

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 грейдерного навантажувача з моделюванням її напружено-деформівного

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МЗм-61

спеціальності (напряму підготовки) _____

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

_____ Підлужний О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник

_____ (підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

_____ (підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент

_____ (підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра на тему: " Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення рами грейферного навантажувача з моделюванням її напружено-деформованого стану" складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 106 аркуші формату А4 і графічної частини об'ємом 11 аркушів формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається 8 розділів.

Для висвітлення питань, які розглядаються у дипломній роботі магістра, розрахунково-пояснювальна записка містить 8 розділів, 43 рисунки, 22 таблиці, 1 графік. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 18 літературних посилань.

У даній роботі вирішено завдання підвищення технологічної ефективності зварювання рами грейферного навантажувача шляхом застосування напівавтоматичного зварювання в середовищі суміші захисних газів. Запропоновано вдосконалену технологію виготовлення вузлів рами та проведено дослідження напружено-деформованого стану моделі рами. У проектному варіанті запропоновано такі зміни:

- вдосконалено технологію виготовлення даного виробу;
- запропоновано модернізований спосіб зварювання, що підвищує якість виробу (запропоновано спосіб напівавтоматичного зварювання в суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$);
- модернізовано складання виробу (кантувач, пристосування для складання)

Виконано оцінку напружено-деформованого стану моделі рами грейферного навантажувача в процесі моделювання експерименту.

Ключові слова: індукційне наплавлення, індуктор, спеціальна частина, економічний показник, санітарно-гігієнічні умови, освітлення, екологія, зносостійкі порошкоподібні матеріали, енергоощадний режим.

ВСТУП

Одним з найважливіших факторів науково-технічного прогресу є розвиток зварювальної науки та техніки. На даному етапі розвитку діяльності суспільства зварювання – це один з основних методів отримання нероз’ємних з’єднань в різних галузях. Тому зварювання металів стало одним з ведучих технологічних процесів у виробництві конструкцій найрізноманітнішого призначення і без його використання неможливо уявити собі сучасне машинобудування, будівництво та більшість галузей народного господарства.

Зварювальне виробництво впевнено розвивається і забезпечується передовою технікою і технологією. За рівнем автоматизації та по об’єму виконуваних робіт зварювання займає першість в світових промислових процесах. Залежно від умов виробництва, особливості зварювальних металів, а також вимог, які ставляться до властивостей і якості зварних з’єднань в останні роки в промисловості застосовують більше 50-ти видів зварювання. В наш час, зварювання найчастіше виконують із застосуванням інверторних зварювальних апаратів, які при нагріванні викликають у матеріалах, що зварюються, складні фізико-хімічні процеси.

Збільшення обсягу зварювального виробництва, розроблення автоматизованих технологічних процесів зварювання та наплавлення, вимагає створення нових зразків різноманітного устаткування і його безперервного вдосконалення, що забезпечуватиме збільшення ефективності праці та економічний ефект у виробництві.

ЗМІСТ	с.
ВСТУП.....	5
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1. Опис конструкції рами грейферного навантажувача.....	8
1.2. Вимоги до конструкції рами.....	12
1.3. Аналіз існуючих технологій виготовлення зварної рами.....	14
2. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	15
3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	38
3.1. Вибір та обґрунтування способу зварювання	38
3.2. Розрахунок параметрів режиму зварювання.....	42
3.3. Вибір зварювальних матеріалів.....	44
3.4. Вибір зварювального обладнання.....	47
3.5. Контроль якості зварних швів.....	53
3.6. Технологічний процес виготовлення.....	55
4. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	57
4.1. Вибір типу пристосувань.....	57
4.2. Вибір типу установочних елементів.....	58
4.3. Опис роботи пристосувань	53
4.4. Розрахунок пневматичних притискачів.....	71
5. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	71
5.1 Принцип роботи механізму.....	71
5.2 Розрахункова схема механізму.....	71
6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	76
7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	76
7.1 Протипожежні заходи які передбачені в спроектованому технологічному процесі	78
7.2 Створення оптимальних умов освітленості на робочому місці.....	79
7.3 Розрахунок виробничого освітлення в цеху.....	81

7.4 Заходи які забезпечують безпечні умови праці на ділянці	82
7.5 Стійкість роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях.....	85
8. ЕКОЛОГІЯ.....	106
8.1 Методи очищення викидів забруднюючих речовин в атмосферу при зварюванні рами грейферного навантажувача.....	106
8.2 Методи очищення стічних вод на підприємстві.....	108
ВИСНОВКИ.....	110
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	111
ДОДАТКИ.....	113

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Опис конструкції рами грейферного навантажувача

Грейферні навантажувачі були створені близько 65-ти років тому, бо у них визначалось чітке місце у системі машин технологічного циклу з виготовлення продукції. Грейферні навантажувачі у сільському господарстві призначались для завантаження матеріалів з технологічних куп, які в результаті роботи створювали інші машини. Дані технології використовуються і наданий час на теренах СНД.

Завод «Коломиясільмаш» випускав грейферні навантажувачі, які були спроектовані для завантаження добрив, штучних та упакованих у тару товарів, сипких і мало сипких матеріалів та виконання інших вантажно-розвантажувальних робіт у сільському господарстві, а також для проведення елементарних екскаваторних робіт. Відповідно до прийнятої класифікації даний навантажувач належить до вантажних машин періодичної дії з поворотною стрілою, що надає грейферному навантажувачу додаткові властивості при переміщенні сільськогосподарських вантажів. Головною робочою деталлю грейферних навантажувачів є грейфер об'ємом 0.67м^3 . Оптимальна його конструкція та розраховані зусилля гідроциліндрів робочих органів забезпечують високу продуктивність при навантажуванні органічних добрив, силосу, сінажу. Для риття канав, ям та котлованів на ґрунтах різних категорій грейферний навантажувач укомплектується широкою екскаваторною лопатою (ширина 0.7м) і вузькою (ширина 0.4м). Переобладнання грейфера на лопату виконується без роз'єднання деталей гідравлічної системи.

Грейферні навантажувачі «Карпатець» з двигунами Д65, Д242, СМД 15Н10 мають наступні характеристики: продуктивність – 180-240 т/год, висоту навантаження 4.3м, ширину забору 2.5м, вантажопідйомність – 10кН. Всі прилади для управління вузлами навантажувача знаходяться у кабіні, що

сприяє високій продуктивності роботи водія протягом виконання певних робіт.

Головними частинами грейферного навантажувача «Карпатець» (рис.1.1) є:

- Рама;
- Опорні домкрати;
- Колона;
- Стріла;
- Надставка;
- Робочий орган;
- Розподільник;
- Маслоблок;
- Гідроциліндри;
- Двигун;
- Система переміщення;



Рисунок 1.1. Загальний вигляд грейферного навантажувача «Карпатець»

Рама – це суцільна конструкція, що складається з двох паралельно розміщених боковин, в даному випадку швелерів, зв'язаних між собою поперечними зв'язками. Основними зв'язками є задня балка, нижня та середня.

Рама являється основою, на якій збираються всі вузли та механізми грейферного навантажувача «Карпатець». (рис.1.2)

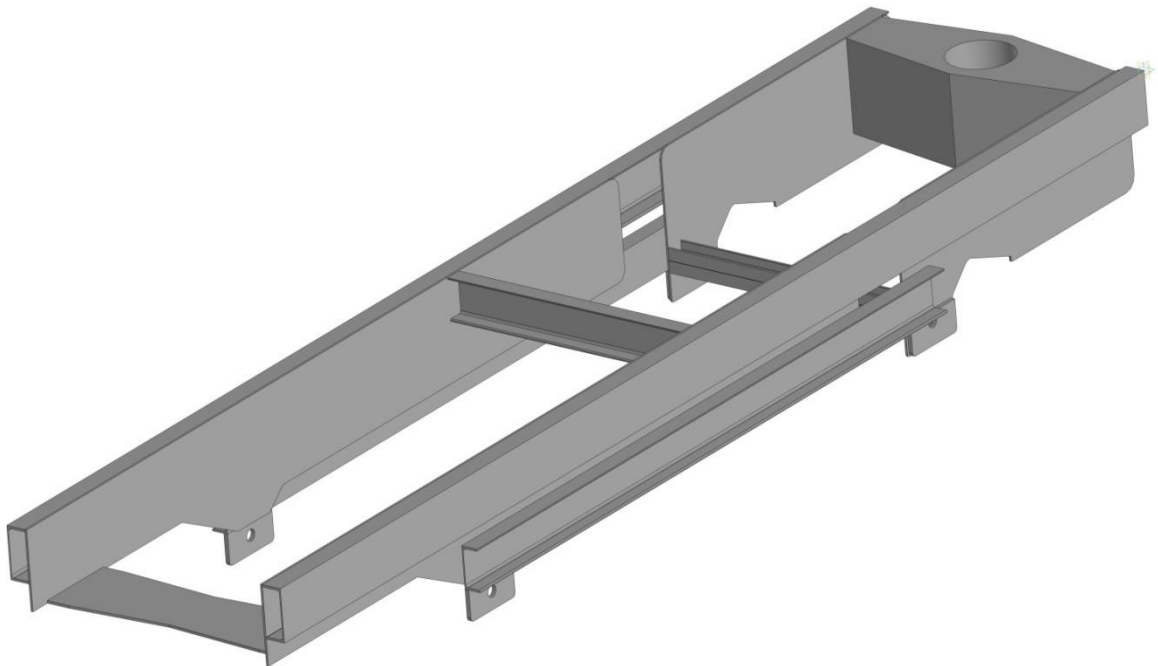


Рисунок 1.2. Загальний вигляд рами грейферного навантажувача «Карпатець»

Конструкція рами грейферного навантажувача представляє собою зварну рамну конструкцію, більшість деталей якої виготовляють з швелерів згідно ДСТУ 3436-96 та листового прокату сталі ВСт3Сп згідно ДСТУ 8540-2015 з наступним хімічним складом і механічними властивостями, що наведені в таблицях 1.1 та 1.2 відповідно.

Таблиця 1.1

Хімічний склад сталі ВСтЗсп за ДСТУ 2651:2005, % [1, с. 23]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
			не більше					
0,14-0,22	0,40-0,65	0,12-0,30	0,04	0,045	0,30	0,30	0,30	-

Таблиця 1.2

Механічні властивості сталі ВСтЗсп за ДСТУ 2651:2005 [1, с. 24]

Тимчасовий опір σ_b , МПа	Границя текучості $\sigma_{0,2}$, МПа	Відносне видовження $\delta_{0,2}$, %
370-480	245	26

Зварюваність – це одна з найважливіших властивостей металу, тобто здатність утворити міцне, нероз’ємне з’єднання. За зварюваністю вуглецеві сталі можна розділити на 4 групи:

- добре зварювані сталі ($C \leq 0.25$)
- задовільно зварювані сталі ($C =$ від 0.25 до 0.35)
- обмежено зварювані сталі ($C =$ від 0.35 до 0.45)
- погано зварювані сталі ($C =$ від 0.45)

Показник зварюваності металу визначається за еквівалентним вмістом вуглецю, який визначається за формулою:

$$C_{екв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{10} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{15} + \frac{V}{14} + 5B, [2, с. 526] \quad (1.1)$$

де символ кожного елемента, показує максимальний вміст його в металі у відсотках.

$$C_{екв} = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,3}{24} + \frac{0,3}{10} + \frac{0,3}{5} = 0,43\%.$$

В даній сталі $C_{екв} = 0.43\% < 0.45\%$, а $C = 0.14-0.22$ це означає, що сталь входить в групу добре зварюваних сталей.

1.2. Вимоги до конструкції рами

Протягом терміну експлуатації зварні з'єднання мають зберігати необхідну міцність, стійкість та витривалість при максимальному та робочому навантаженні. Міцність металу шва має бути відповідною до міцності основного металу. Великий вплив на міцність та надійність конструкцію мають тріщини, подрізи, непровари та інші дефекти зварного шва і зони термічного впливу. Тому потрібно дотримуватись всіх технологічних норм під час зварювання. Значну роль відіграє процес складання деталей та підготовки під зварювання, а саме: точність розмірів заготовлених деталей, правильна геометрія всіх деталей згідно ДСТУ 2500-94.

Для виготовлення рами повинні застосовуватись матеріали які за хімічним складом та механічними властивостями відповідають вимогам по ДБН В.2.6-198-2014 таблицях 1.3 та 1.4.

Таблиця 1.3

Характеристичні показники ударної в'язкості прокату за розрхункової температури

Група конструкцій	Нормативні показники ударної в'язкості ¹⁾ для прокату з характеристичним опором сталі, Н/мм ²			
	$R_{yn} = 235$	$245 \leq R_{yn} < 290^{2)}$	$290 \leq R_{yn} \leq 390$	$R_{yn} > 390$
1	–	KCA + KCV	KCV ⁻²⁰	KCV ⁻⁴⁰
2	–	Те саме	Те саме	Те саме
3	–	»	»	»
4	–	»	–	–

Таблиця 1.4

Вимоги до вмісту вуглецю, фосфору і сірки в сталях для конструкцій та рекомендовані значення вуглецевого еквіваленту C_e

Характеристичний опір прокату сталі R_{yn} , Н/мм ²	Масова частка елементів ¹⁾ , %, не більше			Рекомендовані значення вуглецевого еквіваленту C_e , не більше
	вуглець ²⁾	фосфор	сірка	
$235 \leq R_{yn} < 275$	0,22	0,040	0,050	0,38
$275 \leq R_{yn} < 345$	0,15	0,035	0,025	0,40
$345 \leq R_{yn} < 390$	0,15	0,035	0,025	0,44
$390 \leq R_{yn} < 440$	0,15	0,020	0,020	0,45
$440 \leq R_{yn} < 460$	0,15	0,020	0,020	0,47
$460 \leq R_{yn} \leq 590$	0,15	0,015	0,012	0,50
$R_{yn} > 590$	0,22	0,015	0,010	0,53

1.3. Аналіз технології виготовлення зварної рами

Підготовлення деталей до зварювання використовується на гільйотинних чи дискових ножницях, прес-ножницях та пилах з ручним керуванням та ручним розмічуванням. Для збільшення точності, зменшення працемісткості потрібно використовувати станки з ЧПК, де розмітка виконується на ПК в спеціалізованих програмах.

Складання – це надання деталям потрібного взаєморозташування у відповідності з кресленнями і технічних умов їхнього закріплення прихвачуванням чи спеціальними пристосуваннями. На складання припадає 70-80% часу зварювально-складальних операцій, а всього лиш 20-30% на зварювання. [лекції ВЗК] Відповідно, до цих даних, потрібно виконати комплексну механізацію складання та зварювання рамних конструкцій, що забезпечить збільшення швидкості складання та зварювання, зменшить трудомісткість та ціну на готовий виріб.

Одна з найголовніших вимог до рам – це жорсткість конструкції. В зв'язку з цим рами, в більшості випадків, складаються з балок коробчатого перерізу, які підсилені ребрами жорсткості. В рамах зазвичай використовується багато зварних швів в різних просторових положення, тому в більшості випадків використовується напівавтоматичне зварювання в захисних газах.

2. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Методика моделювання НДС об'єктів

Моделювання напружено-деформованого стану проводились за допомогою системи автоматизованого проектування КОМПАС 3d V18.

КОМПАС 3D – це графічний редактор, який оснащений різними інструментальними засобами, за допомогою яких можна створити твердотілі об'єкти різноманітних геометричних форм. За допомогою цієї системи автоматизованого проектування і розрахунку (САПР) можна виконувати проектно-конструкторські та дизайнерські роботи в машинобудуванні, архітектурі, приладобудуванні, будівництві. У системі можна виконувати як креслення в форматі 2D (в двох площинах, лінійне) так і проектування в 3D (у триплщинному середовищі). Універсальність цієї системи підкреслює читання файлів різних форматів, таких як dxf, dwg, step, stl, bmp та інші.

Інтерфейс програми простий та зрозумілий, на якому розміщені різноманітні команди для створення 3D моделі. (рис. 2.1)

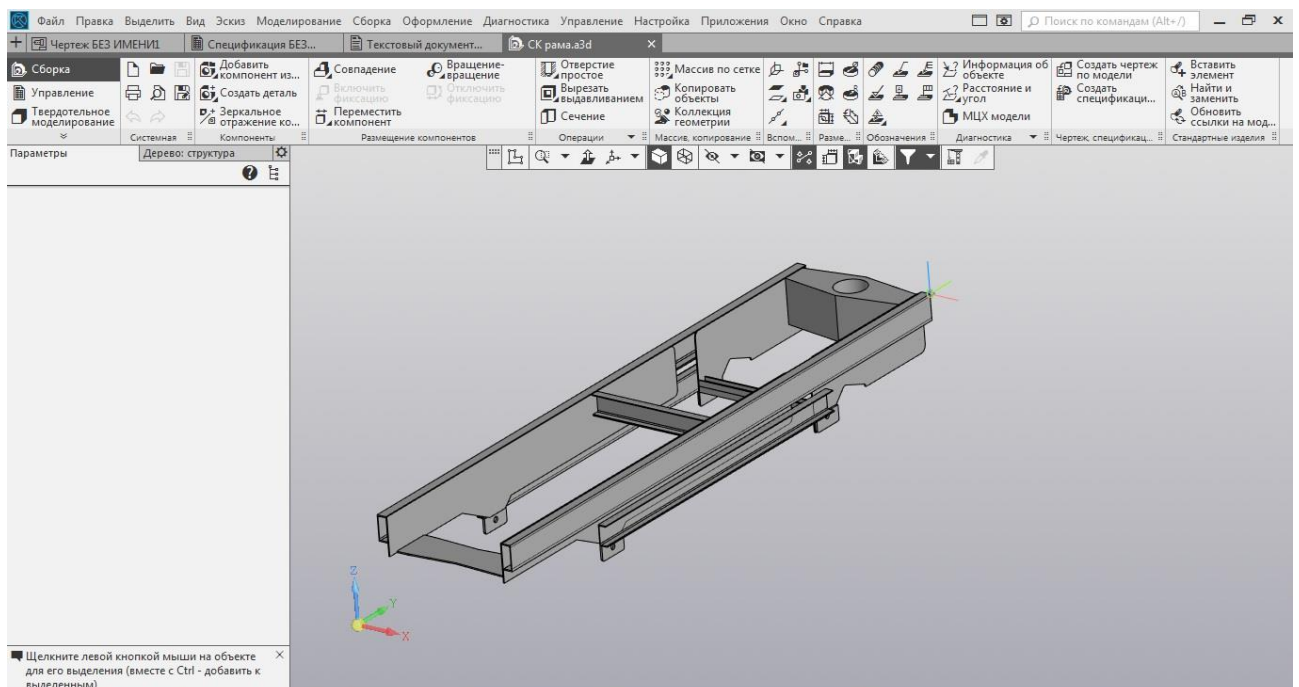


Рисунок 2.1. Интерфейс программы Компас 3d V18

Для зручності, пришвидшення та можливості виконання операцій в даній САПР є додатки, за допомогою яких можна використовувати бібліотеки стандартних виробів.

