавіші. Найбільший крутний момент діє не посередині прольоту швелера, а на його кінцях і не суміщується з дією найбільшого згинального моменту. У середньому перерізі швелера крутний момент дорівнює нулю. У зв'язку з цим вплив кручення на міцність швелерає незначна, але не можна нехтувати крученням при розрахунках на жорсткість. Найбільший кут закруту буде посередині швелера, де виникає максимальний прогин від згинального моменту. Тобто, посередині швелера виникає підсумковий прогин від закруту та згинання. Швелера навантажена крутним моментом, рівномірно розподіленим по всій довжині [23, с. 110]

$$m_{кр} = p \cdot l_0 \quad (4.10)$$

де  $l_0$  - поперечне плече сили відносно центра ваги швелера.

Найбільший крутний момент діє в защемленні швелера

$$M_{кр} = m_{кр} \frac{L}{2} = \frac{p \cdot l_0 \cdot L}{2} \quad (4.11)$$

$$M_{KP} = \frac{280 \cdot 0,004 \cdot 4,380}{2} = 2452 \text{ нм}$$

Найбільш дотичні напруження від кручення будуть на опорі

$$\tau = \frac{pl_0L}{4F\delta} \leq [\tau] \quad (4.12)$$

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

де F - площа, що обмежена середньою лінією;

$\delta$  - товщина стінки швелера.

Підсумковий кут закруту знаходять, як суму елементарних кутів закруту. Значення кута закруту швелера посередині прольоту визначається за формулою

$$\alpha = \frac{p \cdot l_0 \cdot s \cdot L^2}{32 \cdot F^2 \cdot G \cdot \delta} \quad (4.13)$$

$$\alpha = \frac{280 \cdot 4 \cdot 4,380 \cdot 0,10}{32 \cdot 2,34 \cdot 10^{-3^2} \cdot 0,0052 \cdot 5,3846 \cdot 10^{10}} = 0,8988$$

де s - довжина середньої лінії поперечного перерізу швелера;

$\alpha$  - кут закруту швелера, рад;

G - модуль зсуву, Мпа.

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} \quad (4.14)$$

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

*Розраховуємо кантувача кільцевого*

Загальною схемою зображений кільцевий кантувач на рис.4.3.

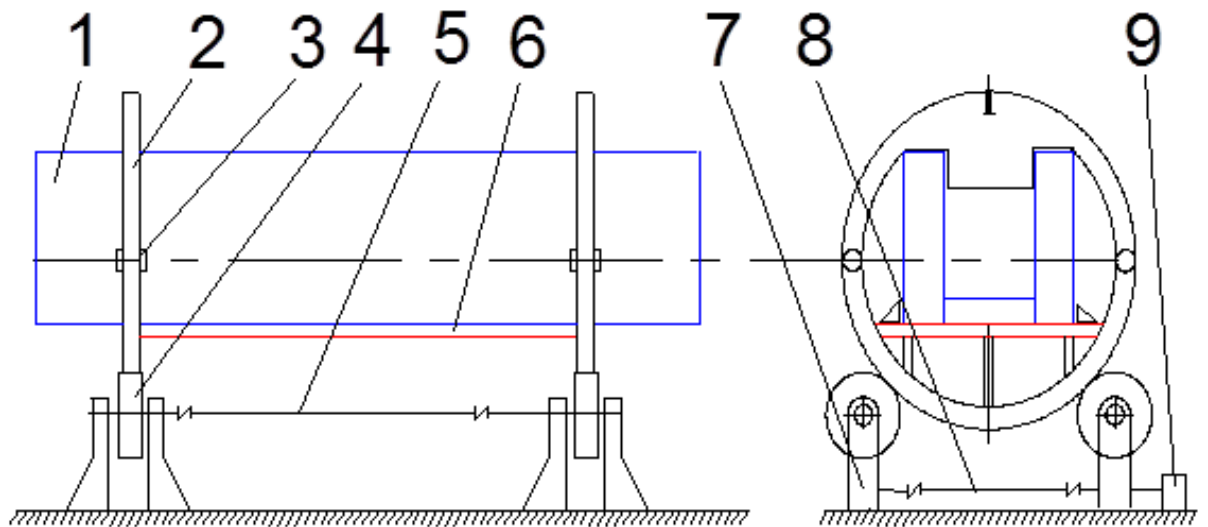
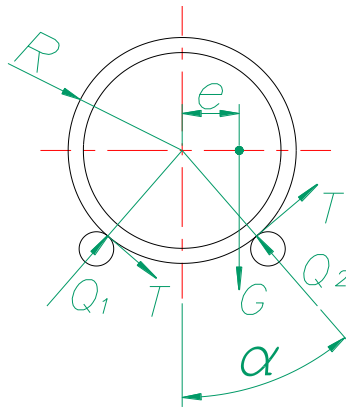


Рисунок.4.3 Схематичне зображення кільцевого кантувача.

- 1 – зварювальна конструкція;
- 2 – розкривкі кільця ;
- 3 – фіксатор;
- 4 – опорно привідний ролик з покриттям ;
- 5 – вал що зв'язує ролик по довж;
- 6 – упорна плита;
- 7 – черв'ячний редуктор;
- 8 – вал поперечний привідний;
- 9 – електродвигун.

Розрахунок кільцевого кантувача



$G$  – маса з кільцями та виробом разом і складальними пристосуваннями ;  
 $e$  – зміщення від центру.

Рисунок.4.4.- Схематичне зображення для розрахунку кільцевого кантувача.

Визначення силових факторів: [23, с. 197]

Вантажний момент:

$$M_{zp} = Ge \quad (4.15)$$

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

Склавши і вирішивши рівняння рівноваги щодо центру кільця і позначивши

$\frac{e}{R} = \varepsilon$ ,  $\frac{0,50}{1} = 0,5$  находимо опорні реакції  $Q_1$  і  $Q_2$  окружні навантаження  $T$ :

$$Q_1 = \frac{G}{2} \left( \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - \frac{\varepsilon}{\text{tg} \frac{\alpha}{2}} \right) \quad (4.16)$$

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

$$Q_2 = \frac{G}{2} \left( \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} + \frac{\varepsilon}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right); \quad (4.17)$$

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

$$T = 0.5Ge; \quad (4.18)$$

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

Розраховуємо поздовжній вал з максимальними навантаженнями:

$$N = \sqrt{Q_2^2 + T^2} \quad (4.19)$$

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

Зусилля обертання роликів, приведена до їхньої діаметру:

$$W = K_p \frac{Nfd_s + 2Q_2\mu}{D_p} \quad (4.20)$$

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

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 кочені;

$\mu = 0.3$  - тертя роликів опору 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: [23, с. 198]

$$M_{кр1} = 0.5D_p(T + W) \quad (4.21)$$

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

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

$$M_u = Nk$$

$$M_u = k\sqrt{Q_2^2 + T^2} \quad (4.22)$$

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

де  $k$  – відстань між прикладеною силою підшипника.