Для моделювання напружено-деформованого стану використовувався додаток АРМ FEM. Ця система призначена для швидкісного аналізу моделі та візуалізації отриманих результатів. В склад АРМ FEM входять інструменти, за допомогою яких підготовляють модель для розрахунку, задають граничні умови та навантаження, а також вбудовані генератори кінцево-елементної сітки. Цей функціональний набір дає можливість змодельовати об'єкт твердотільної будови та виконати комплексний аналіз поведінки моделі при певних статичних діях, теплових напруженнях та стійкості .

Для побудови скінченно-елементної моделі FEM (КЕ рис. 2.2) в АРМ призначена функція «генерація скінченно-елементної сітки», при її команді виконується розбиття об'єкту з заданими геометричними розмірами. Якщо отримана розрахункова модель має складну геометричну форму, то можливе проведення так званого адаптивного розбиття. Воно призначене для отримання якіснішого результату, при цьому кінцево-елементний генератор варіює величини кроку розбиття.

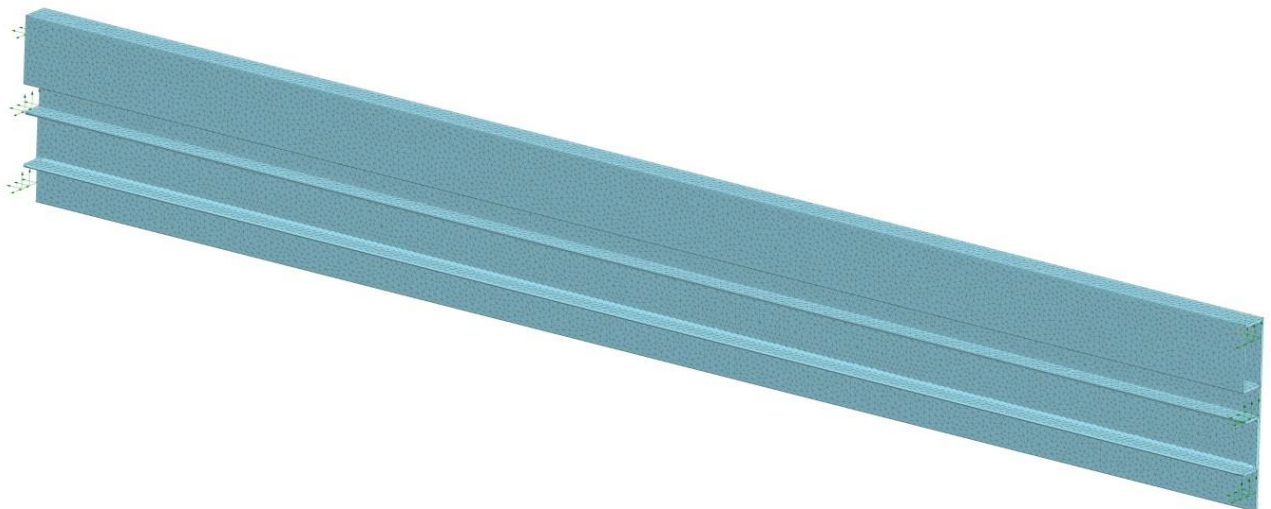


Рисунок 2.2. Модель КЕ представлення об'єкту

Аналіз міцності у модулі APM FEM дозволяє вирішувати такі задачі:

- напружено-деформований стан (статичний розрахунок);
- статичну міцність;
- стійкість;
- термостійкість;
- стаціонарну теплопровідність.

Динамічний аналіз дозволяє визначати частоти та форми власних коливань, в тому числі для моделей з попереднім навантаженням.

Результатами розрахунків є:

- розподілення еквівалентних напружень і їхніх складових та головних напружень;
- розподіл лінійних, кутових і загальних переміщень;
- розподіл деформацій по елементах моделі;
- карти та епюри розподілення внутрішніх напружень;
- значення коефіцієнтів запасу міцності і форми втрати стійкості;
- розподіл коефіцієнтів запасу і числа циклів по критерію втомної міцності;
- розподіл коефіцієнтів запасу міцності по межі текучості (рис 2.4);
- розподіл температурних полів і термонапружень;
- координати центру ваги, масу, об'єм, довжина, площа, площини, моменти інерції моделі а також моменти інерції, статичні моменти і площі поперечних січень;
- реакції в опорах конструкції, а також суму реакцій, прикладених до центру ваги моделі.

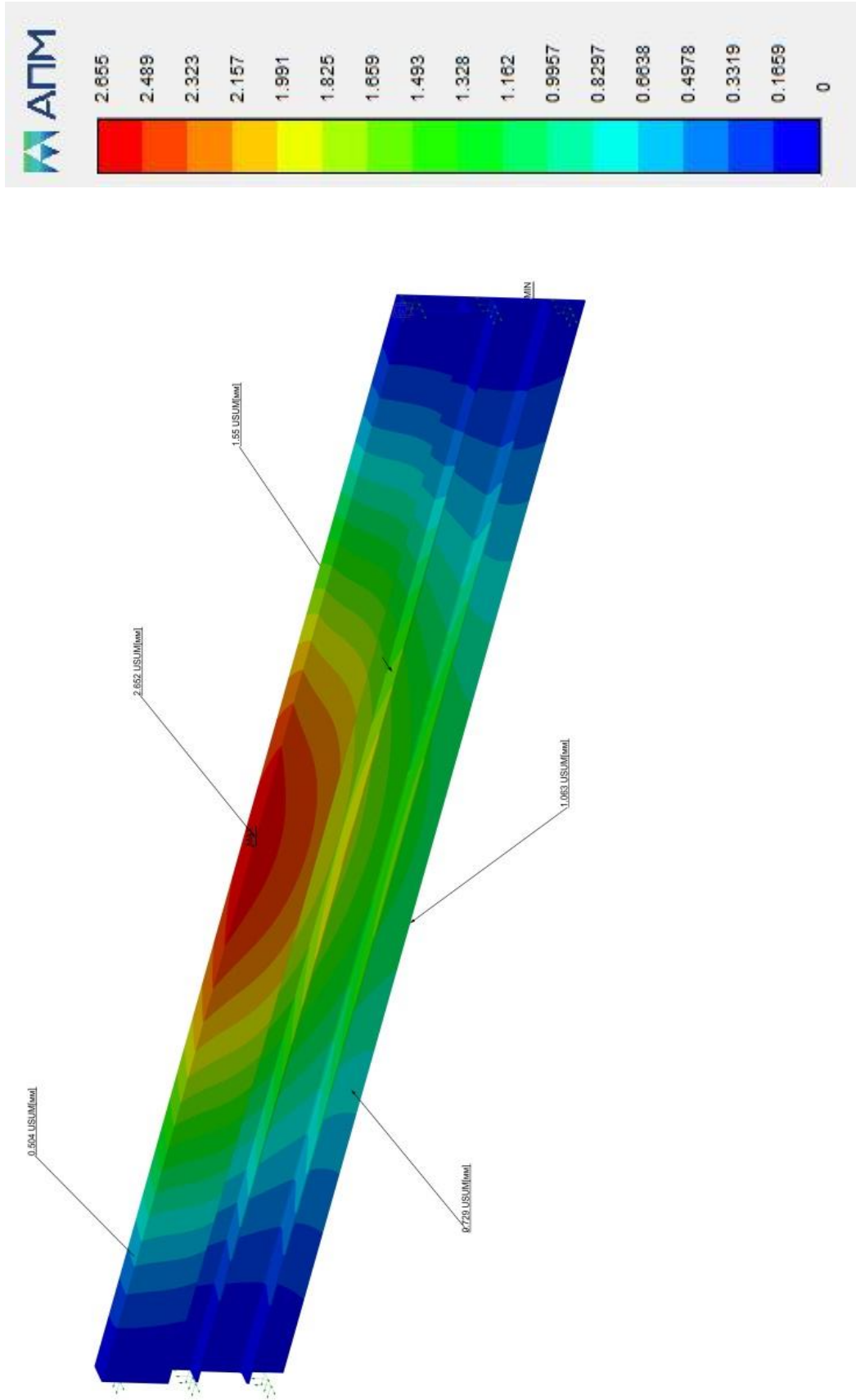


Рисунок 2.3. Розподіл деформацій по елементах моделі

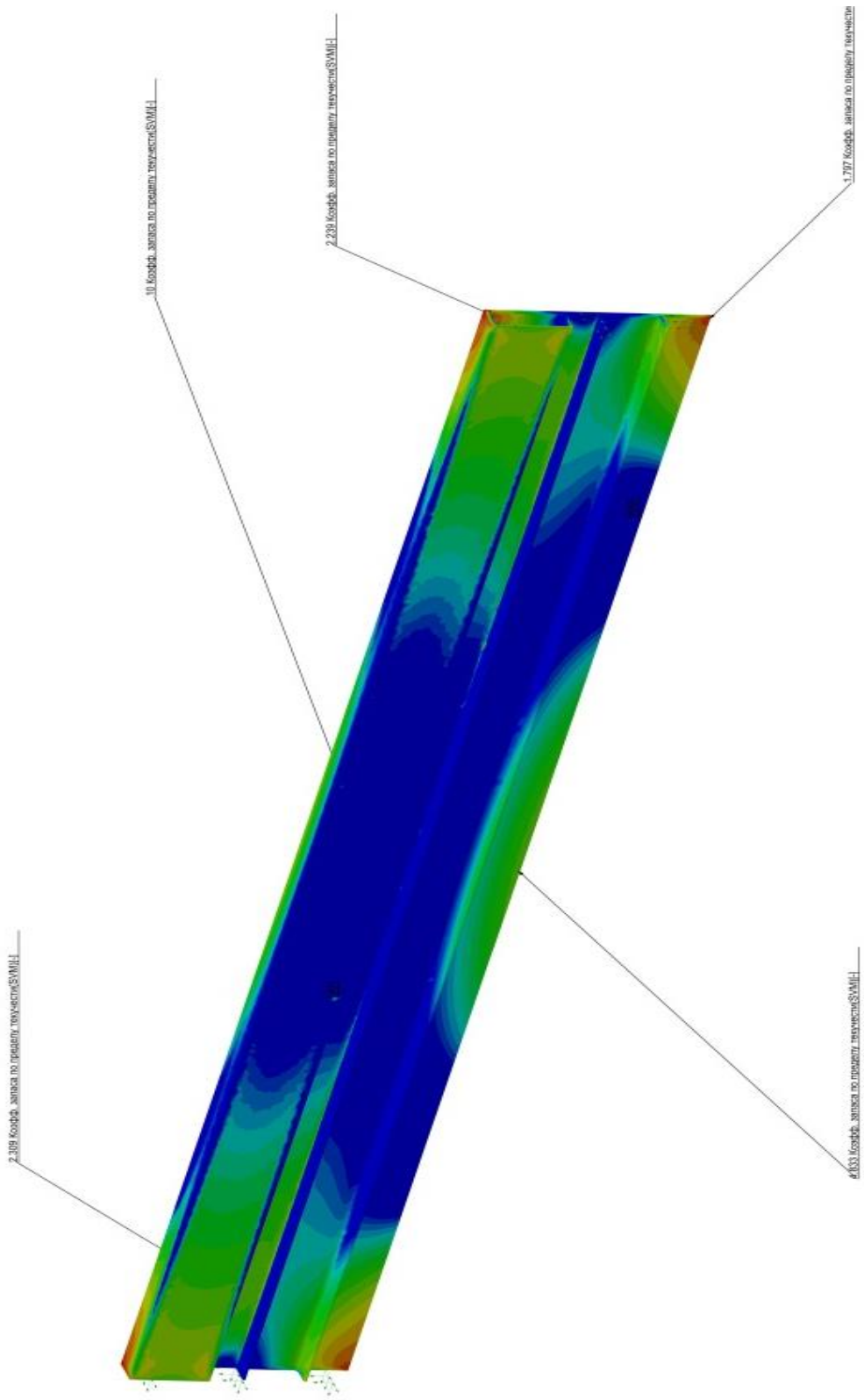
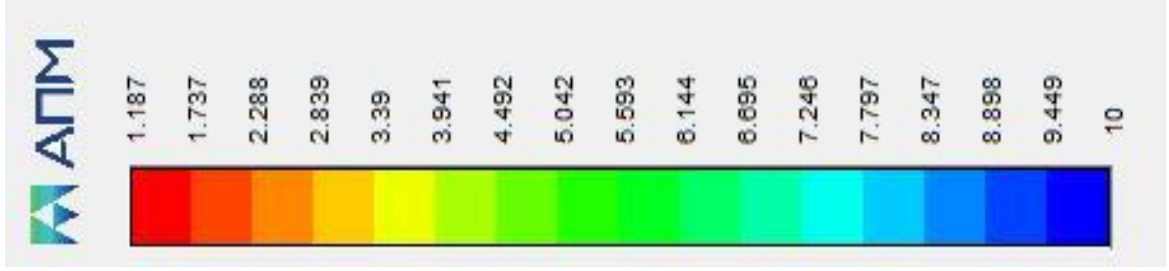


Рисунок 2.4. Коэффициент запаса прочности по текучести

2.2. Оцінка НДС рами грейферного навантажувача при динамічному навантаженні.

Рама грейферного навантажувача піддається дії складного динамічного навантаження. У зв'язку з цим необхідно оцінити НДС рами. Оскільки рама є багаторазово статично невизначеною системою, то застосовувати системи автоматизованого проектування і розрахунку є доцільним. Нами було проведено дослідження НДС для моделі рами, представленої на рисунку 2.5.

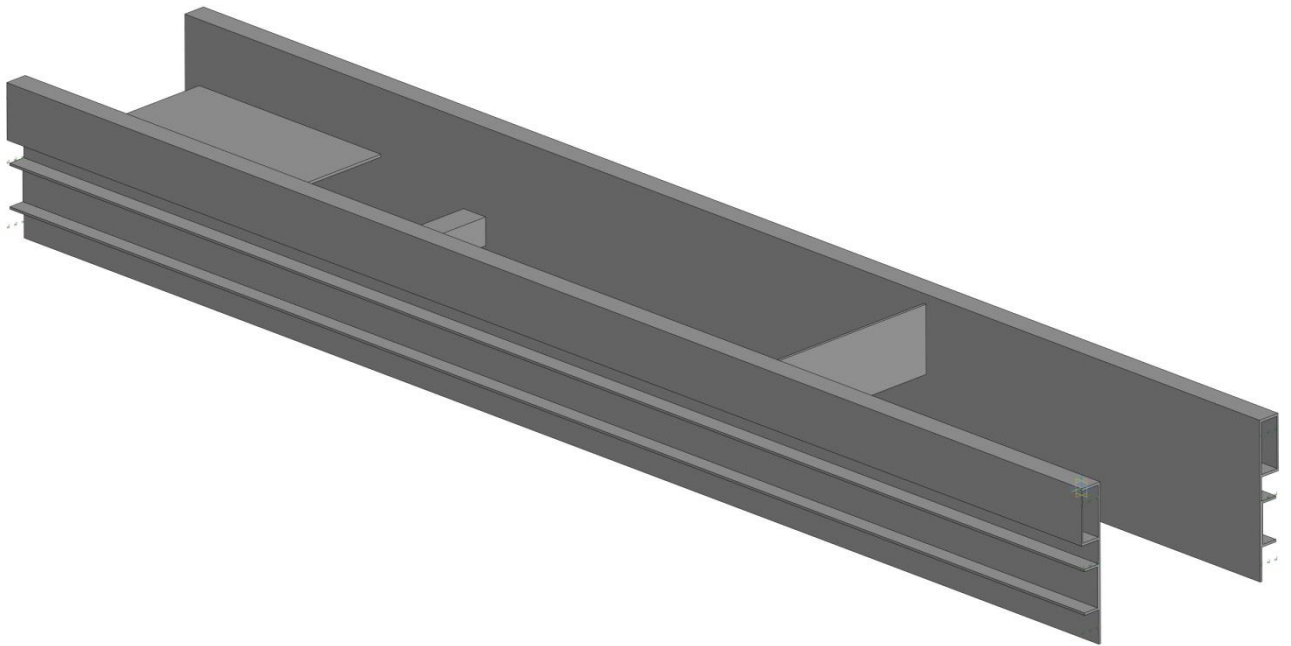


Рисунок 2.5. Зображення досліджуваної моделі рами

Оскільки кут повороту стріли 270 градусів, на задню частину рами, де знаходиться вісь стріли діє крутий момент під різними кутами відносно лонжеронів, у зв'язку з цим виникають додаткові напруження. Нами зроблено прорахунки системі КОМПАС 3D при імітації повороту стріли під 90, 135 та 180 градусів відносно лонжеронів рами. На рисунках представлені деформації та запас міцності моделі (рис 2.6 - 2.12).

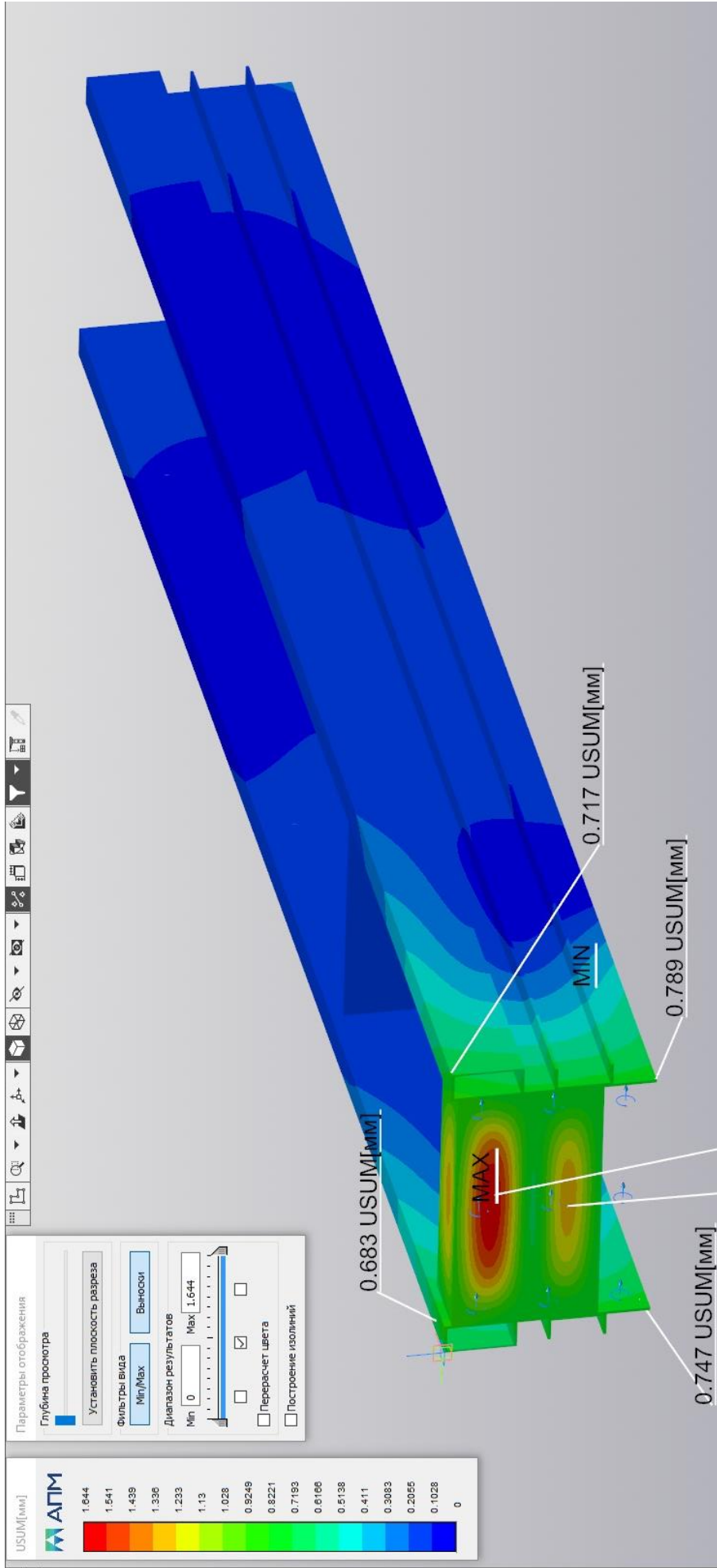


Рисунок 2.6. Перемещение под дією крутного моменту під кутом 90 градусів

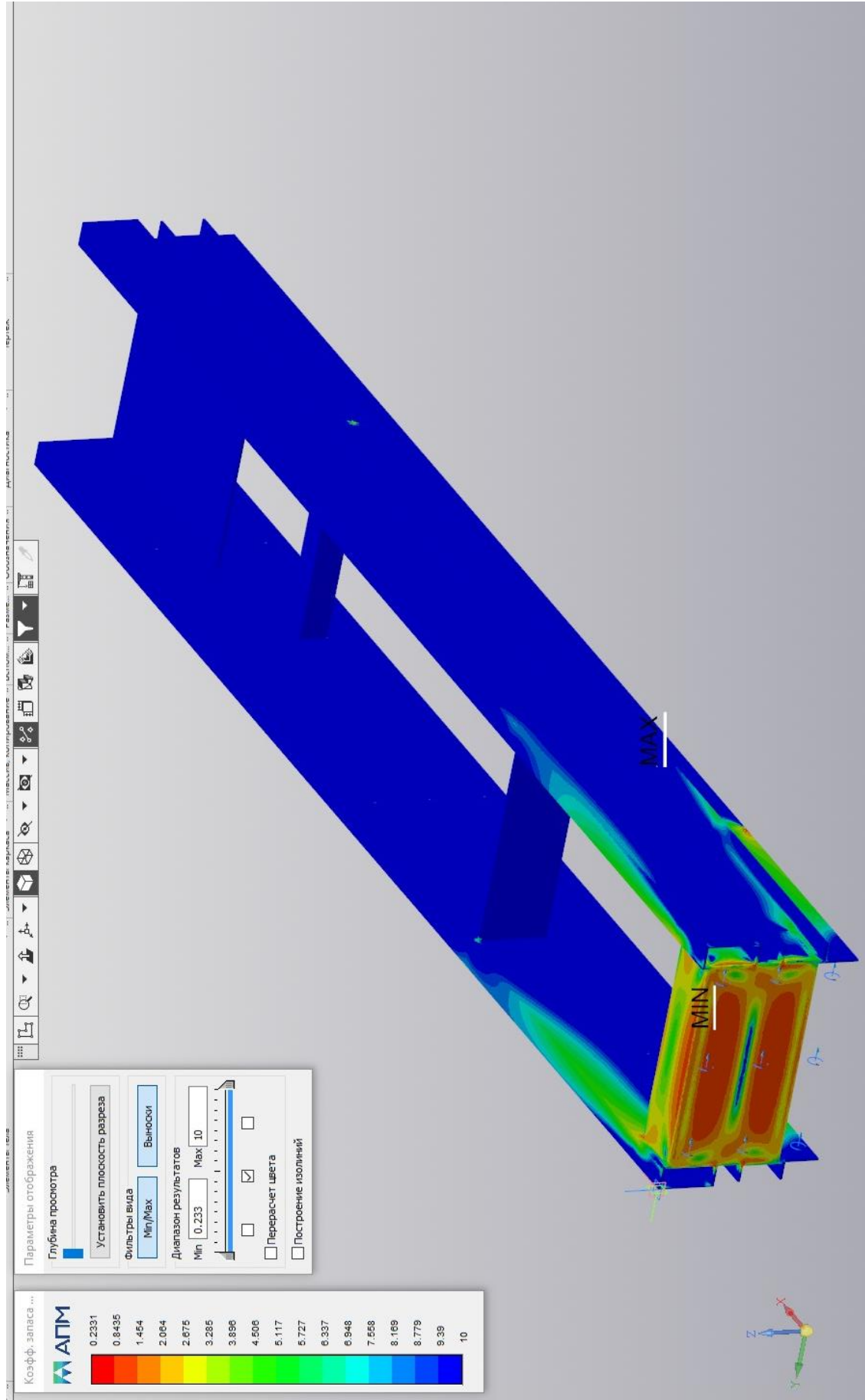


Рисунок 2.7. Запас міцності під дією крутного моменту під кутом 90 градусів

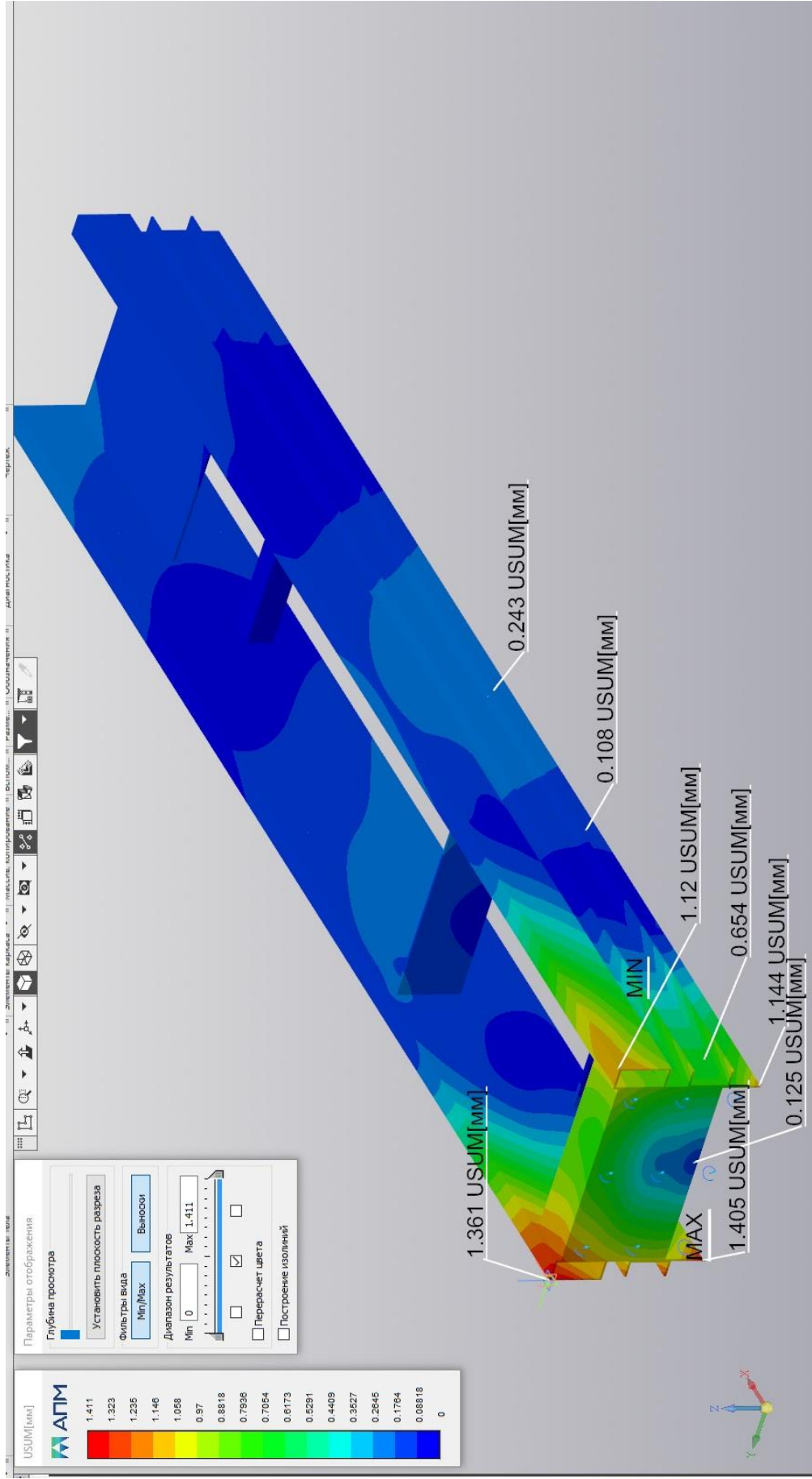


Рисунок 2.8. Переміщення під дією крутного моменту під кутом 135 градусів

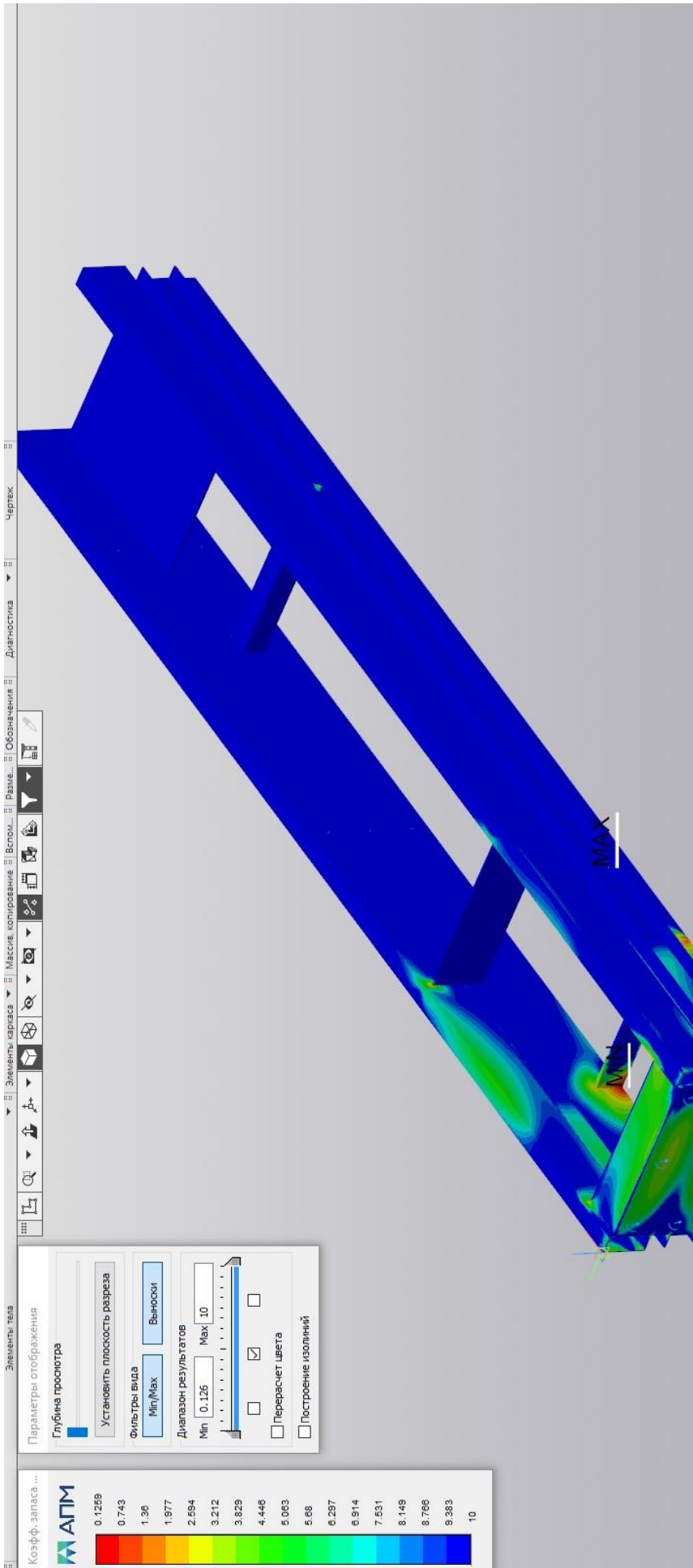


Рисунок 2.9. Запас міцності під дією крутного моменту під кутом 135 градусів

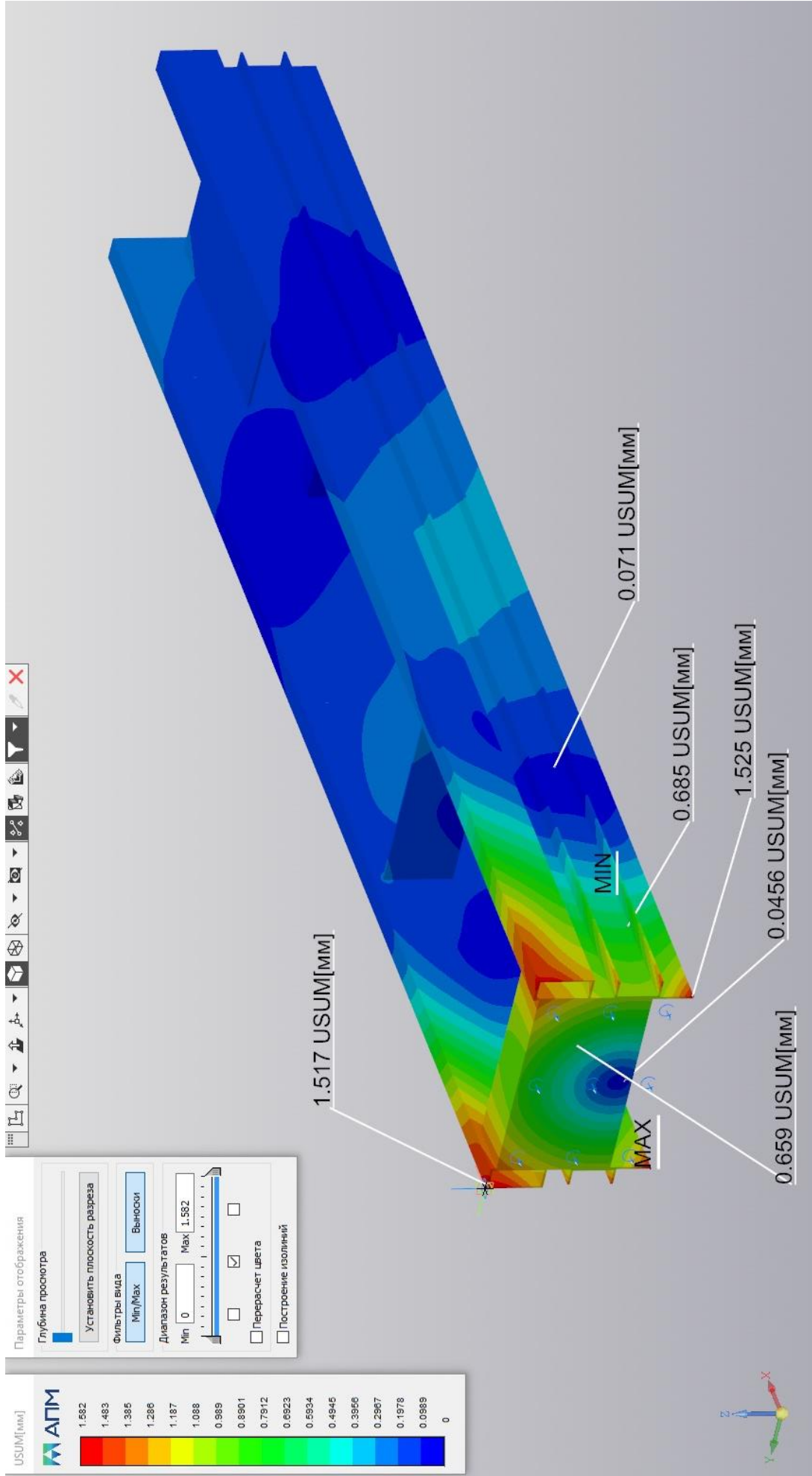


Рисунок 2.10. Переміщення під дією крутного моменту під кутом 180 градусів

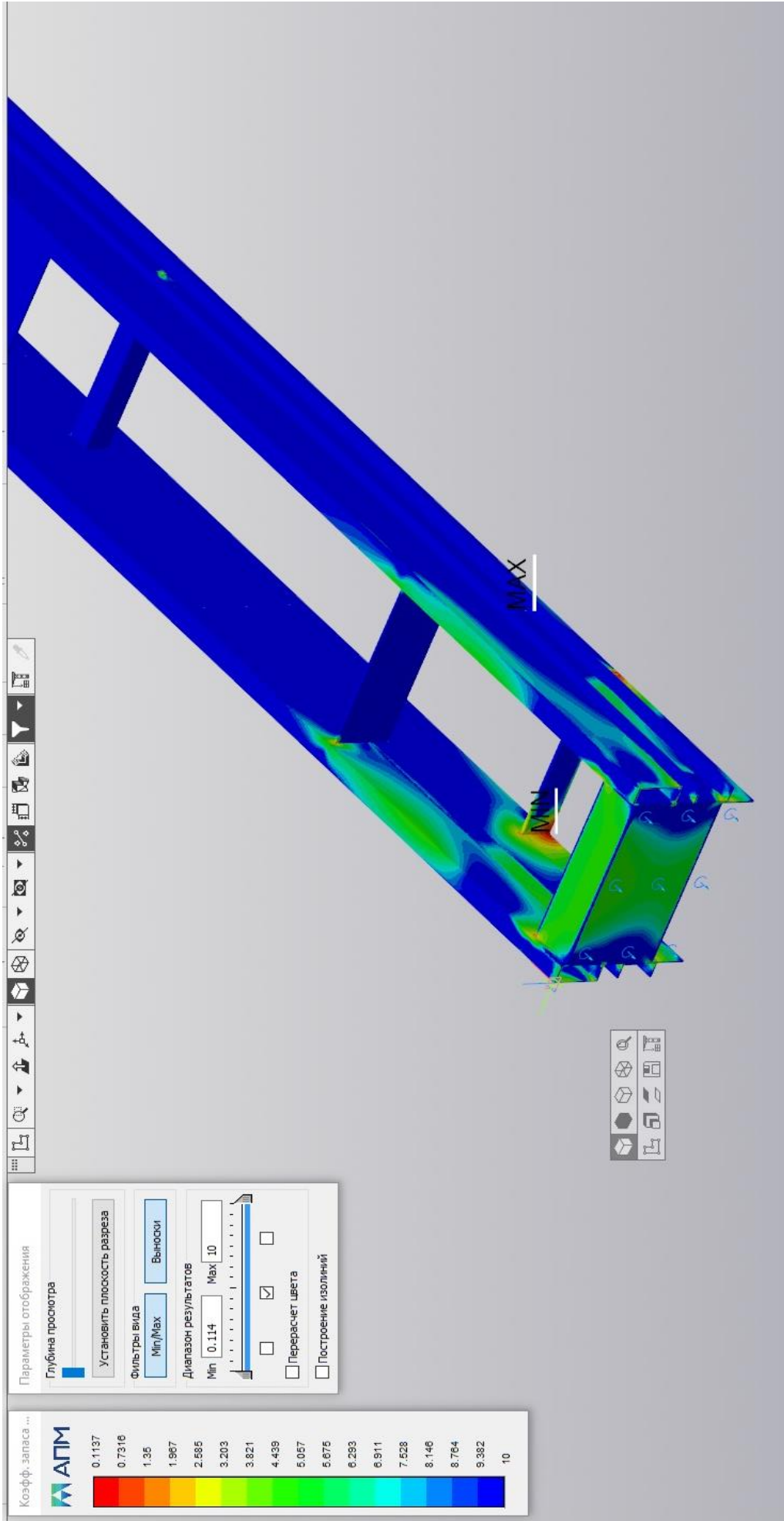


Рисунок 2.11. Запас міцності під дією крутного моменту під кутом 180 градусів

Динамічні навантаження рами призводять до утворення тріщин у місцях концентрації напружень. У зв'язку з цим було проведено дослідження поступового розвитку тріщини в зоні поперечної балки (рис. 2.12-2.21) з розподіленим навантаженням 120000 Н та тріщиною лонжерону різного розміру у % на переміщення та коефіцієнт запасу міцності по межі текучості.