Еквівалентний момент:

$$M_{\vartheta} = \sqrt{M_{кр1}^2 + M_u^2} \quad (4.23)$$

$$M_{\vartheta} = \sqrt{2951^2 + 2480^2} = 3854..нм$$

Розрахунок валу:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10M_{\vartheta}}{[\sigma]}} \quad (4.24)$$

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

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

$$M_{кр} = \frac{G}{i \eta_{ред} \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \cdot \left( 0.5 \cdot D_p \cdot \varepsilon \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + K_p \cdot \frac{f \cdot d + 2 \cdot \mu}{D_p} \right) \quad (4.25)$$

$$M_{кр} = \frac{12000}{1 \cdot 1 \cdot \cos\left(\frac{45}{2}\right)} \cdot \left( 0.5 \cdot 0,380 \cdot 0,5 \cdot \cos\left(\frac{45}{2}\right) + 1,2 \cdot \frac{0,02 \cdot 0,086 + 2 \cdot 0,08}{0,380} \right) = 25489 \dots \text{нм}$$

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

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

$G_{кр}$  розраховуємо врівноважувальний моментом зчеплення сил опорних роликів з кільцями.

$$G_{кр} = (Q_1 + Q_2) \cdot \varphi \cdot R \quad (4.26)$$

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

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: [23, с. 199]

$$\varepsilon_{кр} = \frac{\varphi}{\cos\frac{\alpha}{2}} \quad (4.27)$$

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

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

Запас зчеплення повинний бути не менш 3, тобто

$$K_{cu} = \frac{\varepsilon_{кр}}{\varepsilon} = \frac{e_{кр}}{e} \geq 3 \quad (4.28)$$

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

Сила приводу кільцевого кантувача:

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

$$N = \frac{M_{кр} \cdot w}{9740 \cdot \eta_0} \quad [\text{кВт}] \quad (4.29)$$

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

### 4.3. Принцип роботи зварювального пристосування

Складання полягає з того що длеталі виробу переміщуються кран балкою до кондуктора там далі перевіряють візуально на пошкодження . Після того починаємо по черзі складати елементи рами. Спочатку в кондуктор встановлюють дві профільні труби (балки) до упорів після того притискаємо пневмопритискачами щоб їх добре зафіксувати , загальний вигляд кондукторора рис. 4.5.

Далі вкладають в кондуктор згідно з кресленням поперечкі першу профільну трубу далі другу до упора, та фіксують пневмопритискачами і так по черзі відповідно з технологічним процесом щоб у виробках були дотримані всі геометричні розміри . При проведенні складання, коли елемент виробу перевіряють в правильному проектному положенні, виконують з'єднання у вигляді коротких швів у місці, де будуть знаходитись зварні шви. Для цього використовують джерело постійного струму КИУ-501 подаючий механізм ПДГ-312-5 та пальником ГДПГ-405. Перевіряють правильність положення профільних



труб, вимірюючи теоретичну довжину між взаємно протилежними точками. Далі берем наступну деталь встановлюємо в упор між профілями та притискаємо її пневмопритискачами, місця де буде розміщений шов робимо прихваткі і повторяємо ті самі операції до тих пір поки не будуть прихоплені всі деталі рами. Після проведення повного складання всіх елементів виробу, далі зібрану раму витримують деякий час щоб уникнути дехормацій. Відпускають всі пневмопритискачі фіксують стропами та підіймають кранбалкою і становлять в кільцевий кантувач рис.4.6 закріплюють пневматичними затискачами півкільцями по черзі рис.4.7 далі проводять зварювання з усіх сторін поступово по мірі обертання за допомогою редуктора якій передає крутний момент з валикі на кільця кантувача та обварюють повністю.

А на іншому робочому місці виготовляємо кронштейни встановлюємо в кондуктор згідно з кресленням першу стінку кронштейна далі другу до упора, та фіксуємо пневмопритискачами перевіряємо правильність положення отворів .

Потім встановлюємо в поперечні пластини по черзі та фіксуємо пневмопритискачами. При проведенні складання, коли елемент виробу перевіряють в правильному проектному положенні, виконують прихвачуння у місці, де будуть знаходитись зварні шви. Після того видержують кронштейн поки охолоне щоб не було деформацій. Кронштейн знімають краном переміщують і встановлюють на раму в упори прихвачуть, перевіряють візуально правельність збирання і після того роблять повне обварювання .

Щоб запобігти деформуванню рами після зварювальних операції необхідно її витримати в кондукторі до повного охолодження. Зварну раму проводимо контль візуальним методом та знімаємо з кондуктора і переміщаємо на подальші опоряджувальних операцій.

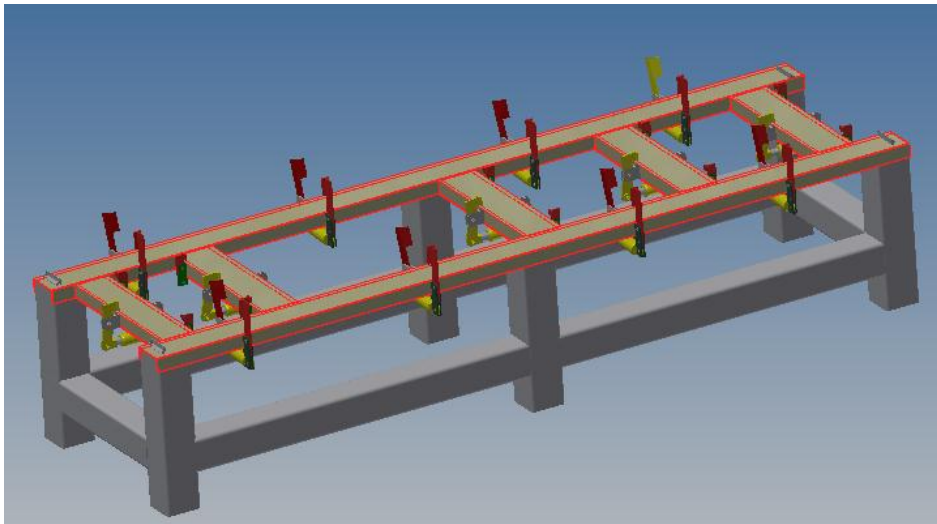


Рисунок 4.5-Загальний вигляд кондуктора для складання рами.

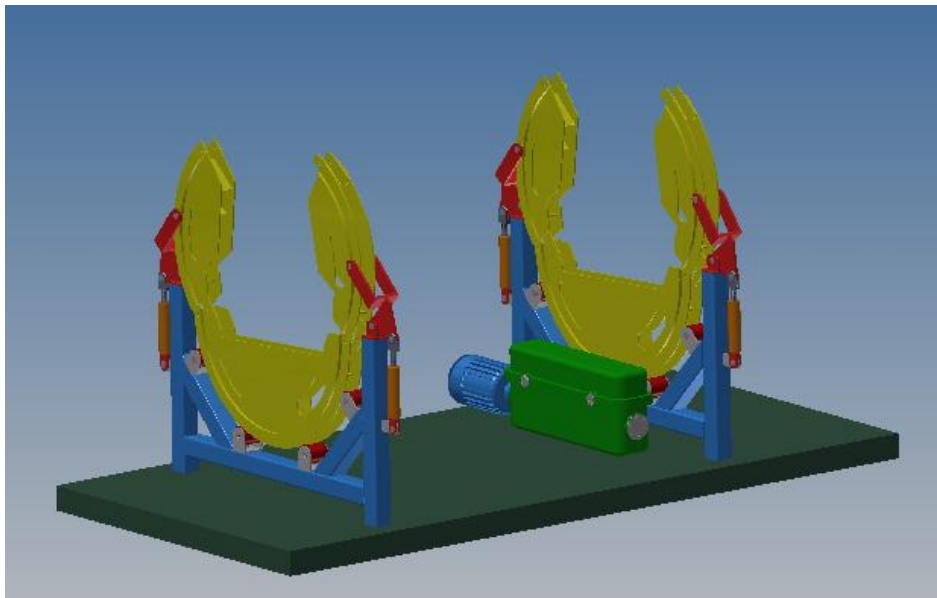


Рисунок 4.6 - Загальний вигляд кільцевого кантувача для зварювання рами.