Таблиця 2.1

Залежність переміщень рами під дією навантаження та наявності тріщини.

Таблиця залежності переміщень рами під час тріщини лівого лонжерона	
Тріщина в лонжероні, %	Переміщення, мм
32	0.44
50	0.47
64	0.49
82	0.51
100	3.59

Дані з таблиці перенесемо в графік для наглядного прикладу

Графік 2.1

Залежність переміщення (мм) від розрізу (%)



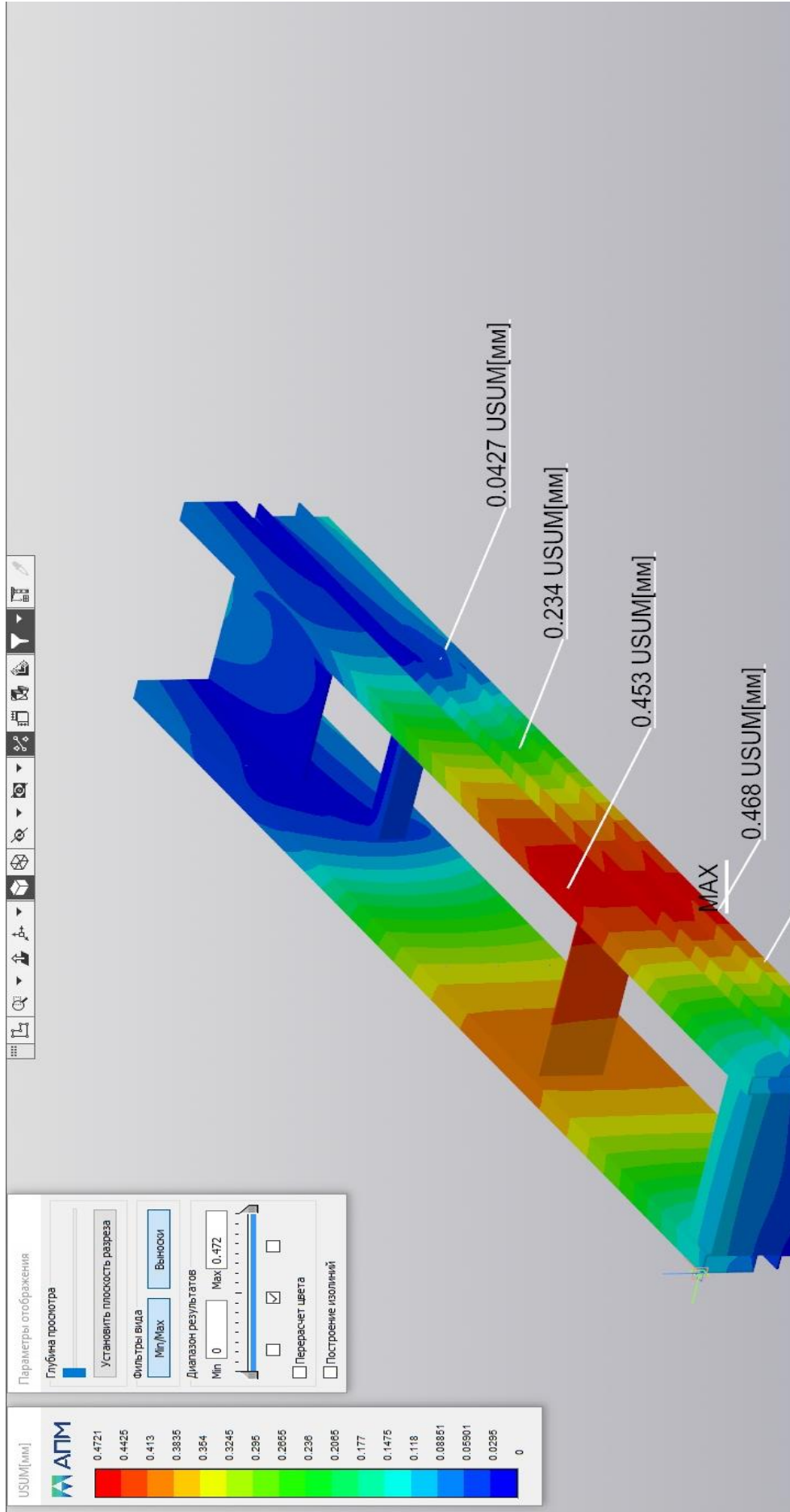


Рисунок 2.12. Переміщення під дією навантаження 120000 Н та тріщиною лонжерона 32%

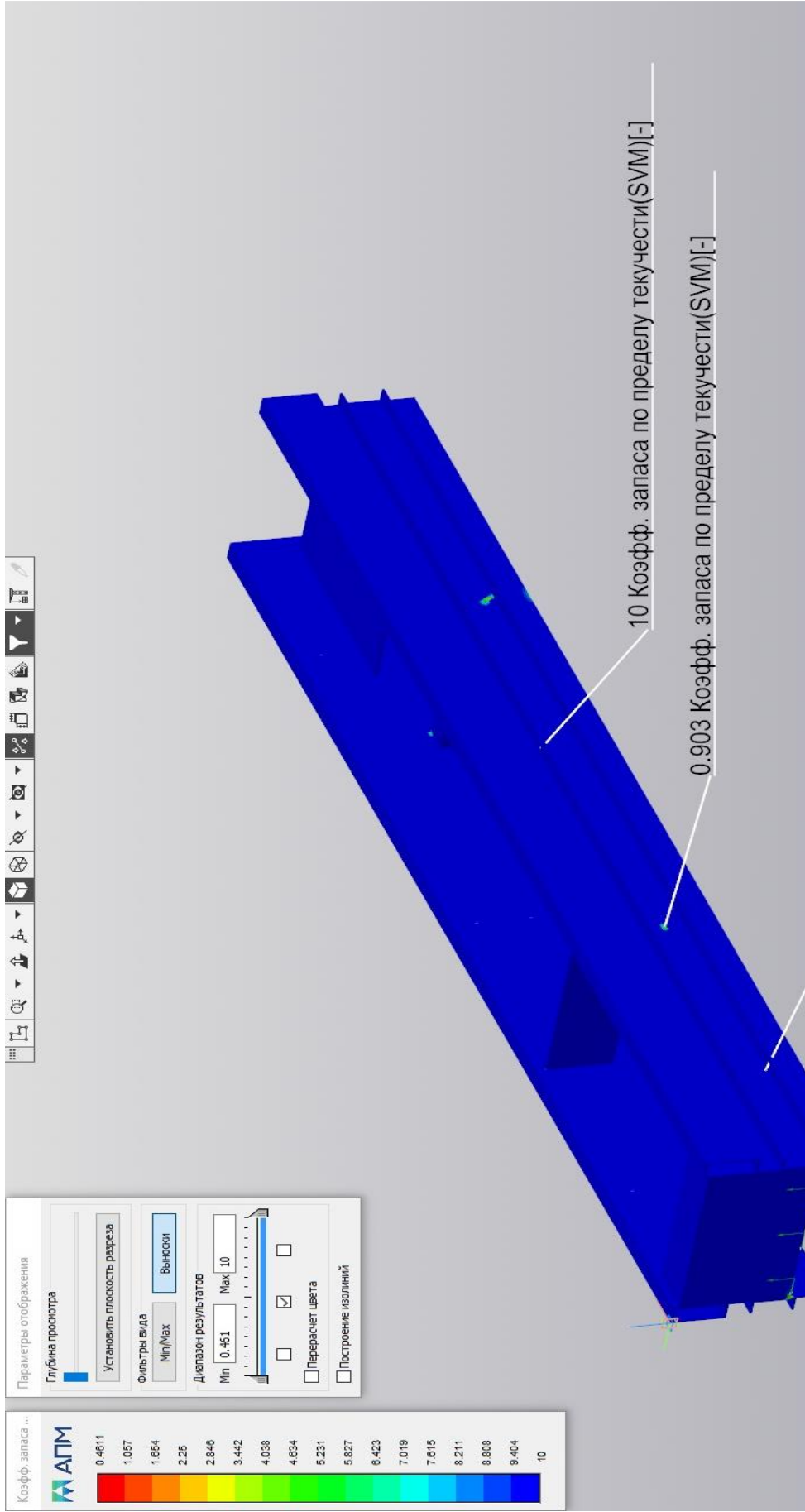


Рисунок 2.13. Запас міцності під дією навантаження 120000 Н та тріщиною лонжерона 32%

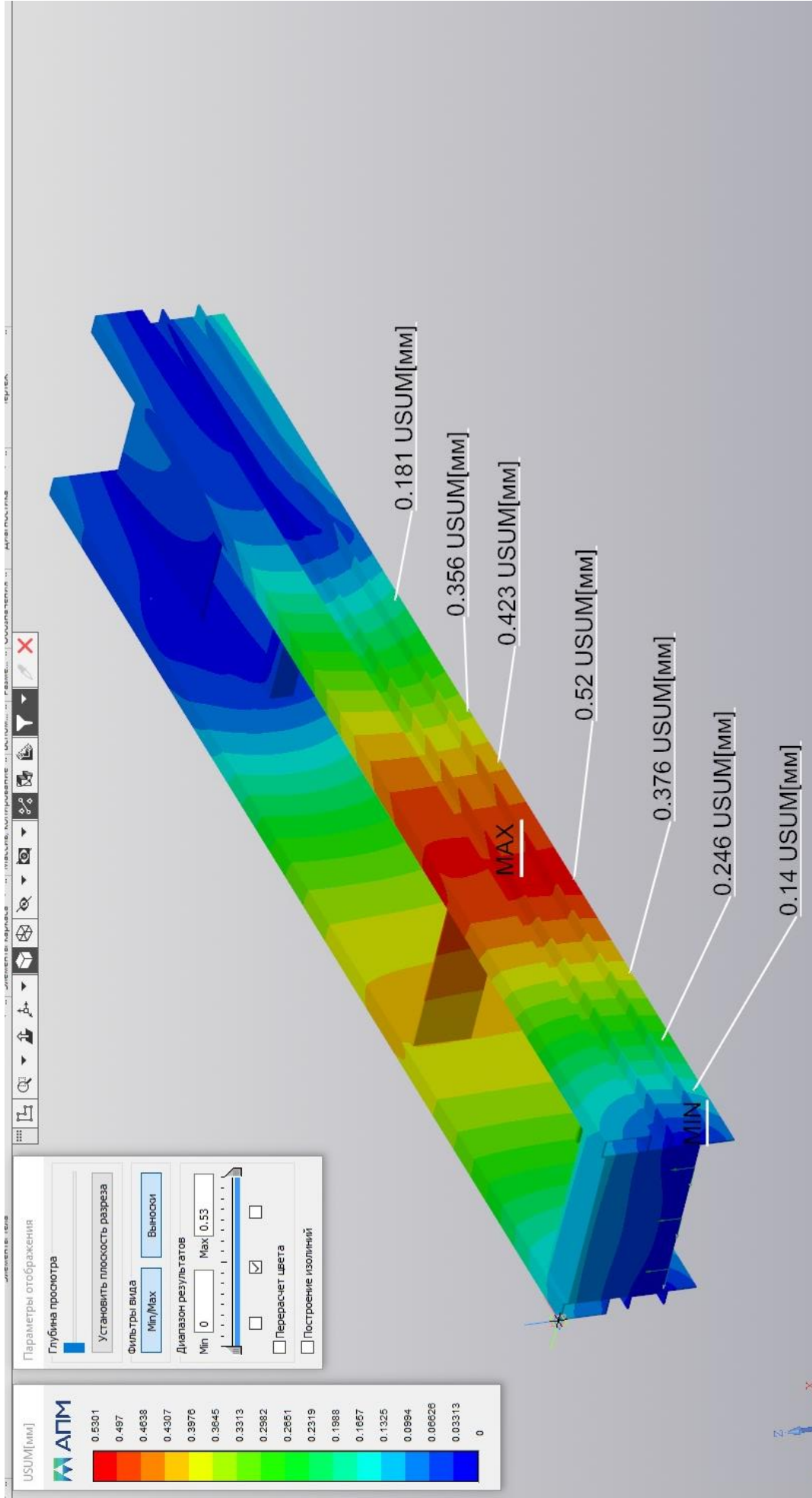


Рисунок 2.14. Перемещение під дією навантаження 120000 Н та тріщиною лонжерона 50%

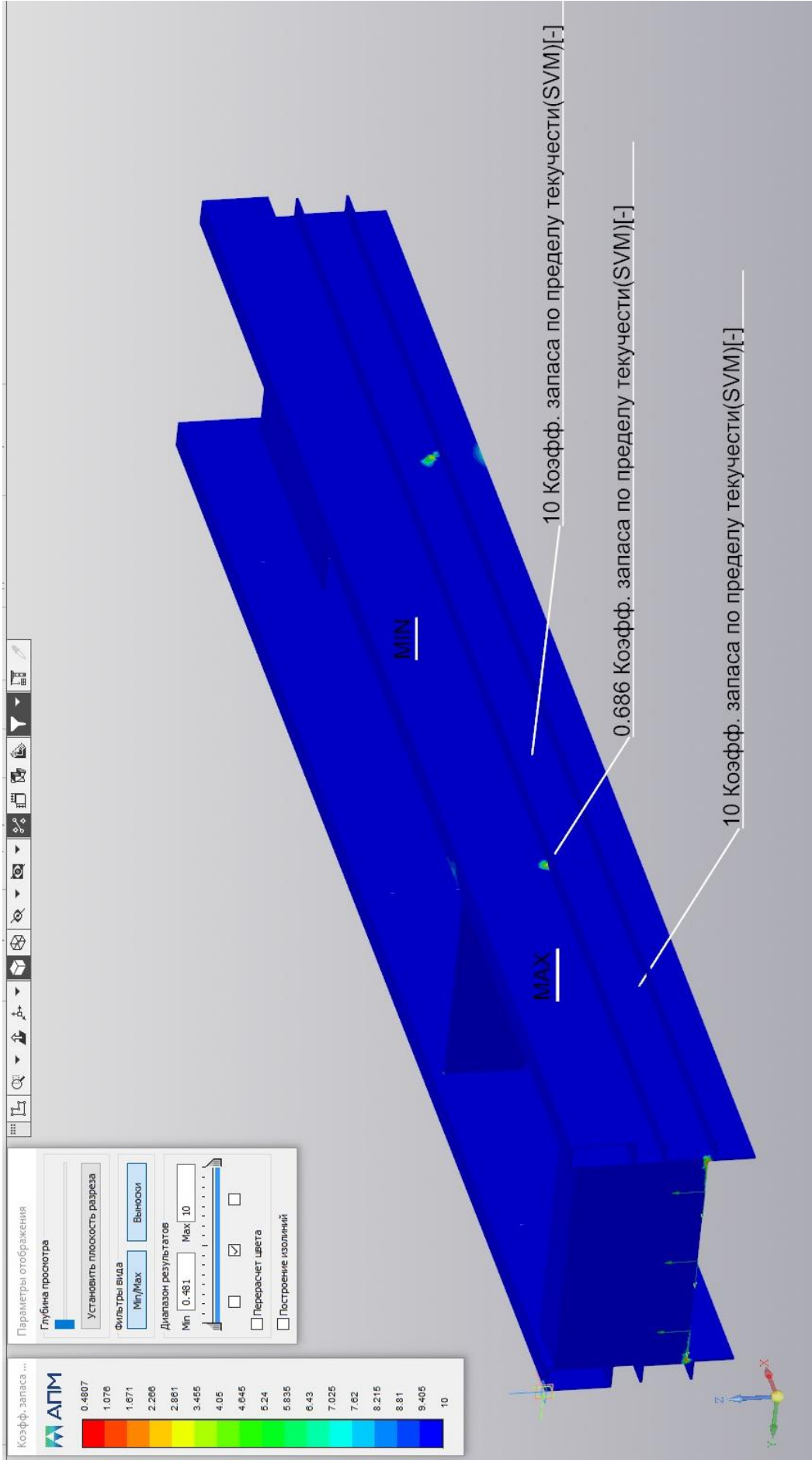


Рисунок 2.15. Запас міцності під дією навантаження 120000 Н та тріщиною лонжерона 50%

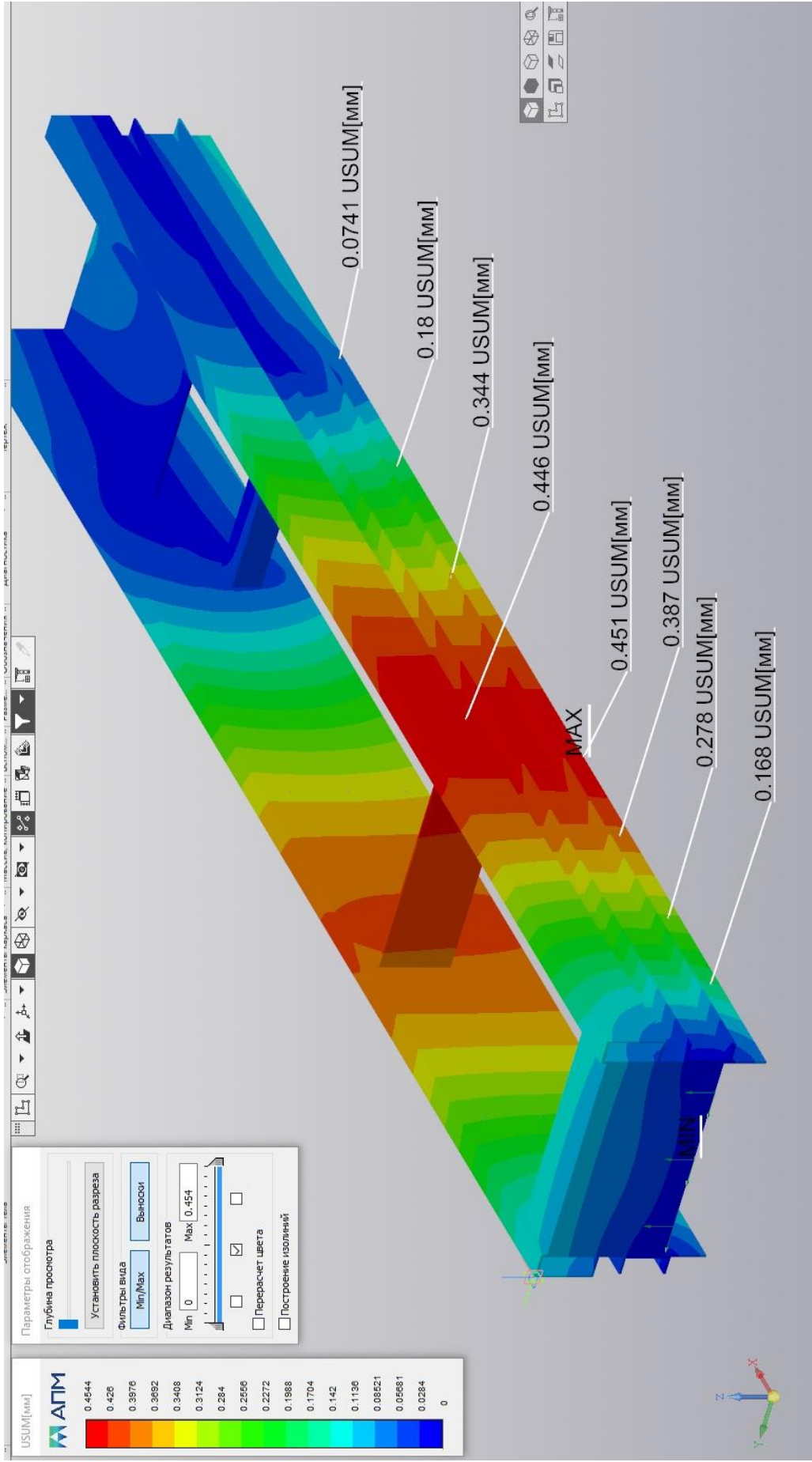


Рисунок 2.16. Перемещение під дією навантаження 12000 Н та тріщиною лонжерона 64%

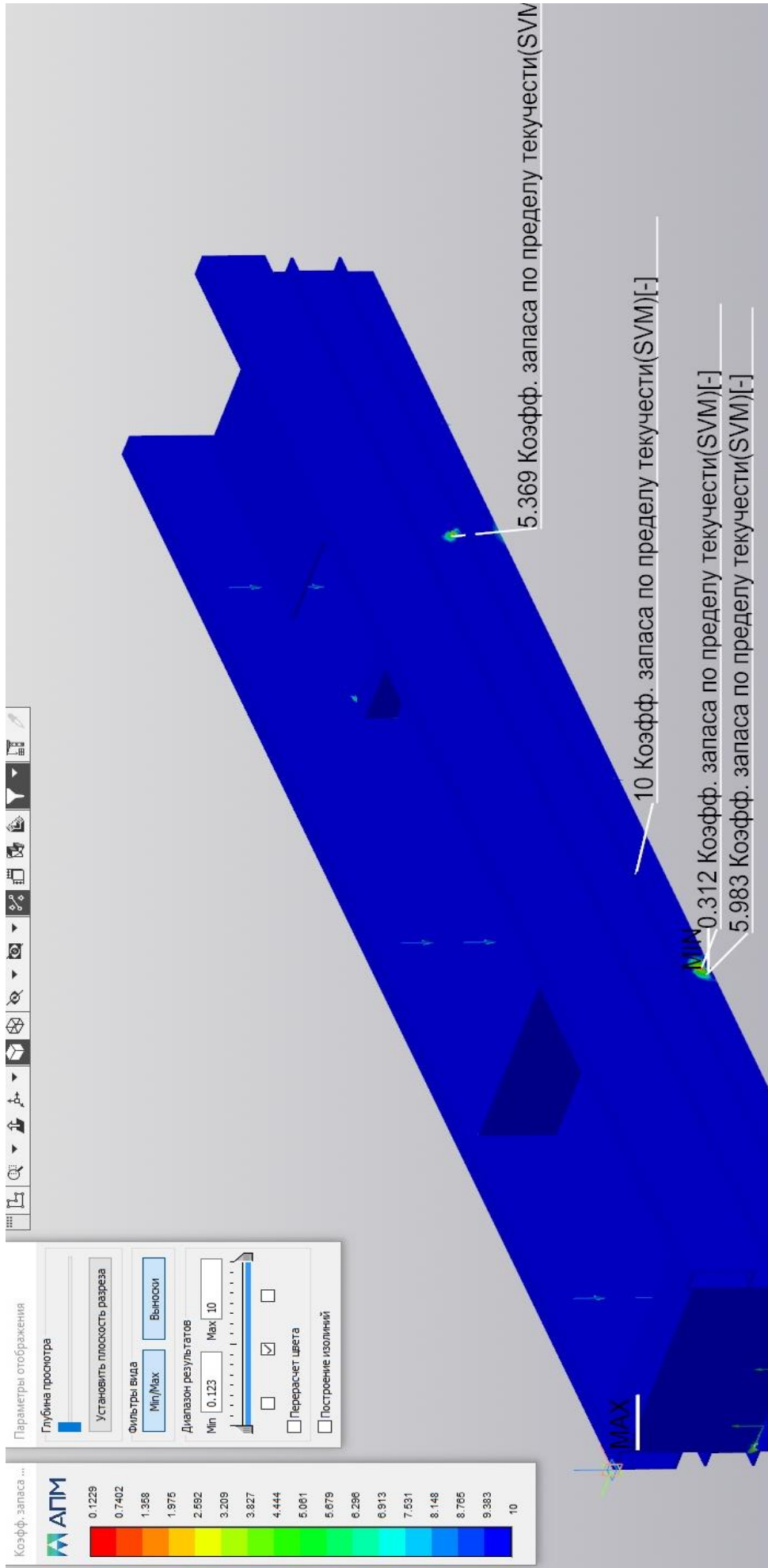


Рисунок 2.17. Запас прочности под дією навантаження 120000 Н та тріщиною лонжерона 64%

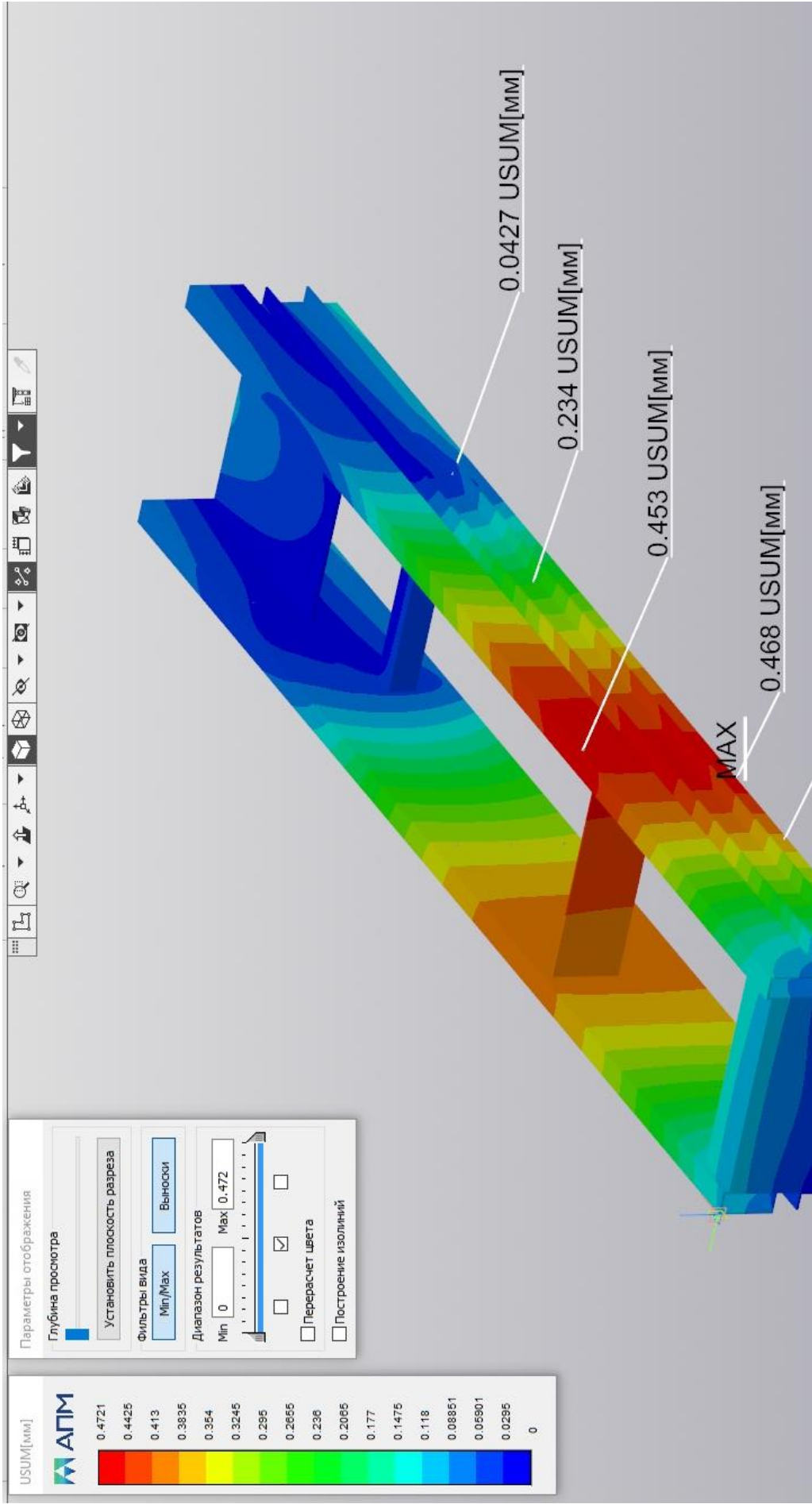


Рисунок 2.18. Переміщення під дією навантаження 12000 Н та тріщиною лонжерона 82%

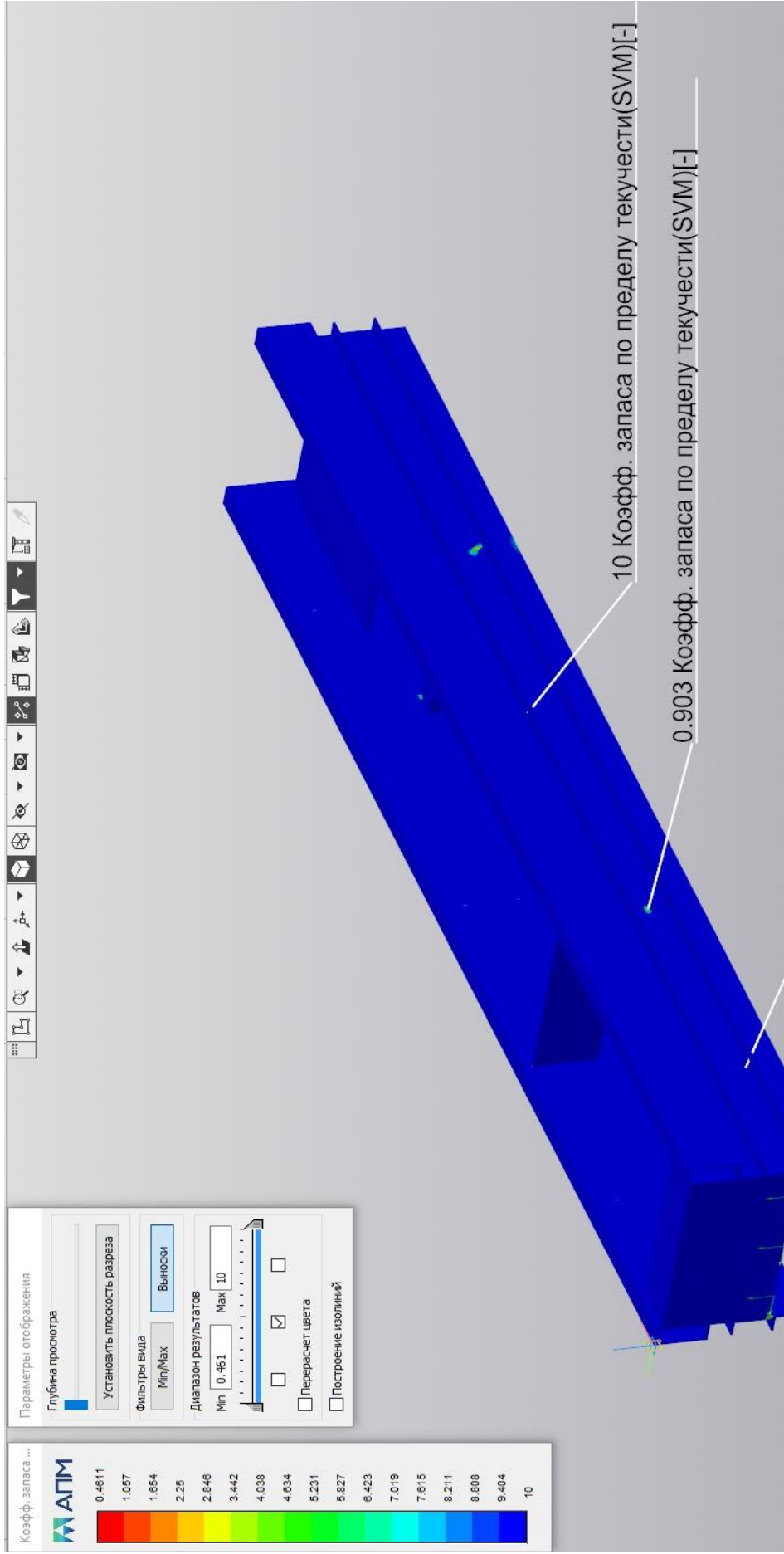


Рисунок 2.19. Запас міцності під дією навантаження 120000 Н та тріщиною лонжерона 82%