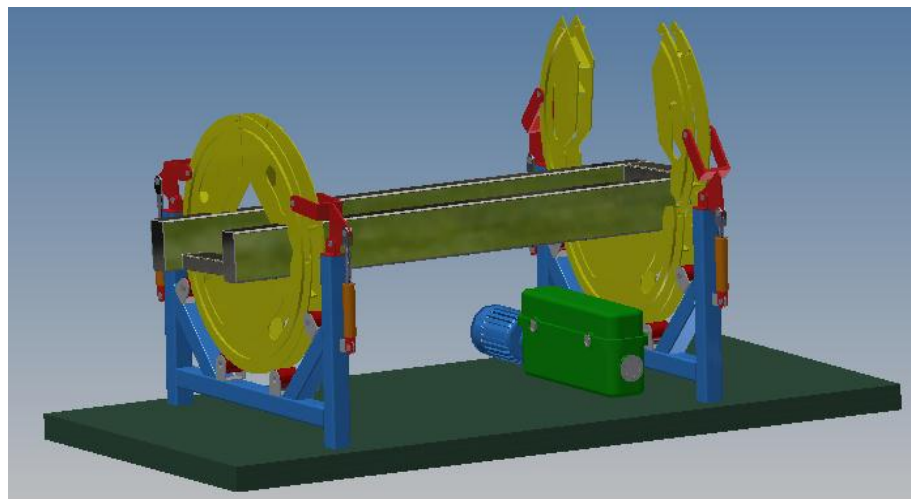


Рисунок 4.6 - Загальний вигляд почергового закріплення рами.

## 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

Розрахунок поводиця в програмі Mathcad 15

РОЗРАХУНОК ЗАКРІПЛЕННЯ УПОРІВ

Силові упори сприймають сили від ваги виробів та від розпирних абостягуючих сил, які виникають від зварювання, тобто

$$G := 2000$$

$$P := 28260$$

$$P_{\Phi} := G + P = 30260 \quad \text{Н}$$

а) При закріпленні упорів за допомогою болтів (рис.6.14) згинальний момент

$$H := 0,15$$

$$M := P_{\Phi} \cdot H = 4539 \quad \text{Н /М}$$

Болти працюють на розтяг та на зрізання, відповідно від сил N та  $P_{\Phi}$

$$l := 0,13$$

$$N := \frac{M}{2 \cdot l} = 17457,6923 \quad \text{Н}$$

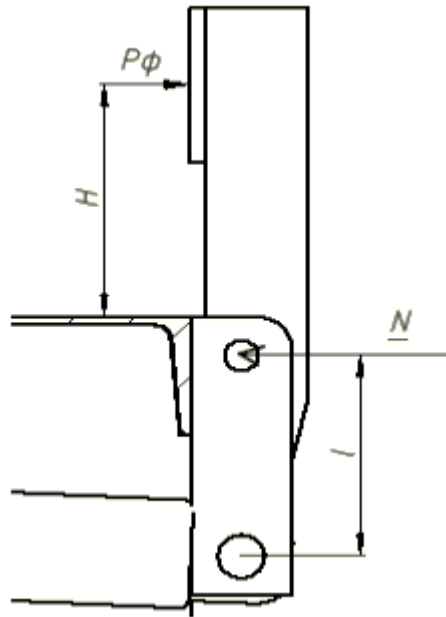


Рис. 5.1 Розрахункова схема закріплення упора болтами  
 Нормальні напруження від сили розтягу N  
 $d = 0,020$

$$\sigma = \frac{4 \cdot N}{\pi \cdot d} = 5,557 \cdot 10^7 \text{ МПа}$$

$$Q = P_{\phi}$$

Дотичні напруження від дії поперечної сили  $Q = P_{\phi}$

$$\tau = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d} = 9,6321 \cdot 10^7 \text{ МПа}$$

Еквівалентні напруження

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} = 1,7584 \cdot 10^8 \text{ МПа}$$

б) При закріпленні упорів за допомогою зварних швів  
 (рис. 6.15) згинальний момент

$$k = 0,045$$

$$M_1 = P_{\phi} \cdot H = 4539 \quad \text{Н /М}$$

$$k = \frac{3}{2} = 4,5$$

$$h = 0,03$$

Поперечна сила  $Q = P_{\phi}$ .

Дотичні напруження від згинального моменту

$$\tau_M = \frac{3 \cdot M_1}{0,7 \cdot k \cdot h} = 4,8032 \cdot 10^6 \quad \text{МПа}$$

де  $k$ -катет зварного шва;

$h$ -довжина зварного шва.

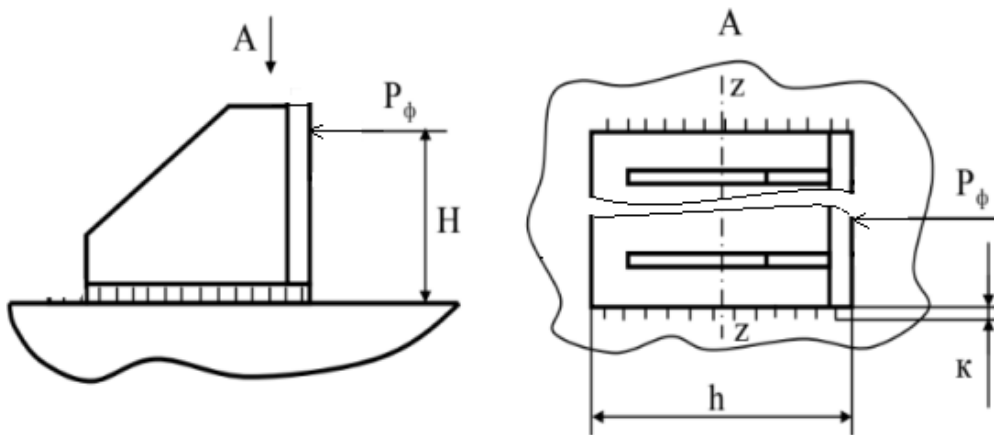


Рис.5.2. Розрахункова схема закріплення упора зварними швами

$$\tau_Q = \frac{P_{\phi}}{2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot h} = 1,6011 \cdot 10^5 \quad \text{МПа}$$

Дотичні напруження від поперечної сили

$$\tau_{\text{сум}} = \sqrt{\tau_M^2 + \tau_Q^2} = 4,8058 \cdot 10^6 \quad \text{МПа}$$

## 6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 6.1 Розрахунок кількості обладнання

Розрахунок економічної ефективності запропонованих рішень проводиться в програмі Excel

Всі вихідні дані, необхідні для розрахунку наведені в таблицях 6.1 і 6.2.

Таблиця 6.1 - Характеристика рами

Показник	Одиниця вимірювань	Кількісна чи вартісна оцінка	
		Фактичні дані	Проектні дані
1	2	3	4
Норма витрат по видах та марках основних матеріалів: прокат (сталь 09Г2С) зварювальний дріт ( Св-08Г2С)	кг	1096	
		9,2	
Норма витрат по марках допоміжних матеріалів на виріб: вуглекислий газ (CO2) кисень (O2)	кг	10	8,584
			2
Розмір поворотних відходів на виріб	кг	54,8	
Ціна придбання матеріалу: прокат (09Г2С). зварювальний дріт ( Св-08Г2С) вуглекислий газ (CO2) кисень (O2) MIX-1 Ar 82% + CO2 18%	грн	34808	
		515,2	
		-	
		-	
		320	
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	274	
Габаритні розміри виробу	мм	380x1768	

Таблиця 6.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення рами □

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Потужність електро-двигунів, кВт	Інструмент		Розряд роботи	Штучна норма часу, год
		Назва моделі	Ціна за одиницю, грн		Назва моделі	Ціна за одиницю грн		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Складання рами	3	Кондуктор	37820	-	молоток	49	III	9,5
	II		58000					
Зварювання рами	3	ВДГ-303-3 ПДГ-312	25608	-	-	-	IV	7,8
	II	Fronius VarioStar 3100G/Z/2R	38700					
Зачищення виробу	3	-	-	-	молоток зубило	49 53	III	5
	II	G23U2	2825					
Контроль якості виробу	3	УД 2301	43000		-	-	IV	4,8
	II							
Транспортування	3	Кранбалка	56260	1,5	стропа	3770	IV	4
	II							

Для виготовлення рами застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на дільниці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [24, с.10]:

$$\Phi_{ус} = D_{роб} \cdot S \cdot g \cdot (1 - K_p), \quad (6.1)$$

де Дроб ~ кількість робочих днів в році, Дроб= 251 дні;

S- кількість робочих змін в добу;

g- тривалість зміни, год;

Kp - нормативний коефіцієнт простою устаткування в ремонті, обумовлений конструктивними та виробничими характеристиками, Kp = 0,03...0,1.

$$\Phi_{ус} = 3815,2 \quad \text{год}$$

Потреба в устаткуванні (робочих місцях) розраховується по кожній операції технологічного процесу або по сумі трудомісткості операцій, що виконуються на однотипному устаткуванні.