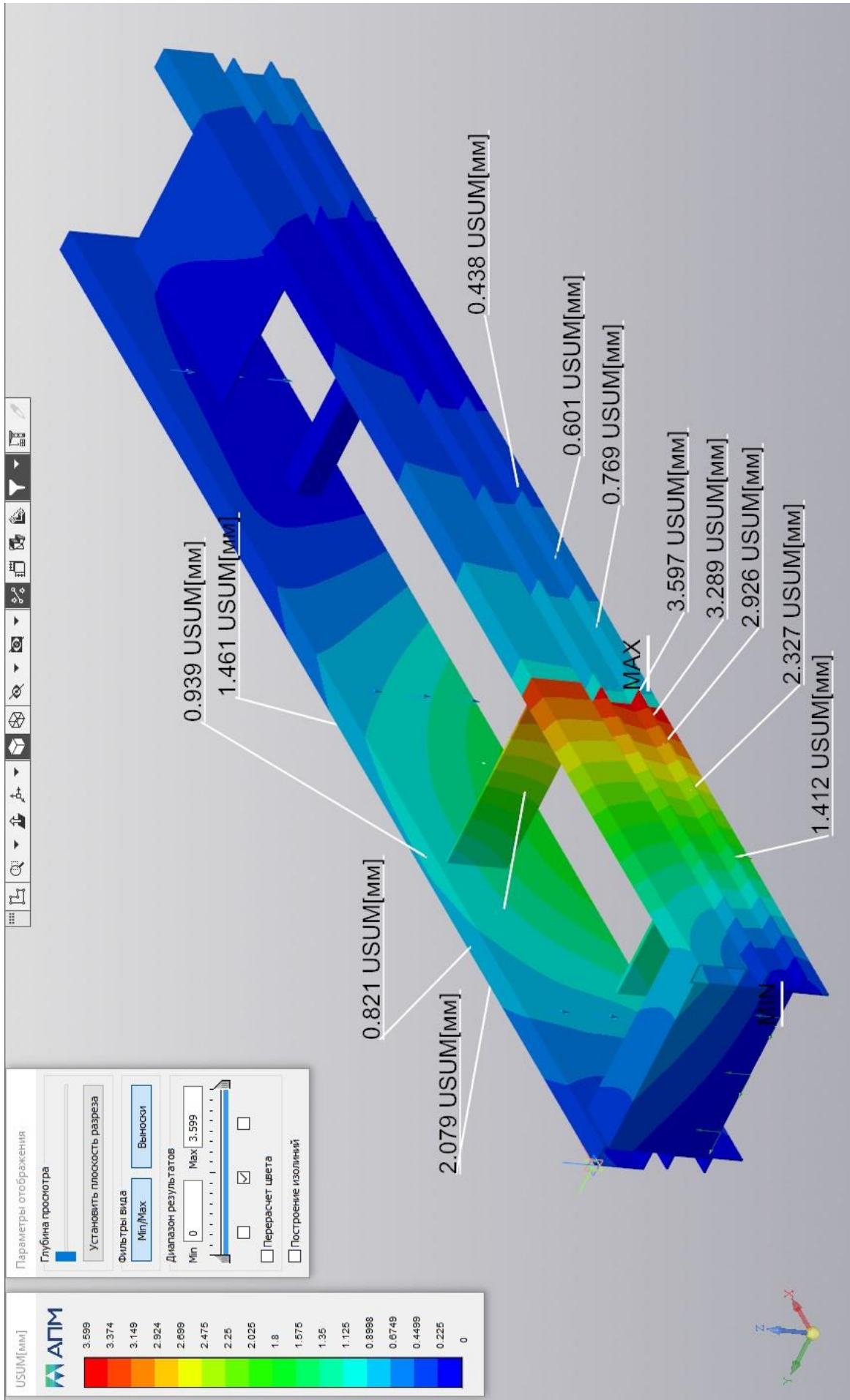


Рисунок 2.20. Перемещение під дією навантаження 12000 Н та тріщиною лонжерона 100%

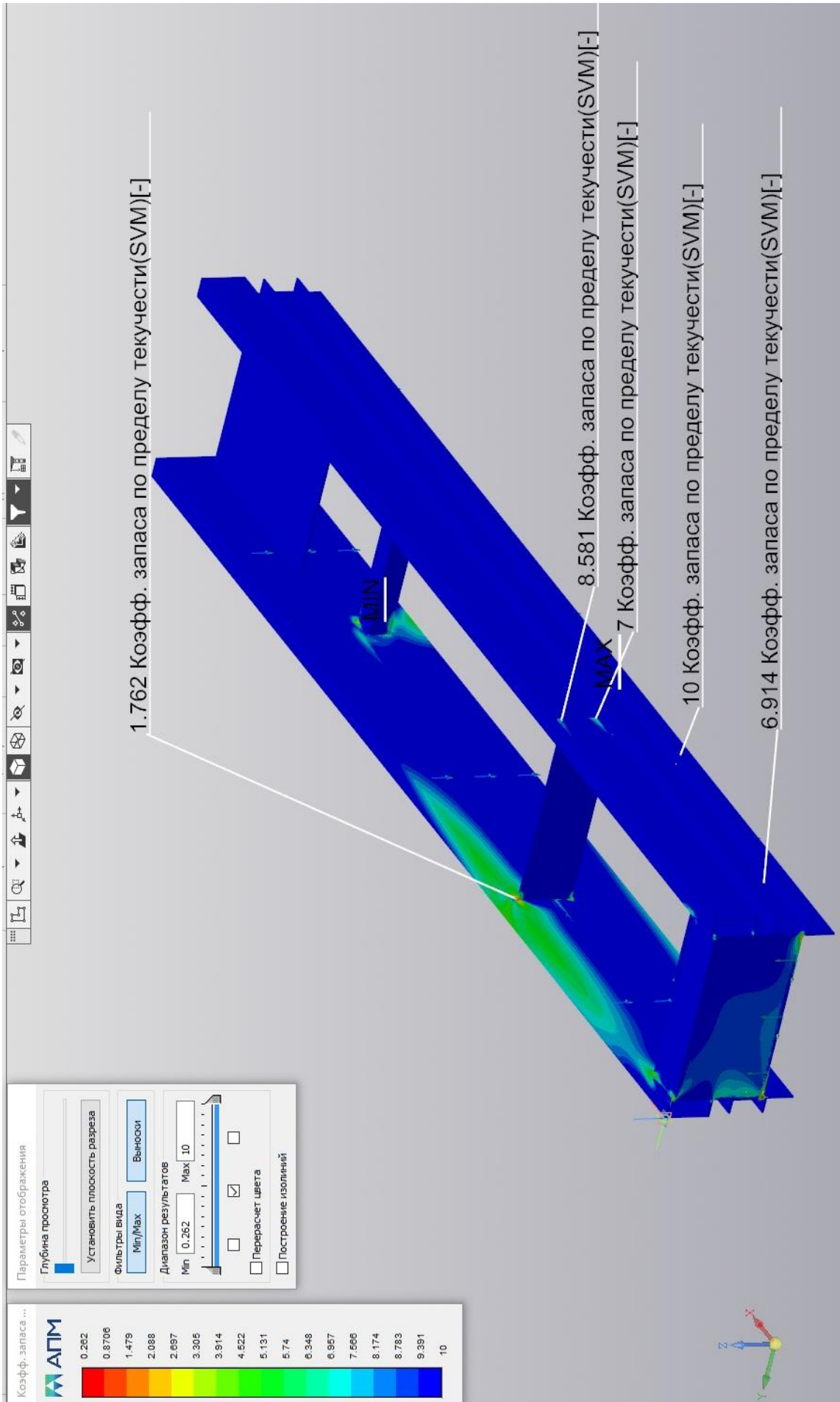


Рисунок 2.21. Запас міцності під дією навантаження 120000 Н та тріщиною лонжерона 100%

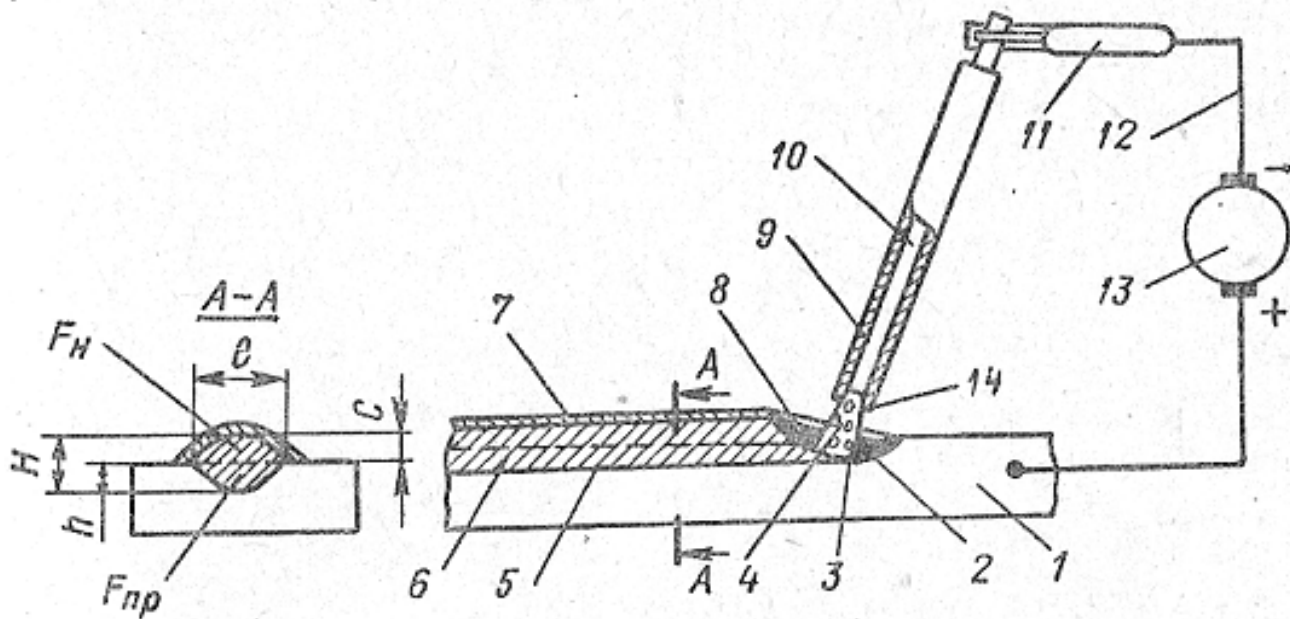
3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір та обґрунтування способу зварювання

При зварюванні рами грейферного навантажувача використовують такі способи зварювання:

- Автоматичне під шаром флюсу
- Напівавтоматичне в середовищі захисних газів
- Ручне дугове зварювання

Ручне дугове зварювання (РДЗ) – це процес одержання нероз’ємного з’єднання, при якому довжина дуги, подача електрода зі швидкістю його розплавлення та переміщення уздовж зварюваних кромek відбувається вручну. Схему процесу РДЗ наведено на рисунку 3.1



1 – основний метал; 2 – зварювальна ванна; 3 – кратер; 4 – зварювальна дуга; 5 – проплавлений метал; 6 – наплавлений метал; 7 – шлакова кірка; 8 – рідкий шлак; 9 – покриття електрода; 10 – стержень електрода; 11 – електродотримач; 12 – зварювальне коло; 13 – джерело живлення; 14 – козирок.

Рисунок 3.1 Схема процесу РДЗ

Перевагою даного методу є можливість здійснювати зварювання у важко доступних місцях та зварювання у будь-яких просторових положеннях, а також зварювання сталей з легованими елементами, чавунів та кольорових металів, доступність зварювального обладнання та його простота.

Недоліками даного методу є низький коефіцієнт корисної дії та низька продуктивність в порівнянні з іншими методами зварювання, а якість зварювання залежить від кваліфікації зварювальника.

Зварювання в захисних газах називають дугове зварювання з залученням газів для захисту зварювальної ванни від впливу атмосферного середовища. Схема процесу зображена на рисунку 3.2

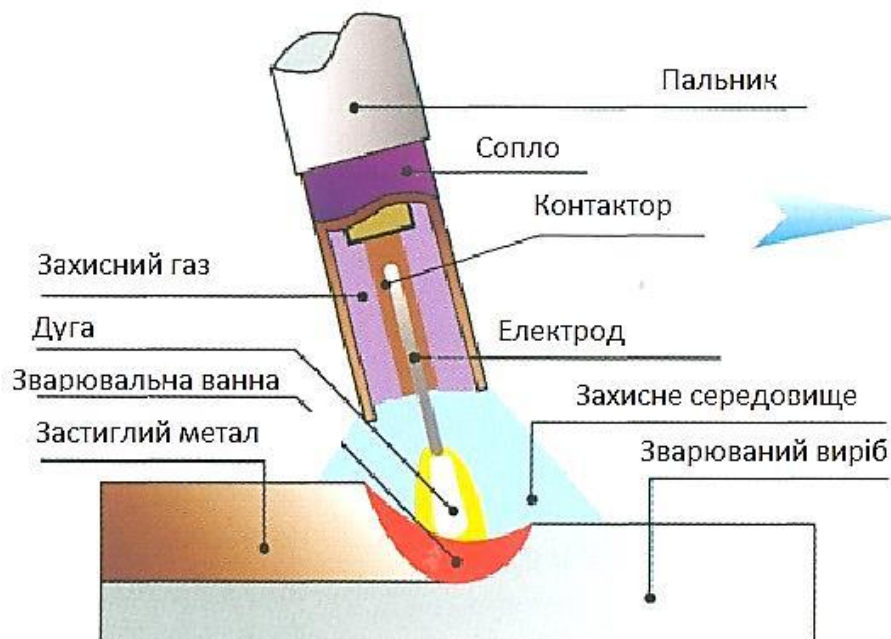


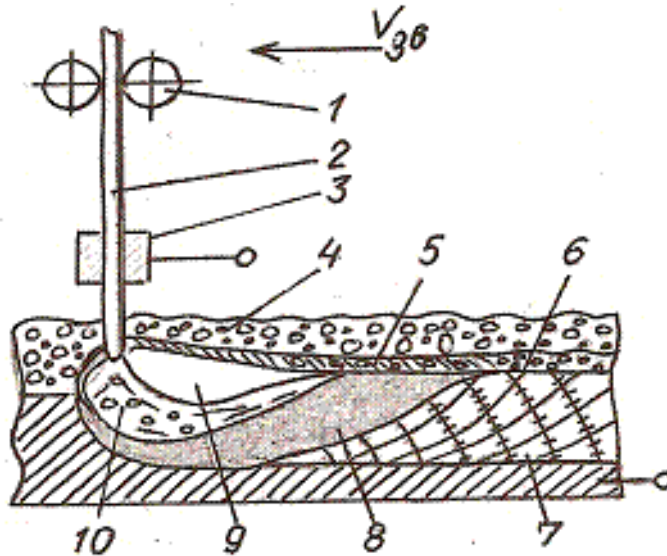
Рисунок 3.2 - Схема процесу зварювання в захисних газах

До переваг даного методу можна віднести високоякісне з'єднання при зварюванні металів та сплавів незалежно від просторового положення зварного шва, широкий діапазон товщин зварювальних деталей, можливість візуально контролювати зварювальну дугу та ванну, процес створення

зварювальної ванни, вузька зона термічного впливу, висока продуктивність роботи.

До недоліків даного методу варто віднести обов'язкове використання захисних засобів проти світлової та теплової дії дуги.

Автоматичне зварювання під шаром флюсу – це зварювання електричною дугою, яка горить між кінцем зварюваного дроту і зварюваним металом під шаром флюсу. Схема процесу представлена на рисунку 3.3



1 – подаючі ролики; 2 – електродний дріт; 3 – струмопідвід; 4 – флюс;
5 – розплавлений флюс; 6 – шлакова кірка; 7 – зварний шов; 8 – зварювана ванна; 9 – газовий купол; 10 – дуга.

Рисунок 3.3 Схема процесу автоматичного зварювання під шаром флюсу

До переваг даного методу відносять високу продуктивність та мінімальні витрати електродного металу, відсутність розбризкування металу, надійний захист зони зварювання.

До недоліків потрібно віднести екологічну дію газів на оператора, підвищена рідко-текучість розплавленого металу та флюсу, неможливість виконання зварювання в усіх просторових положеннях без спеціального обладнання, яке дозволить це виконувати.

Недоліками є екологічна дія газів на оператора, підвищена рідко-текучість розплавленого металу і флюсу, неможливо виконувати зварювання в усіх просторових положеннях без спеціального обладнання.

Отже, проаналізувавши всі можливі способи зварювання, для виготовлення рами грейферного навантажувача найбільш технологічним і економічно вигідним є напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, а саме в суміші газів $\text{CO}_2 + \text{O}_2$.

3.2 Розрахунок параметрів режиму зварювання кутового і стикового шва

Режими зварювання підбираються виходячи з одержання нормального формування зварного шва.

Основними параметрами режиму зварювання є діаметр і марка електродного дроту, зварювальний струм і напруга на дузі, швидкість подачі електродного дроту, швидкість зварювання, виліт електроду, витрати захисного газу. [Савуляк В.І. Івацько В.Т. С13 лабораторний практикум з відновлення деталей автомобілів с.]

Діаметр електродного дроту вибирається в залежності від конструктивних даних виробу. Виходячи з цього вибираємо зварювальний дріт діаметром 1.6 мм, [4, с. 280].

Величина зварювального струму визначається за формулою:

$$I_{зв} = \frac{H_1}{K_n} \cdot 100, \quad (3.1)$$

де H_1 - глибина провару

K_n - коефіцієнт пропорційності.

При діаметрі електрода 1.6 мм при постійному струмі оберненої полярності для напівавтоматичного зварювання в середовищі $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ - $K_n = 1.75$ мм/100Н. Глибину провару Н - задають на 1,2 мм більше половини перерізу зварюваних деталей.

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

Для прийнятого діаметру електрода і розрахованого зварювального струму

визначаємо напругу на дузі:

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{\text{ел}}}} \cdot I_{\text{зв}} \pm 1, \quad [3, \text{с.194}] \quad (3.2)$$

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1.6}} \cdot 260 \pm 1 = 30.27 \pm 1.$$

Приймаємо $U_{\partial} = 30\text{В}$.

Швидкість подачі зварювального дроту визначається за формулою:

$$V_{n.\partial} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{\text{зв}}}{\pi d^2 \cdot J}, \quad [4, \text{с.246}] \quad (3.3)$$

де α_n - коефіцієнт розплавлення електродного дроту г/А·год;

$I_{\text{зв}}$ - струм зварювання;

$d_{\text{ел}}$ - діаметр електрода, мм;

J - густина металу електродного дроту, г/м².

$$V_{n.\partial} = \frac{4 \cdot 17 \cdot 260}{3.14 \cdot 0.0016^2 \cdot 7.84 \cdot 10^{-6}} = 280 \text{ м/год}$$

Швидкість зварювання визначається за формулою:

$$V_{\text{зв}} = \frac{\alpha_n \cdot I_{\text{зв}}}{F_n \cdot j}, \quad [3, \text{с.194}] \quad (3.4)$$

де F_n - площа перерізу шва, см³.

Площа перерізу стикового шва:

$$F_c = s \cdot b + 0.75 \cdot e \cdot g$$

s - довжина шва;

b - величина зварювального зазору;

e - ширина валика;

g - висота валика

Геометричні параметри шва прийняті відповідно:

$$F_c = 1.25 \cdot 5 + 0.75 \cdot 3.5 = 7.5 \text{ мм}^2 = 7.5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Аналогічним шляхом розраховуємо площу перерізу кутових, таврових і наступних з'єднань за формулою:

$$F_H = s \cdot b + \frac{k^2}{2} + 0.75 \cdot e \cdot g, \quad [3, \text{с.196}] \quad (3.5)$$

$$F_H = 5 \cdot 1.25 + \frac{5}{2} + 0.75 \cdot 0.5 \cdot 8 = 21.75 \text{ мм}^3.$$

$$F_H = 21.75 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Тоді:

$$V_{зв} = \frac{17 \cdot 260}{7.5 \cdot 7.84} = 80.9 \text{ м/год} = 0.022 \text{ м/с}.$$

$$V_{зв} = \frac{17 \cdot 260}{21.75 \cdot 7.84} = 35.9 \text{ м/год} = 0.009 \text{ м/с}.$$

Перевіряємо діаметр електродного дроту за формулою [3, с.193]

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{I_{зв}}{\gamma}},$$

(3.6)

де γ , допустима густина струму для електродного дроту діаметром 1.6 мм $\gamma = 100 \dots 300 \text{ А/мм}^2$, [3, с.193]

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{260}{100 \dots 300}} = 1.82 \dots 1.05 \text{ мм}$$

Що є допустимо. Витрати захисного газу приймаємо 14-16 л/хв. для кутового шва.

Для $d_{ел} = 1.6 \text{ мм}$, $Q_r = 15-20 \text{ л/хв}$, для стикового шва, відстань від сопла до виробу 12-18 мм.

Довжина вильоту електроду впливає на робочу напругу і режими зварювання. Зміна її викликає перерозподілення потужності на дузі і вильоті електродного дроту.

Так як напруга на дузі впливає на геометричні параметри шва – ширину, висоту підсилення, коефіцієнт форми на інтенсивність металургійних реакцій при зварюванні в захисних газах, виникає інтерес дослідити величину дійсної напруги на дузі при різних вильотах електроду.

При зварюванні з збільшенням вильоту, потужність перерозподіляється між вильотом і зварювальною дугою. Більша частина

потужності джерела яка припадає на дугу і її проплавляючі можливості. Розрахункові параметри режиму зварювання приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Параметри режиму зварювання кутового і стикового шва.

Назва параметрів	Значення параметрів	
	Кутового	стикового
Марка сталі	ВСтЗсп	
Товщина металу, мм	4	
Форма розроблення кромки	без розроблення	
Діаметр електродного дроту, мм	1.6	
Зварювальний струм, А	260	
Напруга на дузі, В	30	
Швидкість подачі дроту, м/год	280	
Захисний газ	CO ₂ +O ₂	
Витрата захисного газу, л/хв	14-16	15-20
Швидкість зварювання, м/год	35.9	80.9
Відстань між соплом пальника і виробом, мм	12-18	

3.3 Вибір зварювальних матеріалів

Вибір зварювальних матеріалів (дроту, захисного газу), обґрунтовується з умов забезпечення належного ходу металургійних процесів і отримання потрібного складу і якості наплавленого металу.

Захисний газ вибирають з врахуванням особливості зварюваного металу, а також вимог що ставляться до зварних швів.

Під час зварювання у вуглекислому газі збільшується розбризування металу, в результаті бризки потрапляють на основний метал та приварюються до нього, як наслідок – виникає потреба в досить трудомісткій зачистці. Суміш вуглекислого газу та кисню сприяє

зменшенню розбризкування, покращує формування шва та стабільність горіння дуги, зменшує висоту підсилення. До основного металу шви мають плавний перехід в порівнянні з швами які виконані в вуглекислому газі без кисню. Кисень зв'язує водень та зменшує його вплив на утворення пор, а також зменшує поверхневі напруження зварювальної ванни. При збільшенні ванни в рідкому стані проходить більш повне видалення неметалічних включень з металу шва. Суміш вуглекислого газу і кисню широко використовується для зварювання вуглецевих і маловуглецевих сталей з використанням зварювального дроту марок Св-08Г2С, Св-08ГС. Вони містять належну кількість марганцю та кремнію для розкислення рідкої ванни і отримання щільних швів.

Для механізованого зварювання в суміші газів $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ було розроблено 30 марок електродного дроту, для металокопункції загального призначення з маловуглецевих і низьколегованих сталей успішно використовується активний зварювальний дріт марки АП-АН3. В інституті електрозварювання імені Е. О. Патона розробили активний дріт АП-АН4 використаний для напівавтоматичного зварювання в вуглекислому газі на постійному струмі оберненої полярності відповідальних металокопункцій. Дріт складається з металевої основи, містить оптимальну кількість легуючих елементів і введених в нього флюсових добавок, в кількості 5...8% від маси дроту. В широкому діапазоні режимів зварювання, зварювальний дріт АП-АН4 характеризується стабільним горінням дуги, переносом електродного металу, майже повна відсутність розбризкування і добрим формуванням швів, в тому числі при високих швидкостях зварювання (до 1000 м/год). В порівнянні із зварювальним дротом типу АП-АН2 дріт АП-АН4 допускає застосування більш форсованих режимів. Продуктивність в 2-3 рази вище ніж ручною і на 10 % вище ніж зварювальним дротом типу Св-08Г2С. Хімічний склад дроту АП-АН4 представлений в таблиці 3.2

Таблиця 3.2

Хімічний склад дроту АП-АН4.

Марка дроту	C	Si	Mn	S	P	[O]
АП-АН4	0.07 ...0.12	0.25 ...0.45	1...1 .45	≤0.0 25	≤0.0 25	≤0.0 5

Мінімальне розбризкування і оптимальне формування швів в 3-4 рази зменшує трудомісткість по зачищенні виробу від бризок. Собівартість 1 кг наплавленого виконаного АП-АН4, в середньому на 15% менше ніж при Св-08Г2С. Характеристика зварювальних дротів подана в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Характеристика зварювальних дротів, [3,с.87]; [4,с.290]

Марка дроту	Діаметр, мм	Коефіцієнт наплавлення α_n , г/А·год	Коефіцієнт витрат	Ψ, %	Трудомісткість зачищення в % від зварювання
Св-08Г2С	3.0	1.5...16	1.12...1	1	20...30
АП-АН2	3.0	17...18	.16	0...1	6...8
АП-АН4	1.6	17...18	1.07...1	5	5...6
			.1	4	
			1.06...1	...6	
			.09	3	
				...5	

Отже для зварювання рами грейферного навантажувача в середовищі вуглекислого газу вибираємо дріт АП-АН4.

Необхідно, щоб вуглекислий газ, який призначений для зварювання відповідав ГОСТ 8050-86. В залежності від вмісту в ньому CO_2 поділяється на наступні сорти:

- I сорт – вміст CO_2 не менше 99,5%
- II сорт – вміст CO_2 не менше 99,0%

Приймаємо вуглекислий газ першого сорту з вмістом домішок не більше 0.5%.

Технічний кисень поділяють на три сорти: №1-99.7% O_2 , №2-99.55% O_2 , №3-99.2% O_2 . Обираємо технічний кисень 3-го сорту ГОСТ 5583-78.

При оптимальному складі (70-80 % вуглекислого газу і 30-20 % кисню) отримують рівний гладкий шов, забезпечується глибоке проплавлення основного металу. Збільшення вмісту кисню в суміші більше 30 % приводить до появи грубої хвильової поверхні шва. При оптимальному вмісті в суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ утворюється тонкий шар шлаку, після зняття якого шов має металічний колір.

3.4 Вибір зварювального обладнання

Зварювання в CO_2 і в сумішах газів плавким електродом виконують в основному на постійному струмі. Використовують джерела живлення з круто і полого-спадаючими статичними характеристиками. За динамічними властивостями, застосування джерела живлення, можна поділити на джерела з низькими швидкостями, з великими та дуже великими. Вибір статичних і динамічних характеристик джерел живлення визначається з діаметра електроду і методом зварювання.

Зварювальні інвертори - це сучасні зварювальні апарати, що переважають в рази за своїми характеристиками, економічним моментом класичні зварювальні трансформатори, випрямлячі і генератори.

Змінний струм частотою 50 Гц потрапляє на випрямляч, випрямлений струм згладжується фільтром, після цього струм перетворюється інвертором за допомогою транзисторів з дуже великою частотою комутації в змінний,

але вже високої частоти 20-50 кГц. Потім напруга високої частоти знижується, а сила струму підвищується до необхідної для зварювання

Також перевагами є вимкнення напруги в місці зварної дуги при короткому замиканні електрода, який закоротили до деталі (функція anti sticking), що одразу при виникненні короткого замикання. В даному випадку перегрів інвертора як і прилипання електрода до деталі не здійснюється. При правильному запалі дуги (легкому торканні електрода до елементу), інвертором виробляється додатковий імпульс струму (функція «hot start»). Запал дуги значно полегшується. Під час неминучих незначних коротких замиканнях в процесі зварювання, інвертор виробляє ряд коротких, проте потужних імпульсів струму, що руйнують структуру металу у зварювальній ванні (функція arc force). За тієї ж інтенсивності і тривалості зварювання, споживання приладом електричної енергії, майже у двічі менша, ніж у звичайних зварювальних випрямлячів або трансформаторів. Вага менша у 5-10 разів.. Зварюваність будь-якого металу, що придатний для зварювання, та здійснює зварювання всіма електродами. Ефективно виконують з мережею в якій низька напруга та не реагують на її перепади.

Проаналізувавши такі фактори як протяжність, розміщення просторі, та розміри швів можна зробити висновок, що для даної зварювальної операції з зварювальних апаратів найбільш підходить напівавтомат.

Вибір типу зварювального напівавтомату проводиться, виходячи з призначених попередніх параметрів зварювання: зварювального струму, діаметра електродного дроту, швидкості подачі зварювального дроту і напруги на дузі.

Виходячи з цих параметрів для використаного нами дроту АП-АН4 діаметром 1.6 мм можливе використання наступних напівавтоматів: А-825М, А-547М, А-765УЗ, ПДГ-302, ПДГ-304, ПДГ-312, А-1230М, ПСИ-L-250, ПСИ-L-350.

Технічна характеристика напівавтомата інверторного типу ПСИ-L-350

А, [7]

Технічні дані	Тип ПСИ-L-350 А
Напруга мережі, В	380
Вид зварювання	в захисних газах
Потужність, кВА	14,4
Межі регулювання зварювального струму, А	60-350
Тривалість навантаження, %	60
Напруга холостого ходу, В	50
Діаметр дроту, мм	1; 1.2; 1.4; 1.6
Габарити, мм	600x297x548
Вага, кг	45



Рисунок 3.4- Загальний вигляд напівавтомата інверторного типу ПСИ-L-350А [<http://svweld.com.ua/ua/shop/0011/0017/1084/>]

Технічна характеристика Патон ПС-254.

Найменування параметру	
1	2
Напруга живильної мережі, В	3x380
Частота мережі, Гц	50
Номінальний зварювальний струм, А (при ПВ,%)	250 (60%) 210 (100%)
Межі регулювання зварювального струму, А	50 - 250
Швидкість подачі електродного дроту, м / хв	2 - 18
Напруга холостого ходу, В,	40
Діаметр електродного дроту, мм	0,8/1,0/1,2/1,4
Габарити, см,	85x44x72



Рисунок 3.5- Загальний вигляд Патон ПС-254

Виходячи з умов та принципу роботи вибираємо напівавтомат інверторного типу «Патон» **ПСИ-L-350**. Технічна характеристика напівавтомата типу **ПСИ-L-350** приведена в таблиці 3.5.

Електрична напруга від мережі з трьохфазною напругою вирівнюється випрямлячем, перетворюється в високочастотний змінний струм,

зменшується за допомогою високочастотного трансформатора, вирівнюється і фільтрується за допомогою високочастотного випрямляча, після чого на виході отримуємо постійний струм. Завдяки цьому процесу забезпечується суттєве збільшення динамічної характеристика зварювального апарата, завдяки чому стає можливим значне зниження ваги і розмірів зварювального апарата.

Напівавтомат зварювальний інверторного типу, ПСИ-L-350 DC MIG/MAG, має цифровий дисплей, який складається з трьох вікон що показують режим зварювання з 10 можливих для збереження в пам'яті апарата, швидкість подачі дроту величину зварювальної напруги і час дугового точкового зварювання, індукцію і напругу.

Для роботи з цим напівавтоматом можна використовувати пальника марки RF GRIP 36. (рис.3.5)

Технічна характеристика пальника типу RF GRIP 36 приведена в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Технічна характеристика пальника типу RF GRIP 36 [8]

Тип	Охолодження	Номінальний зварювальний струм, А	ПВ%	Діаметр зварювального дроту
RF GRIP 36	Газове	360- CO ₂ ;320-MIX	60	1-1.6



Рисунок 3.6- Загальний вигляд пальника марки RF GRIP 36

Електродотримач призначений для підводу до місця зварювання дроту, струму, захисного газу. Конфігурація і розміри електродотримача, його будова відповідає типу і розміру зварюваних деталей.

Готова суміш вуглекислого газу і кисню відповідного складу не випускається. Змішування газів проводиться безпосередньо на заводах, використовуючи цю суміш для зварювання. Такий метод підготовки суміші найбільш вигідний, так як більшість заводів мають централізовані кисневі станції і систему живлення постів вуглекислим газом.

Принцип дії змішувача для отримання двох компонентних газових сумішей відповідного процентного складу основний на залежності витрат що проходить через калібровані отвори розхідні дюзи, від перехідного перерізу дюзи і тиску газу перед нею

Змішувач забезпечує автоматичне підтримання заданого складу суміші і можливість отримання відповідних витрат газів.

Технічна характеристика змішувача УКП представлена в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Технічна характеристика змішувача марки УКГ, [4,с.290]

Тиск на вході в змішувачі, МПа	
CO ₂	0.02-0.1
O ₂	0.15-1.5
Концентрація газів суміші, %	
CO ₂	70
O ₂	30
Розхід суміші складу 70% CO ₂ ; 30% O ₂ при тиску CO ₂ 0.05МПа	±5
Маса, кг	20±2 ⁵

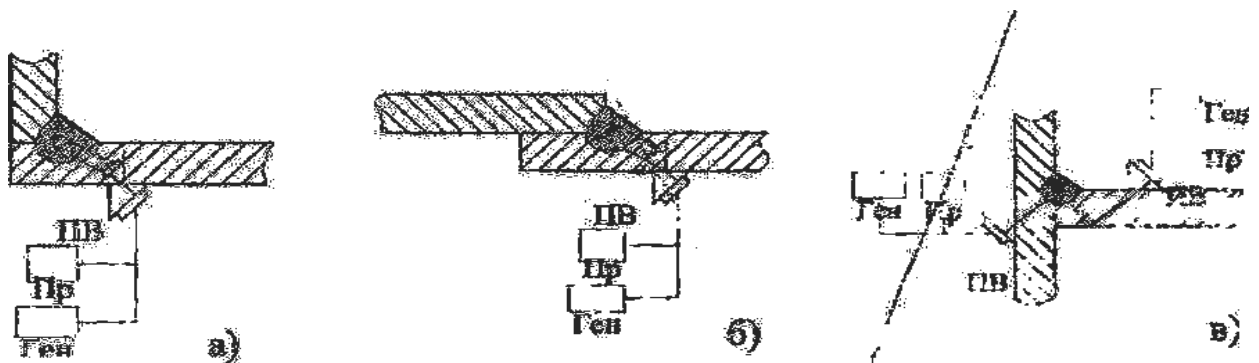
Змішувач приєднується накидною гайкою до киснепроводу або через редуктор до балона. Змішувач відрегульований на вміст суміші

70%CO₂+30%O₃. Для отримання суміші іншого вмісту, необхідно змінити розхідні дози.

3.5 Контроль якості зварних швів

Ультразвукову дефектоскопію проводимо використовуючи ехо-імпульсний метод. Суть його полягає у використанні відбивання ультразвукових хвиль від порожнин деталі, що контролюється, акустичний опір яких значно відрізняється від акустичного опору основного металу. Відбита хвиля змінюється та реєструється. Даний метод називається імпульсним, так як озвучення об'єкту проводиться короткими перервними імпульсами. Ознакою дефекту є поява на екрані приймача ехо-сигналу. Ехо-імпульсний метод використовують для контролю всіх основних видів зварних з'єднань – стикових, кутових, напусткових і таврових. Виявленню дефектів має місце для елементів товщиною до 1000 мм і навіть більше. Дефекти площею 0,7 мм вловлюються на глибині до 100 мм. Контроль здійснюється при однобічному підході до з'єднання, використовується один перетворювач для випромінювання, та приймання сигналів.

На рисунку 3.7 приведено схеми контролю кутових, таврових і напусткових швів.



а - схема контролю кутових швів; б - схема контролю напусткових швів; в-схема контролю таврових швів; ПВ - перетворювач випромінювання;

ПР - приймач; Г_{ен} — генератор; α - кут введення ультразвукової хвилі

Рисунок 3.7 - Схеми контролю швів

3.6 Технологічний процес виготовлення

Технологічний процес виготовлення рами грейферного навантажувача складається з наступних операцій: заготівельні, складальні, зварювання, опоряджувальні, допоміжні, контрольні.

Для отримання заготовок, з яких складається рама грейферного навантажувача, слід виконати такі дії:

- розмічування;
- різання;
- очищення.

Заготовки виготовляють із листового прокату та фасонних профілів (кутників, швелерів та профілів труб). Розмічування – це досить трудомісткий процес, його виконуємо оптичним методом без шаблону, по кресленню, що проектується на потрібну нам поверхню. Різання деталей з листового прокату виконуємо на гільйотинних ножицях. Для різання швелерів використовуємо верстат із стрічковою пилою для металу. Перед складальним деталям потрібно очистити місця оброблення заготовок від задирок. Іржу очистити за допомогою щіток з металевим дротом, мастила видаляємо протиранням тканиною.

Перед складанням заготовок потрібно перевірити геометрію деталей згідно креслень. Складання деталей виконати згідно креслень. Складальний вузол повинен бути жорстко закріплений, щоб не відбулось деформувань під час зварювання. Для виконання цих операцій потрібно використовувати складально-зварювальний кондуктор.

Складання та зварювання складальних одиниць та самої конструкції проводимо наступним чином:

- 1) встановити в пристосування перший швелер рами по фіксатору;

- 2) встановити в пристосування другий швелер із фіксуванням по пазу і до упору;
- 3) встановити в пристосування перемички;
- 4) притиснути встановлені перемички в пристосуванні пневматичним притискачем;
- 5) виконати зварювання в потрібних місцях;
- 6) відкріпити складальну деталь в пристосуванні і зняти;
- 7) провести кінцеве зварювання складальної деталі в кантувачі.