Розрахунок проводять за формулою [13, с.9]:

$$n = \frac{T_{ум} \cdot B_{пр}}{\Phi_{ус} \cdot K_{вн}}, \quad (6.2)$$

де  $T_{шт}$  - штучний час на операції, що виконуються на однотипному устаткуванні, нормованих в машино-год. (таблиця 6.2).

Кількість устаткування (робочих місць) для виготовлення рами:

$$n = 4,881788635$$

Кількість робочих місць для зачищення виробу:

$$n = 1,638184106$$

Кількість робочих місць для контролю якості виробу:

$$n = 1,572656741$$

Кількість транспортних засобів рейкового типу (мостових, козлових, порталних кранів) визначається за формулою [24, с.13]:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^m B_{mp} \cdot N_{кр} \cdot t_{кр}}{\Phi_n \cdot K_{кр}}, \quad (6.3)$$

де  $B_{mp}$  - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню краном на протязі року 1500 шт;

$m$  - кількість різновидів вантажних об'єктів;

$N_{кр}$  - кількість кранових операцій на один  $i$ -тий об'єкт;

$t_{кр}$  - тривалість одної кранової операції, год;

$\Phi_n$  - номінальний річний фонд часу одного крану, год., приймається для однозмінної роботи рівним 2100 год;

$K_{кр}$  - коефіцієнт використання номінального фонду часу крана, приймається  $K_{кр} = 0,6...0,7$ .

$$n = 2,602040816 \quad \text{шт}$$

Приймаємо два транспортних засоби (електроталі) для обслуговування складального устаткування та для міжопераційного транспортування складальних одиниць рами ескаватора ЕОВ -4421.

## 6.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [24,с.13]:

$$r_{oi} = \frac{B \cdot \sum_{i=1}^y T_{ум} i}{\Phi_{еф} \cdot K_{вн}}$$

де  $r_{oi}$  - кількість основних працівників-тої професії, чел;

$B$  - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо  $B_{пр} = 1500$  шт;

$\Phi_{еф}$ -ефективний річний фонд часу роботи одного робітника, приймається год; 1850

$K_{вн}$  - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається  $K_{вн}=1,1...1,2$ ;

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = 6,418918919 \quad \text{Чол}$$

за проектним варіантом:

$$r_{oi} = 4,797297297 \quad \text{Чол}$$

Необхідна кількість зварювальників (задвома варіантами):

$$r_{oi} = 5,27027027 \quad \text{Чол}$$

Необхідна кількість зачищувальників (задвома варіантами):

$$r_{oi} = 3,378378378 \quad \text{Чол}$$

Необхідна кількість контролерів (задвома варіантами):

$$r_{oi} = 3,243243243 \quad \text{Чол}$$

Виходячи з кількості транспортних засобів (пункт 4.1.) приймаємо необхідну кількість транспортувальників гої = 2 чол.

Результати розрахунків приведено у таблиці 6.3

Таблиця 6.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники: складальники	7	5	IV	IV
зварювальники	5	5	III	III
зачищувальники	3	3	III	III
контролери	3	3	IV	IV
Допоміжні робітники: налагоджувальники	2	2	III	III
ремонтники	2	1	III	III
електрики	1	1	IV	IV
транспортув	2	2	IV	IV
ІТР: майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	×	×
Разом	27	24	×	×

### 6.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

Вихідними даними для розрахунків є норми затрат матеріальних ресурсів на виріб та розмір поворотних відходів, ціни придбання матеріалів з врахуванням транспортно-заготівельних витрат (5...8% від преїскурантної ціни) та ціни реалізації відходів, обсяг випуску продукції.

Результати розрахунків подано у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

Варіант	Назва матеріалів ресурсів	Одиниця виміру	Ціна придбання за одиницю виміру, грн/кг	Затрати в натуральних одиницях, грн	
				на один виріб	на програму
З	Сталь 09Г2С	кг	31,7591241	34808	52212000
П					
З	Зв. Дріт Св-08Г2С	кг	56	515,2	772800
П					
Разом	×	×	×	35323,2	52984800

продовження таблиці 6.4

Варіант	Транспортно-заготівельні витрати		Загальна сума, грн		Вартість поворотних відходів, грн	
	у % до ціни купівлі	в грн. на один виріб	на один виріб	на програму	на один виріб	на програму
З	5	1740,4	36548,4	54822600	137	205500,00
П						
З	5	25,76	540,96	811440		-
П						
Разом	×	1766,16	37089,36	55634040	137,00	205500,00



#### 6.4 Розрахунок фонду оплати праці

Приймаємо, що всі основні робітники оплачуються по відрядній системі оплати праці, допоміжні - по погодинній, ГР та МОП - по штатно-окладній системі. Розрахунки проводяться по двох напрямках: на один виріб (для обчислення калькуляції собівартості виробу) та на програму (для визначення об'ємних економічних характеристик). В калькуляцію собівартості виробу безпосередньо включаються затрати на оплату праці основних (виробничих)

Основна заробітна плата основних робітників визначається за формулою [24, с.16]:

$$Z_{oo} = \sum_1^y C_{pi} \cdot T_{umt}, \quad (6.5)$$

де  $y$  - кількість технологічних операцій;

$C_{pi}$  - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для відрядної оплати праці, грн.

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [24, с.

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [24, с.16]:

$$Z_{oo} = Z_{oo}(D_1 + D_2), \quad (6.6)$$

де  $D_1$  - доплата за шкідливість, грн,  $D_1 = 12...24\%$ , приймаємо  $D_2 = 20\%$ ;  $D_2$  - інші доплати, грн,  $D_2 = 15...20\%$ , приймаємо  $D_2 = 15\%$ .

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [24, с.17]:

$$Z_{no} = Z_{oo} \cdot P, \quad (6.7)$$

де  $P$  - розмір премій та надбавок, грн,  $P = 40\%$ .

Для визначення річного фонду оплати праці основних робітників результати розрахунків за формулами (6.5), (6.6) та (6.7) множаться на кількість виробів ( $B$ ).

Затрати по оплаті праці складальників:

заводський варіант:

$$Z_{oo} = 105,165 \quad \text{ГРН}$$

$$Z_{до} = 36,80775 \quad \text{ГРН}$$

$$Z_{по} = 42,066 \quad \text{ГРН}$$

Проектний варіант:

$$Z_{oo} = 78,597 \quad \text{ГРН}$$

$$Z_{до} = 27,50895 \quad \text{ГРН}$$

$$Z_{по} = 31,4388 \quad \text{ГРН}$$

Затрати по оплаті праці зварникам

задвома варіантами :

$$Z_{oo} = 87,048 \quad \text{ГРН}$$

$$Z_{до} = 30,4668 \quad \text{ГРН}$$

$$Z_{по} = 34,8192 \quad \text{ГРН}$$

Затрати по оплаті праці зачищальникам

задвома варіантами :

$$Z_{oo} = 55,35 \quad \text{ГРН}$$

$$Z_{до} = 19,3725 \quad \text{ГРН}$$

$$Z_{по} = 22,14 \quad \text{ГРН}$$

Затрати по оплаті праці контролерів

задвома варіантами :

$$Z_{oo} = 53,208 \quad \text{ГРН}$$

$$Z_{до} = 18,6228 \quad \text{ГРН}$$

$$Z_{по} = 21,2832 \quad \text{ГРН}$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [24, с.16]:

$$Z_{од} = r_{од} \cdot C_p \cdot \Phi_{ef}, \quad (6.8)$$

де  $Z_{од}$  - основна заробітна плата допоміжних робітників, грн;

$r_{од}$  - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

$C_p$  - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для погодинної оплати праці, грн.

Додаткова заробітна плата ( $Z_{од}$ ) та премії і надбавки ( $Z_{но}$ ) допоміжних робітників розраховується так само, як для основних робітників (формули 6.6, 6.7).

Затрати по оплаті праці налагоджувальників:

$$Z_{oo} = 41070 \quad \text{ГРН}$$

$$Z_{до} = 10267,5 \quad \text{ГРН}$$

Зпо=	16428	ГРН
Затрати по оплаті праці електриків		
Зоо =	20535	ГРН
Здо =	5544,45	ГРН
Зпо=	8214	ГРН
Затрати по оплаті праці ремонтні		
Зоо =	20673,75	ГРН
Здо =	5168,438	ГРН
Зпо=	8269,5	ГРН
Затрати по оплаті праці ремонтні		
Зоо =	39960	ГРН
Здо =	9990	ГРН
Зпо=	15984	ГРН

Додаткова заробітна плата (Здп) та премії і надбавки (Зпп) розраховуються так само, як для основних робітників.

Затрати по оплаті праці ІТР:		
Зоп =	21600	ГРН
Здп =	7560	ГРН
Зпп =	8640	ГРН
Затрати по оплаті праці МОП:		
Зоп =	12420	ГРН
Здо =	3229,2	ГРН
Зпо =	4968	ГРН

Результати розрахунків затрат по оплаті праці основних, допоміжних, інженерно-технічних робітників та молодшого обслуговуючого персоналу приведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 - Зведена відомість річного фонду оплати

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова зар. плата, грн			
			за шкідливість	інші доплати		
	З	П		З	П	З
1	2		3		4	
<b>робітники</b>						
ики	157747,5	117895,5	55211,6	41263,4	63099	47158,2
ники	130572		45700,2		52228,8	
ьники	83025		29058,75		33210	
и	79812		27934,2		31924,8	
<b>Допоміжні робітники</b>						
налагоджу	41070		10267,5		16428	
ремонтник	20673,75		5168,4375		8269,5	
електрики	20535		5544,45		8214	
траспортне	39960		9990		15984	
ІТР	21600		7560		8640	
МОП	12420		3229,2		4968	
Разом	607415,25	567563,3	199664	185716	242966,1	227025

## 6.5 Калькуляція собівартості виробу

В розрахунках по визначенню порівняльної економічності варіантів використовується калькуляційний розріз затрат, при якому всі затрати на виробництво групуються відносно до калькуляційних одиниць.

Таблиця 6.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн	
	2	3
1	3	П
Основні матеріали: сталь 09Г2С дріт Св-08Г2С	34808	
	515,2	
Покупні вироби та напівфабрикати	400	352
Основна заробітна плата основних робітників	300,771	274,203
Додаткова заробітна плата основних робітників	105,2699	95,9711
Премії та надбавки основних робітників	120,3084	109,681
Всього цехова собівартість	36249,55	36155,1

## 6.6 Розрахунок суми капіталовкладень та його економічної ефективності

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 6.7.

Таблиця 6,7 зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиницях		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	3	П	3	П	3	П
Будови та споруди	-	-	-	-	-	-
Устаткування:						
складально-зварювальне	7	5	37820	58000	1120.45	1130.80
зварювальне	5	5	25608	38700	2500	880
слюсарне	3	3	2825	2825	110	60.2
контрольне	3	3	43000	43000	200	148
транспортувальники	2	2	56260	56260	1300	1300
Інструменти:						
молоток	10	4	56	56	9,29	9,29
шаблони	4	3	68	68	3,53	3,53
шаблон	1	1	60	60	4,16	4,16
лінійка	2	1	53	53	0,71	0,71
зубило	4	2	42	42	3,01	3,01
Разом	×	×	×	×	×	×

продовження таблиці 6.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах., %	Річна сума амортиз. відрах., грн	
	З	П		З	П
Будови та споруди	1685520	1701411	5	84276	85070,6
Устаткування:					
складально-зварювальне	264740	290000	21,8	57713,3	63220
зварювальне	128040	193500	17,4	22279	33669
слюсарне	8475	8475	9,4	796,65	796,65
контрольне	129000	129000	11,7	15093	15093
транспортувальники	112520	112520	8,4	9451,68	9451,68
Інструменти:					
молоток	560	224	17,7	99,12	39,648
шаблони	272	204		48,144	36,108
шаблон	60	60		10,62	10,62
лінійка	106	53		18,762	9,381
зубило	168	84		29,736	14,868
Разом	2329461	2435531		189816	207412

### 6.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [24,с.26]:

$$E_{\phi} = ((C_{nz} + E_n \cdot \Phi_{mz}) - (C_{mz} + E_n \cdot \Phi_{mn})) \cdot B, \quad (6.10)$$

де  $C_{nz}$  - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн

$C_{mz}$  - повна собівартість виробу за проектними даними, грн

$\Phi_{mz}$  - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт

$\Phi_{mn}$  - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт

$E_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, ( $E_n=0,15$ ).

$$E_{\phi} = 125830,5$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{осн} - \Phi_{осз}}{E_{yp}}, \quad (6.11)$$

де  $\Phi_{осн}$  - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн

$\Phi_{осз}$  - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн (

$E_{yp}$  - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою

$$E_{yp} = B \cdot (C_{nz} - C_{mz}), \quad (6.12)$$

$$E_{yp} = 141741$$

$$T_{ок} = 0,748336755$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників розробленого технологічного процесу за заводським і проектним варіантами показано у таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця виміру	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	1500	1500
Кількість робочих місць	шт	27	25
Кількість технологічного устаткування	шт	12	10
Собівартість товарної продукції	грн		
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	27	24
- основних робітників	чол	18	16
Фондомісткість продукції	грн/шт	1552,97	1623,68733
Умовна річна економія	грн	-	141741
Річний економічний ефект	грн	-	125830,5
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,74833676

## **7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Зварювальне виробництво вимагає дотримання певного комплексу правил техніки безпеки і охорони праці, які повинні відображатись у технологічних картах і суворо дотримуватись при виконанні зварювальних робіт та всього виробництва.

### **7.1 Вимоги до стійкості функціонування промислового підприємства**

В надзвичайних ситуаціях, мирних, військових чи то в будь-яких екстремальних випадках щоб забезпечити стабільну роботу виробничого підприємства завчасно проводиться комплекс організаційних і інженерно-технічних заходів цивільної оборони. Вони спрямовані на забезпечення захисту населення і зменшення руйнувань, на підвищення стійкості роботи виробничого об'єкту, для утворення необхідних умов та проведення рятувальних і інших невідкладних робіт.

Основні заходи по підвищенню стійкості, які проводяться на виробничих об'єктах у мирний час, спрямовані на: захист робітників та службовців і інженерно-технічного комплексу від наслідків стихійного лиха, аварій (катастроф), а також первинних та вторинних факторів ураження ядерного вибуху; забезпечення матеріально-технічного та надійного управління ; світломаскування на виробничому об'єкті; підготовку його до відновлення порушеного виробництва та переходу на режим в умовах надзвичайних ситуацій [28].

### **7.2 Характеристика і аналіз потенційних небезпек і шкідливостей в цеху**

Зварювальні роботи належать до категорії робіт з підвищеним ступенем небезпеки, що обумовлює підвищені вимоги до організації робочих місць, обслуговування апаратури, устаткування та пристосувань. Порушення цих вимог забороняється, щоб уникнути травматичних випадків (отруєнь газом, поразки

електричним струмом і різні тілесні пошкодження залежність від ступеню і спадності які можуть привести навіть до смерті.).

При зварюванні металів в  $\text{CO}_2$  з інтенсивним розплавленням металу випаровуються аерозолі, що містять пил, та шкідливі гази, наприклад, газоподібні фтористі сполуки, оксид вуглецю, оксиди азоту. Це вимагає мір безпеки й захисту працюючих. Від виробничого травматизму для того щоб зменшити дію шкідливих речовин на органи дихання працівника встановлюють вентиляцію може бути природня, штучна, на виробництві використовуємо комбіновану.

Вентиляція понижує негативну дію на організм зварників і різальників. Витягує шкідливі виділення та пил аерозолів; можна застосовувати місцеву й загально-обмінну вентиляцію; організувати подачу в зону дихання чистого повітря, а також зменшувати кількість малотоксичних матеріалів і процесів

Основними професійними захворюваннями зварників є пневмоконіоз і інтоксикація марганцем, характер розвитку яких, і важкість, залежать від концентрації вмісту аерозолу в зоні дихання зварника.

Швидкість руху повітря біля джерел виділення шкідливих речовин повинна бути в межах норми.

Температура повітря, що подається вентиляційними установками, не повинна бути нижче 20  $^{\circ}\text{C}$ . В холодний період року чисте повітря повинно підігріватися до температури не нижче 18  $^{\circ}\text{C}$ .

При зварюванні, щоб захистити зір і шкіру зварювальника та осіб які працюють разом з ними, користуються тим самим захистом: від світлових і невидимих променів дуги зварювальники повинні закриватися щитком з віконцем з вставленим в нього спеціальним склом - світлофільтром. Світлофільтр вибирають індивідуально в залежності від зору працівника, зварювального струму й виду зварювальних робіт.

Для захисту навколишніх працівників від впливу випромінювань у стаціонарних цехах встановлюють щити або ширми які не пересуваються і після зварювання працівники ідуть переодягатися в роздягалку.

Щоб уникнути опіків зварник повинен працювати в спеціальному взутті, спецодязі який не горить із брезенту або з щільного сукна, у рукавицях і головному уборі. Куртку неможна заправляти в штани. Кишені в спецодязі повинні бути щільно закриті. Штани треба носити поверх взуття. При зварюванні стельових, горизонтальних і вертикальних швів необхідно надягати брезентові нарукавники й щільно зав'язувати їх поверх рукавів біля кисті рук.

Зачищати шви від шлаків і бризг треба обов'язково в окулярах.

Обладнання з підвищеним рівнем шуму і вібрації встановлюють на окремих ізольованих фундаментах, застосовуючи віброізолюючі та шумопонижуючі матеріали.

Місце різання ЧПУ повине бути закрите щитами і мати ідивідуальну витяжку

При роботі ручними електричними інструментами слід застосовувати індивідуальні засоби захисту у вигляді віброізолюючих рукавиць, віброзахисних рукояток інструментів або прокладок. Для працюючих з вібруючим обладнанням 10-15 хвилинні перерви після кожної години роботи.

В небезпечних місцях вивішують запобігаючі вивіски з написам.

Наявність рухомих частин такі як кундуктори обертачі , характер вантажів, технологічні умови виробництва вимагають особливої обережності в цеху потрібно носити на голові каски.

При початку руху крана повино бути звукове попередження.

### **7.3 Шляхи збереження працездатності і підвищення продуктивності праці в зварювальному виробництві**

Не аби яку роль у збереженні працездатності і підвищенні продуктивності праці зварника відіграють такі пристрої для удержування та переміщення зварюваних виробів, як кантувачі, , струбцини, затискачі, кондуктори, та маніпулятори.

Автоматизація, механізація і раціоналізація належать до заходів, які сприяють поліпшенню умов праці зварників виробничого процесу;захист очей від



променистої енергії; видалення пилу і газів з робочих приміщень за допомогою вентиляції; заходи безпеки від ураження електричним струмом.

Освітлення виробничих приміщень-важливе для процесу виробництва та охорони праці і підвищення її продуктивності . У виробничих приміщеннях застосовують два види освітлення: природне і штучне.

Застосування механізованого транспорту для перевезення важких деталей і надання їм зручного для зварювання положення не тільки полегшує працю зварника, а й зменшує виробничий травматизм, підвищує продуктивність праці.

Електрична дуга випромінює велику кількість невидимих ультрафіолетових і інфрачервоних променів, які шкідливо впливають на зір і шкіру людини. Опіки променями електричної дуги можуть відбуватися тільки при зварюванні відкритою дугою (наприклад ручне дугове зварювання, зварювання в CO<sub>2</sub> і т.д.). Шкіра зварювальника захищається робочим одягом, а зір – захисними щитками або масками із спеціальним темно-синім скло-фільтром.

Щоб уникнути механічного пошкодження очей при прибиранні флюсу і відбиванні шлаку зварювальник повинен користуватися захисними окулярами з простим склом. При опіках очей необхідно робити холодні примочки, промивати очі слабким содовим розчином або закапати очі очними цинковими каплями. При сильних опіках необхідно звернутися до лікаря

В результаті високої температури зварювальної дуги відбувається випаровування металів. Пари металів з'єднуються з киснем у повітрі, утворюючи дрібний порошок в вигляді окислів. Особливо шкідливі пари окислів цинку, свинцю, кадмію, міді та інші, які утворюються при зварюванні міді, латуні і бронз. В результаті плавлення деяких флюсів утворюються пари окислів марганцю, а також хлористий і фтористий водень.

При зварюванні в вуглекислому газі виділяється шкідливий для організму окис вуглеводу (чадний газ). Оскільки вуглекислий газ в 1,5 рази важчий за повітря, то він може накопичуватися в тісних приміщеннях і закритих посудинах, що приводить до браку кисню для дихання.

Для відведення шкідливих газів та пилу, а також для подачі свіжого повітря застосовують загальну або місцеву вентиляцію. Загальна вентиляція повинна бути приточно-витяжною з підігрівом повітря в зимову пору. Її застосовують для обміну повітря в закритих приміщеннях (цехах, майстернях і т. д.). Місцеву вентиляцію застосовують для виведення шкідливих газів безпосередньо з місць їх утворення. При роботі в закритих приміщеннях застосовують ізолюючі апарати (ШР-1, ША-40, ДПА-4) або маски із шлангами для подачі свіжого повітря.

При отруєннях, потерпілого необхідно винести на свіже повітря, звільнити від тісного одягу і дати спокій до приходу лікаря. При зупинці дихання слід застосувати штучне дихання.

#### **7.4 Розрахунок штучного освітлення для цеху з використанням люмінесцентних чи ламп розжарювання**

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

Розрахунок проводиться за формулою: [25, с. 138]

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot Z \cdot K_3}{N \cdot \eta}, \quad (7.1)$$

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, що приймається в залежності від забрудненості повітря в приміщенні за таблицею 3 [25, с. 139] в сніп іі-4-79 ( $k_3=1,5$ );

$N$  – кількість ламп;

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку; коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta$  визначається за світлотехнічними таблицями. для цього

потрібно знайти індекс приміщення та приблизно оцінити коефіцієнт відбивання поверхонь приміщення: іс – стелі; іст – стін; ір – робочої поверхні.

індекс приміщення і знаходимо за формулою: [25, с. 138]

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (7.2)$$

де S – площа ділянки цеху, м<sup>2</sup>;

H – розрахункова висота (відстань від світильника до робочої поверхні), м;

a і b – довжина і ширина приміщення, м;

(s=96 м<sup>2</sup>; h=3,5 м; a=8; b=12м)

$$i = \frac{96}{3,5 \cdot (8 + 12)} = 1,3$$

за таблицею знаходимо відповідні значення і:

IS=70 %; IST=50 %; IP=30 %.

$$\Phi = \frac{300 \cdot 96 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{0,65} = 76430,7 \text{ ЛМ.}$$

Необхідну кількість ламп визначаємо за формулою: [25, с. 144]

$$N = \frac{\Phi}{2 \cdot E_{\text{л}}}, \quad (7.3)$$

де E<sub>л</sub> – світловий потік лампи;

$$N = \frac{76430,7}{2 \cdot 2105} = 18 \text{ ШТ.}$$

Приймаємо 18 штук.

Для освітлення автомата використовуємо лампи лд-40-4, які мають наступні технічні характеристики [25, с. 91]:

світловий потік – E<sub>л</sub> = 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:

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

$$L = \frac{12 - 9 \cdot 0,27}{9} = 1,09 \text{ м}.$$

## 8 ЕКОЛОГІЯ

### 8.1 Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища – одна із найбільш актуальних проблем в усьому світі. Галузі сучасного виробництва, наносять не аби якої шкоди навколишньому середовищу, порушуючи його дисбаланс у природі. З цим пов'язаний і контроль раціонального використання природних ресурсів.

З часів виникнення людської цивілізації в природному середовищі земної кулі, яка забезпечувала всі екологічні, економічні і соціальні потреби суспільства. Разом із зміною людства і розвитком матеріального виробництва неминуче змінювалось і природне середовище. Однак упродовж багатьох тисячоліть антропогенні впливи на середовище були настільки незначними і локальними, що в планетарному масштабі їхня дія була не шкідливою і практично непомітною. Ситуація докорінно змінилася лише в ХХ ст., коли демографічний вибух і друга індустріальна революція призвели до неминучих змін в природному середовищі. Вивчення законів життя природи та умов рівноважного існування природного середовища земної кулі тривалий час розглядали як другорядне і мало актуальне завдання.

Машинобудівна промисловість значно забруднює навколишнє середовище, тому слід розробляти природоохоронні заходи:

- впроваджень безвідходного виробництва;
- впроваджень на виробництві нових технологій очистки води і повітря та інше.

### 8.2 Забруднення довкілля, що виникли в результаті виготовлення рами ескаватора та заходи по їх зменшенню

У виробництві розробляється технологічний процес та вибирається раціональне зварювальне устаткування і пристосування для виготовлення рами ескаватора . В процесі реалізації технологічного процесу виникають такі

забруднення: електромагнітне, твердими відходами, води, викиди шкідливих газів в атмосферу.

Джерелом електромагнітного забруднення є зварювальний трансформатор і електроустановка, яке використовується в технологічному процесі. Тому слід застосовувати спеціальні заходи щодо захисту навколишнього середовища. небезпека електромагнітних полів полягає в тому, що їх дія на організм є прихованою і не може бути виявленою без спеціальних засобів. Слід зазначити, електромагнітні поля штучного походження значно перевищують рівень природного фону. Підвищуючи рівень електромагнітних полів спричиняє порушення біологічної рівноваги в районі дії, а отже веде до погіршення екологічної обстановки в цілому. Зварювальний трансформатор є джерелом змінних електричного і магнітного полів. Працівники, які довгий час перебувають у контакті з електромагнітним випромінюванням, скаржаться на слабкість, втому, дратівливість, слабкість погіршення пам'яті, порушення сну. Серцево-судинна система реагує дистонією, лабільністю пульсу і артеріального тиску, болем у серці, схильністю до гіпертонії. Відзначаються також фазові зміни складу периферійної крові, лабільність показників з наступним розвитком вираженої лейкопенії, нейтропенії, еритроцитопенії. Звісно, такі критичні стани виникають у тих, хто тривалий час працює у зоні дії електромагнітних полів достатньо великої інтенсивності, але сама інформація змушує замислитися.

Електроустановка, як джерело електромагнітного випромінювання на перший погляд, спричиняє непомітний вплив на людський організм проте протягом тривалого перебування в зоні його дії може бути досить небезпечним. В першу чергу страждає нервова, імунна, ендокринна і статеві системи. Такого висновку дійшли працівники Інституту екології людини, проаналізувавши результати численних досліджень, виконаних у різних країнах світу. Нервова система, особливо певні структури головного мозку, дуже чутлива до ЕМП малої інтенсивності. Ці поля здатні відхиляти нервові імпульси, впливати безпосередньо на нервові клітини, змінювати проникність

гематоенцефалічного бар'єру, особливо це стосується нервової системи ембріона.

На підприємстві джерелом забруднення стічних вод є виробничі, поверхневі та побутові стоки. Виробничі стічні води утворюються внаслідок використання води в технологічному процесі В зварювальних цехах використовують воду для охолодження зварювального обладнання, і обробки приміщень. А в механічних цехах при обробці металів вода використовується для охолодження інструмента, на промивку деталей і обробку приміщень, при цьому стічні води забруднюються мінеральними маслами, милами, металічним та абразивним пилом і емульгатором. Стічні води забруднюються в основному маслом і окалиною. У інших цехах: контролю якості, фарбувальних і т.д. стічні води містять механічні домішки, маслопродукти, кислоти. При фарбуванні використовуються матеріали, до складу яких входять легкі розчинники, що можуть містити шкідливі речовини: бензол, толуол, ацетон тощо. Шкідливі речовини виділяються, і у фарбувальних цехах як в період нанесення покриття на виріб, так і при висиханні. Із виробничих приміщень пари розчинників, і фарбувальні тумани викидаються через високі труби без попередньої очистки. Після лакування сушка деталей проводиться в сушильних шафах.

Це створює надлишок тепла, яке необхідно відводити, або проводити сушку на повітрі. Проте в обох випадках виділяються шкідливі випари розчинників лаку, які потребують нейтралізації.

Для вловлювання із стічних вод нерозчинних забруднень використовують відстійники періодичної і неперервної дії. В останні часом використовують так звані тепло парові відстійники. Особливість їх в тому, що відстояна зона розділяється секціями і трубчатими елементами на неглибокі шари, де забезпечується ламінарний рух освітленої води.

В процесі виробництва продукції утворюються тверді відходи у вигляді амортизаційного лома (модернізація обладнання, оснастки, інструмента), шлаків і золи, стружки і опилок металів, шлаків, осадків і пилу (відходи систем очистки повітря) та інше. Основним видом відходів розробленого

технологічного процесу є металеві відходи – металобрухт та металева стружка. Основним шляхом утилізації металевих відходів є їх переплавлення. Виплавлення вторинних металів із металобрухту є найважливішою сферою споживання твердих відходів у машинобудуванні. Очевидний економічний ефект від використання металевих відходів, як вторинної сировини металургійної промисловості. При цьому кількість забруднюючих викидів в атмосферу на гідросферу скорочується на 75..80%.

В цехах механічна обробка металів на станках супроводжується виділенням стружки, пилу, туманів, масел та емульсій, які через вентиляційну систему викидаються із приміщень. В процесі шліфування виділяється велика кількість тонко-дисперсного пилу. Пил, який утворюється в процесі абразивної обробки на 30-40% складається з матеріалу абразивного круга, на 60-70% - з матеріалу оброблюваного виробу. При шліфуванні виробу виділяється більше 50 г/год пилу з одного верстата.

При проведенні зварювальних робіт в атмосферу попадають токсичні гази і пил. Ручне електродугове покритими електродами і зварювання в захисних газах плавким електродом виділяють дрібнодисперсний пил.

Зварювальний пил на 99% складається з частинок розміром від  $10^{-3}$  до 1мкм, більше 1% пилу, мають розмір частинок 1-5 мкм, а частинок більше 5мкм, всього десята частина відсотка. Хімічний склад забруднень які виділяються при зварюванні, залежить від складу зварювальних матеріалів (дроту, покриття, флюсу ) і в меншій степені від хімічного складу зварювальних металів.

Щоб очистити повітря від пилу, який утворюється в наслідок технологічного процесу пропоную застосувати метод електричного очищення газу в електрофільтрах. Такий метод базується на явищі іонізації газових молекул в електричному полі високої напруги. Частинки отримують заряд від іонів газу і осідають на електродах електричного фільтра, а очищений газ виводиться із апарату. Для очищення технологічних і вентиляційних викидів від шкідливих газів застосовують адсорбери. В адсорберах очищений



струмінь пронизує шар адсорбенту, що складається із зернистої речовини з розвинутою поверхнею, наприклад оксиду алюмінію, активованого вугілля, силікагелю, піролюзиту. При цьому шкідливі гази і пари зв'язуються адсорбентом і пізніше можуть бути виділенні з нього.

Отож, з усього вищезгаданого видно, що при виконанні кожної технологічної операції утворюються залишки, або випари хімічних речовин та інші відходи, які потребують нейтралізації, щоб зменшити вплив на довкілля і, відповідно, на здоров'я людей. Для цього необхідно впроваджувати у виробництво технології що дозволяють зменшити шкідливий вплив на довкілля технологічного процесу виготовлення рами ескаватора EOB-4421.

## Висновки

В даному дипломному проекті була розроблена технологія та оснастка для складання і зварювання рами ескаватора напівавтоматичним способом зварювання суцільним дротом 08Г2С в СО<sub>2</sub>.

Був вибраний та обґрунтований сам спосіб зварювання;

Виходячи з конструктивних особливостей виробу, та вибраного способу зварювання був спроектований кондуктор для складання та кільцевий кантцвач для зварювання рами, по ступового обертання виробу;

Також були розроблені пристрої притискання профілю;

Виходячи з властивостей та хімічного складу основного матеріалу виробу були підібрані зварювальні матеріали;

Також був проведений розрахунок елементів технологічної оснастки.

Розроблена технологія обґрунтована економічними розрахунками, що включають в себе розрахунок собівартості даної технології виконаної за базовою та за новою технологією;

Були враховані заходи з питань охорони праці і екологічні проблеми для захисту природи і їх жителів.

При проектуванні обладнання зварювального виробництва застосовувалися САПР-система, що містить технічні засоби, математичне, програмне, інформаційне забезпечення.

- Зниження собівартості виробу на 5,2 %;
- Рівень механізації і автоматизації зріс на 50 %;
- Значно підвищилась якість продукції за рахунок застосування більш точних складально-зварювальних пристосувань;

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1) <http://rtmodels.com.ua/eov4421/>
- 2) [http://ksv.do.am/GOST/DSTY\\_ALL/DSTY3/dsty\\_3446-96.pdf](http://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY3/dsty_3446-96.pdf)
- 3) Марочник сталей и сплавов 2-е изд, доп. и испр./ А.С.Зубченко, М.М.Колосков, Ю.В.Каширский и др.; Под общей ред. А.С.Зубченко, – М.: Машиностроение, 2003. 784 с. илл.
- 4) [https://dnaop.com/html/32385\\_14.html?fbclid=IwAR36TOhUdcG7S\\_lgT0inuwc8oqkA-RFhlgIcFPq4PevSm6A742Ia7IaLcU](https://dnaop.com/html/32385_14.html?fbclid=IwAR36TOhUdcG7S_lgT0inuwc8oqkA-RFhlgIcFPq4PevSm6A742Ia7IaLcU)
- 5) <http://www.gosthelp.ru/text/GOST2698095Ekskavatoryodn.html>
- 6) [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B5\\_%D0%B7%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B5_%D0%B7%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F)
- 7) <https://ua.in.ua/avtomatychno-zvariuvannia-pid-flusom-tekhnolohiia-host-rezhymy.html>
- 8) <https://www.wikiwand.com/uk/%D0%97%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F>
- 9) [https://studwood.ru/582527/tovarovedenie/vibir\\_zvaryuvalnih\\_materialiv](https://studwood.ru/582527/tovarovedenie/vibir_zvaryuvalnih_materialiv)
- 10) [https://revolution.allbest.ru/manufacture/00690386\\_0.html](https://revolution.allbest.ru/manufacture/00690386_0.html)
- 11) ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання [Текст]. – Введений з 01.07.1996. – К.: Держстандарт України, 1995. - 36 с.
- 12) <https://kzeso.com/catalog/electric-welding-equipment/rectifiers/vdu-506k/>
- 13) [http://npfets.ru/catalog/all\\_manuf/pdg\\_312\\_5/](http://npfets.ru/catalog/all_manuf/pdg_312_5/)
- 14) [http://sammit.dp.ua/catalog/welding\\_equipment/dop/168/?lng=ru](http://sammit.dp.ua/catalog/welding_equipment/dop/168/?lng=ru)
- 15) <http://www.gostrf.com/normadata/1/4294850/4294850476.pdf>
- 16) Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. - М., Машиностроение. 1977, 431 с.

17) <https://belayacerkov.flagma.ua/uk/napivavtomatichniy-strichkovo-vidrizniy-standok-o4093266.html>

18) <https://xn80ackuf1a.xnp1ai/product/%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9-%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BA-%D1%81-%D1%87%D0%BF%D1%83-advercut-plasmatic-1530-2/>

19) [https://promsiz.com.ua/product/okulyari\\_zakhisn\\_rosomz\\_germetichn\\_zng1\\_paporama\\_.html](https://promsiz.com.ua/product/okulyari_zakhisn_rosomz_germetichn_zng1_paporama_.html)

20) <https://prom.ua/p656651752-molotok-slesarnyj-kruglyj.html>

21) [http://remontvdome.com.ua/kutova-shlifovalna-mashina-yak-pravilno-vibirati\\_lrus-p5-i4261.html](http://remontvdome.com.ua/kutova-shlifovalna-mashina-yak-pravilno-vibirati_lrus-p5-i4261.html)

22) Справочное пособие по нормированию материалов и электроэнергии для сварочной техники /Под ред. В.Т. Юрьева. - М.: Машиностроение, 1972. -52 с.

23) Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві /2-ге видання,переробл. та повн.:Навч.посібник.- К.: Арістей, 2006. - 272 с.

ISBN 966-8458-58-3

24) Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів та курсової роботи по дисципліні “Організація, планування і управління машинобудівним виробництвом (ОПіУВ)” для студентів спеціальності “Обладнання і технологія зварювального виробництва” / І.С. Вовчак, О.І. Дубик, М.П. Галушак і ін. - Тернопіль.: ТПІ, 1993. – 40 с.

25) В.Ц. ЖИДЕЦЬКИЙ, В.С.ДЖИГЕРЕЙ, В.М.СТОРОЖУК, Л.В.ТУРЯБ, Х.І.ЛИКО ПРАКТИКУМ ІЗ ОХОРОНИ ПРАЦІ ; За редакцією к.т.н.доцент В.Ц.Жидецький " Львів 2000 р."345ст.

26) 11. Севба Т.И. «Конструирование и расчот механического сварочного оборудования» - К.: Наукова думка, 1978. – 480с.

27) <http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2015/RUS/>

28) <https://coollib.net/b/332940/read>

## **ДОДАТОК**