Опоряджувальні

Після зварювання рами виконуємо зачищення швів, видалення металевих бризгів з поверхонь зварних вузлів. Для опоряджувальних операцій використовуємо окуляри ЗП-12-72, молоток 7850-0103ц15хФ, кутова шліфувальна машинка Makita GA5030, металеву дискову щітку.



Рисунок 3.8- Кутова шліфувальна машинка Makita GA5030

Допоміжні операції

Під час виготовлення рами виконуємо допоміжні операції налагоджувальні, перевантажувальні, підйомно-транспортні.

До початку зварювання потрібно налаштувати обладнання, відрегулювати витрати захисного газу, подачу електродного дроту, встановити параметри режими зварювання згідно режиму описаного технологічним процесом. Після виконання транспортних операцій виконуємо

встановлення заготовок в кондуктор та кантувач. Транспортування вузлів рами на наступні операції.

Контрольні операції

Контрольні операції відбуваються під час кожного технологічного процесу виготовлення рами грейферного навантажувача. До них відносимо:

- контроль вхідних матеріалів, з яких буде виготовлено виріб;
- контроль всіх зварювальних матеріалів, що постачаються та перевірка обладнання на якому будуть виконуватись операції;
- контроль якості після заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій та зварювання;
- контроль зварних з'єднань і готової продукції.

Форма та розміщення зварних швів відносно креслення, наявність зовнішніх дефектів, деформація вузлів перевіряється зовнішнім оглядом.

Внутрішні дефекти в зварних швах перевіряємо за допомогою ехо-імпульсного методу ультразвукової дефектоскопії.

4. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1. Вибір типу пристосувань

Складальна операція забезпечує правильне взаємне розташування і закріплення деталей. Сучасне зварювальне пристосування може використовуватись як окремий пристрій для складання і зварювання, контролю, підйому і транспортування.

Використання спеціальних складальних пристосувань дозволяє підвищити продуктивність праці і покращити якість складання. Необхідність і доцільність об'єднання зварювальних і складальних робіт в даному пристосуванні вирішується на основі врахування технологічних, конструктивних і економічних міркувань, а саме можливість нанесення всіх швів на виріб при наявності елементів складального пристосування, можливість перенесення зі збереженням правильного взаємного розміщення елементів прихваченого вузла із складального пристосування, доцільність складання конструкції в пристосуванні в цілому.

Якщо зварювання проводити після повного завершення складання, то просторова жорсткість конструкції сприятиме значному зменшенню кількості зварювальних деформацій. Проте, слід зазначити, що при цьому доступність деяких з'єднань може стати обмеженою. Чергування складальних і зварювальних операцій під час виготовлення конструкції шляхом нарощування окремих елементів дає змогу легкого доступу до з'єднань, але і часто сприяє збільшенню деформацій від зварювання. Загальному складанню складної конструкції передують складання і зварювання порівняно простих вузлів, які володіють просторовою жорсткістю з'єднання та які легко доступні для зварювання.

Залежно від типу зварних виробів відокремлюють три основних групи складально-зварювальних пристроїв:

1. кондуктори і стенди для листових конструкцій - полотниць та оболонок;
2. кондуктори і стенди для балок;

3. кондуктори і стенди для корпусних, рамних та решітчастих корпусних конструкцій, а також різноманітних зварних вузлів.

Складальні кондуктори мають жорстку основу у вигляді рами або плити, на якій розміщені установчі і затискні елементи. До складу кондукторів також входять фіксатори, упори, кронштейни та інші елементи.

В залежності від типу поворотного пристрою розрізняють роликові, цівкові, центрові і ланцюгові кантувачі.

Перевагами ланцюгового кантувача є зварювання рами в зручному положенні, швидке позиціонування виробу знижує час циклу зварювання, що підвищує продуктивність, можливість обертання виробу як по часовій, так і проти часової стрілки, можливість встановлення виробу на висоті зручній для виготовлення.

4.2 Вибір типу установчих елементів

При складанні конструкції необхідно спроектувати затискні елементи. Для різного роду з'єднань, зусилля притискання повинні забезпечувати зберігання контакту між встановленими деталями і утримання деталей від можливого утворення зазору їх в процесі прихоплювання і подальшого складання і зварювання. Для даного виробу можна використати гвинтові, клинові, ексцентрикові, байонетні, комбіновані, пружин, важільні і пневматичні притискачі.

Вивільнення та швидкісне закріплення вузлів а також виробів які складаються, забезпечується за допомогою пневмопритискачів. Застосування пневмопритискачів скорочує допоміжний час при виготовленні зварних конструкцій завдяки оперативності та керуванню пристроєм з одного робочого місця.

До переваг пневмопритискачів можемо віднести:

- легкість встановлення, що здійснюється завдяки наявності на заводах мережі стисненого повітря;
- швидкодія;

- надійність;
- зручність в керуванні;
- простота конструкції;

До їхніх недоліків можна віднести:

- складність регулювання швидкості ходу;
- обов'язкове очищення повітря від вологи;
- обмеженість величини сили на штоці (20-30 кН);
- шумність в роботі.

Отже виходячи з умов вибираємо пневмопритискач двосторонньої дії в поєднанні з механічними прижимами.

4.3 Опис роботи пристосувань

Конструктивна схема пристосувань, які використовуються при виготовленні даної конструкції забезпечує необхідну послідовність складально-зварювальних операцій. Деталі конструкції складання в пристосування транспортними засобами, вкладаються по упорах та фіксаторах, а потім закріпляються затискачами.

Спочатку виконується складання і зварювання окремих технологічних одиниць із яких складається даний виріб.

Після виготовлення окремих технологічних одиниць проводять складально-зварювальні операції, з виготовлення рами в цілому. Для цього використовують спеціально обладнаний пристрій – кондуктор, розрахункова схема наведена нижче.

Поперечну деформацію пояса швелера в затискному пристрої можна розглядати як згинання двоконсольної пластинки, закріпленої посередині та навантаженої по кінцям силами P .

Визначимо критичне значення кутової деформації

$$\operatorname{tg} \alpha_{кр} = \frac{2 \cdot l \cdot \sigma_{дон}}{3 \cdot E \cdot \delta} = \frac{2 \cdot 2000 \cdot 10^{-3} \cdot 250 \cdot 10^6}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 4} = 0,03968. \quad (4.1)$$

Для того щоб визначити погонну силу притиску полиці балки здійснимо порівняння критичного значення кутової деформації з залишковою кутовою деформацією.

Якщо $\alpha > \alpha_{кр}$, то розрахунок погонної сили притиску виводять за формулою:

$$P_{дон} = \frac{\sigma_{дон} \cdot \delta^2}{6 \cdot l}; \quad (4.2)$$

Якщо $\alpha < \alpha_{кр}$, то погонну силу притиску розрахуємо за формулою:

$$P = \frac{\delta^3 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot E}{4 \cdot l^2}. \quad (4.3)$$

В нашому випадку $\alpha < \alpha_{кр}$.

Підставимо відповідні значення у формулу та визначаємо силу притиску однієї кромки полиці швелера

$$P = \frac{4^3 \cdot 0,01 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10^6}{4 \cdot 2^2} = 525,20 \text{ н/м.}$$

Сила притиску всієї полиці зварюваного швелера

$$Q = 2P = 2 \times 52520 = 105040 \text{ н/м.} \quad (4.4)$$

Зважаючи на великі габарити конструкції операції складання та зварювання виконують почергово, тобто шляхом нарощування зварювальних з'єднань і післяопераційного контролю. Для складання та зварювання слід використовувати універсальний стенд для складання та зварювання рам різного призначення, загальний вигляд якого представлений на рисунку 3.1.

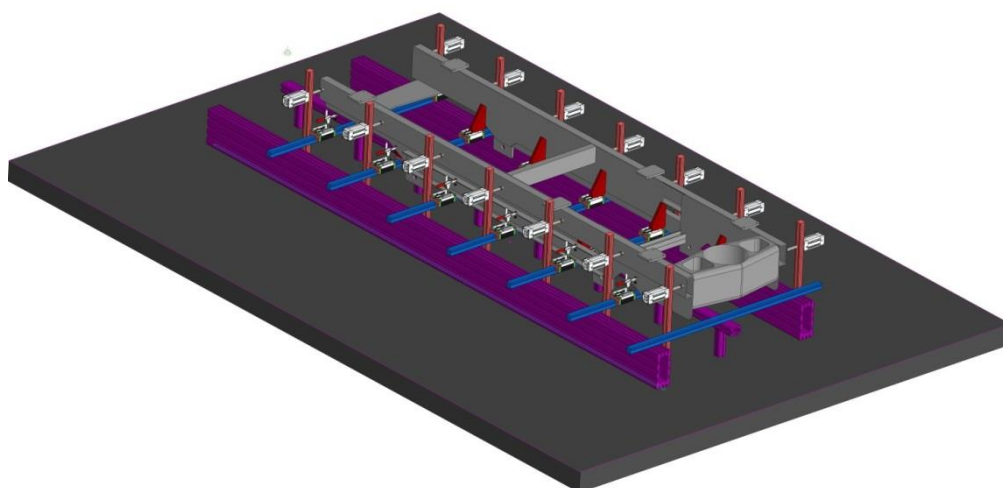


Рисунок 4.1 Загальний вигляд універсального стану для складання та зварювання рам

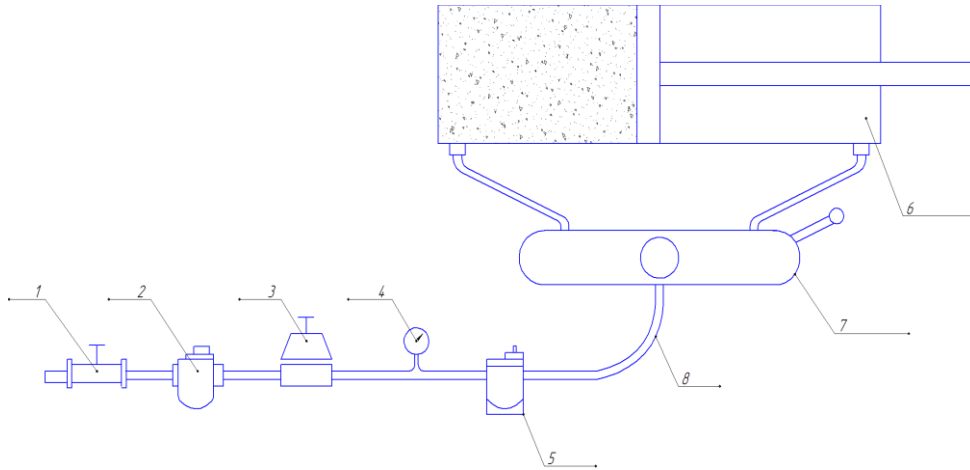
Таблиця 4.1

Технічні характеристики універсального стану для складання та зварювання рам

Максимальні габаритні розміри виробу, мм:	B22-0015
- довжина	5500
- ширина	1300
- висота	600
Маса, кг	2365
Габаритні розміри пристосування, мм:	
- довжина	6000
- ширина	1500
- висота	9000
Маса, кг	2430
Тип прижимів	Ручний і пневматичний
Кількість пневматичних прижимів, шт.	14
Спосіб керування пневматичними прижимами	Ручний розподільювач
Кількість пневматичних висувних упорів, шт.	11
Кількість ручних розподільювачів, шт.	10
Кількість ручних прижимів, шт.	24
Робочий тиск в пневмосистемі, МПа	0.6...0.8

4.4 Розрахунок пневматичних притискачів

Використання пневматичних притискачів зумовлено простотою їх конструкції, швидкодією та малою вартістю. Схема пневмоприводу приведена на рисунку 4.2.



1-вентиль повітряний, 2-фільтр вологовідділювач, 3-манометр тиску, 4-манометр, 5-масльонка, 6-циліндр, 7-кран рукоятка, 8-рукав.

Рисунок 4.2- Схема пневмоприводу [13, с.15]

Пневматичний привід складається з пневмоциліндра, пневмоапаратури та повітропроводів. Найбільшого поширення набули циліндри двохсторонньої дії. Для їх розрахунку визначаються зусилля, які вони створюють при затисканні виробу.

Зусилля розраховують виходячи з того що створені напруження пневмопритискачем не перевищують граничної текучості металу шва.

Пневматичні циліндри за ГОСТ 15608-70 двохсторонньої дії з одностороннім штоком призначені для роботи на стиснутому повітрі при тискові до 1 МПа і температурі від -45 до +60 °С з швидкістю переміщення штока до 0.3 м/с. Розрахункова схема для розрахунку необхідного затискуючого зусилля приведено на рисунку 4.3.

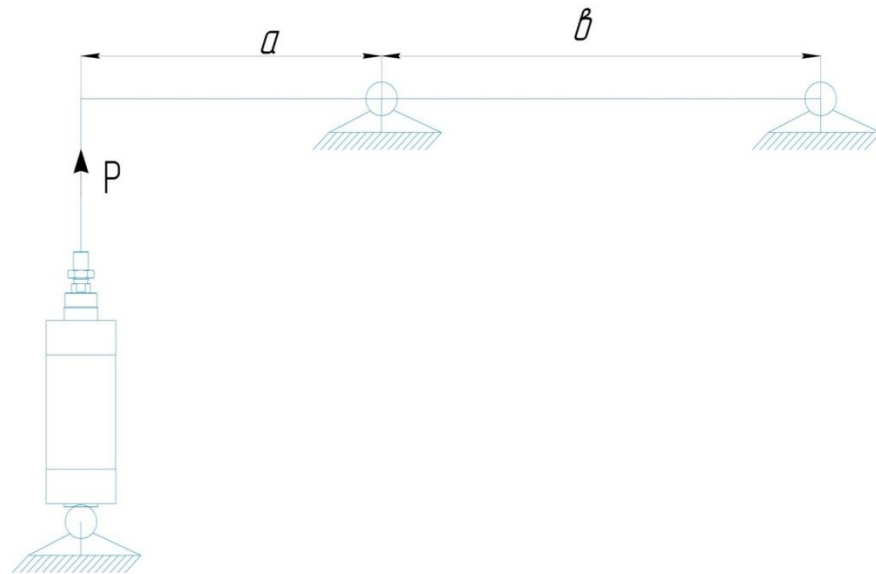


Рисунок 4.3- Розрахункова схема для розрахунку необхідного затискуючого зусилля

Для розрахунку пневмоциліндра за наведеною схемою використовуємо формулу:

$$Q = \frac{1}{b} \left(a - \frac{a+b}{b} \right) f \cdot \tau \quad [13, \text{с.46}] \quad (4.5)$$

$$P = \frac{Q}{\frac{1}{b} \left(a - \frac{a+b}{b} \right) f \cdot \tau}, \quad [13, \text{с.45}] \quad (4.6)$$

де P і Q - зусилля відповідно на штоку пневмоциліндра і на кінці пружини, Н;

a і b - плечі важеля, м;

f - коефіцієнт тертя в осях шарнірів;

r - радіус осі шарніру, м.

Приймаємо зусилля на кінці пружини рівним: $Q=1600\text{Н}$.

Тоді:

$$P = \frac{1}{0.192} \left(\frac{0.206 - (0.206 + 0.192)}{0.192} \right) \cdot 0.35 \cdot 0.001,$$

$$P=1545,7 \text{ Н.}$$

Знаходимо діаметр поршня, необхідний для створення зусилля 1545,7 Н.

На рисунку 4.4 показана схема циліндра двохсторонньої дії.

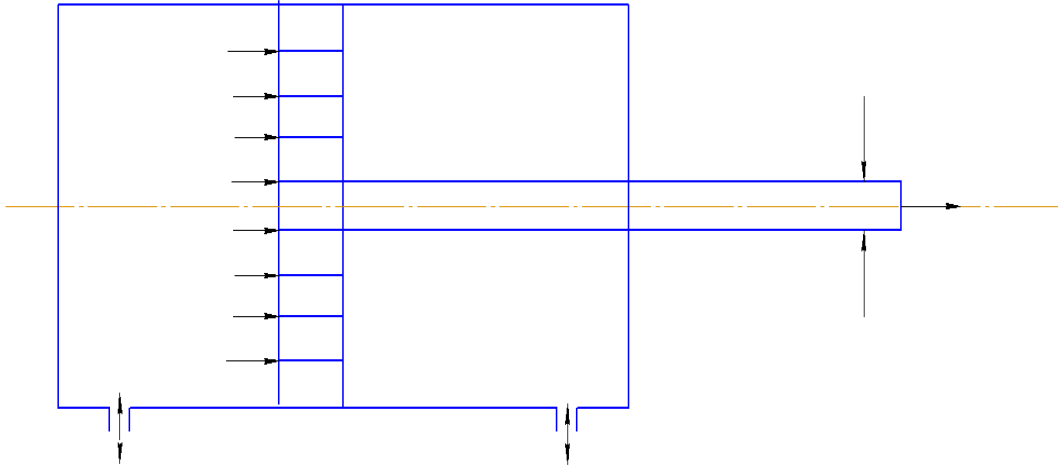


Рисунок 4.4- Схема циліндра двохсторонньої дії

$$P = \sqrt{\frac{4P}{\pi q \eta}}, [14, \text{с.40}] \quad (4.7)$$

де: q - тиск повітря, який подається в циліндр, Н/м^2

η - коефіцієнт корисної дії, який враховує втрати на тертя.

Для пневмоциліндрів $\eta=0.85\dots 0.90$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1545 \cdot 7}{3.14 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 0.85}} = 0.076 \text{ м}$$

Для значення діаметру поршня приймаємо стандартний:

$$D_n=0.075 \text{ м}$$

Товщина стінки силового циліндра δ , м знаходиться з розрахунку на розрив

$$\delta \geq \frac{D \cdot q}{2 \cdot [G]}, [14, \text{с.50}] \quad (4.8)$$

де: q - тиск в системі повітряпроводу, Н/м²:

[G]- допустиме напруження, Н/м².

$$\delta = \frac{0.075 \cdot 4 \cdot 10^6}{2 \cdot 2.5 \cdot 10^8} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Приймаємо товщину стінки пневмоциліндра 2 мм.

Повний тиск на болти діючий на них при дії тиску q , розраховуємо за формулою:

$$p = \frac{\pi D^2 \cdot q}{4 \cdot n}, [14, \text{с.58}] \quad (4.9)$$

де: D - діаметр поршня, мм;

q - тиск в пневмосистемі, Н/м²

[G]- допустиме напруження, Н/м²

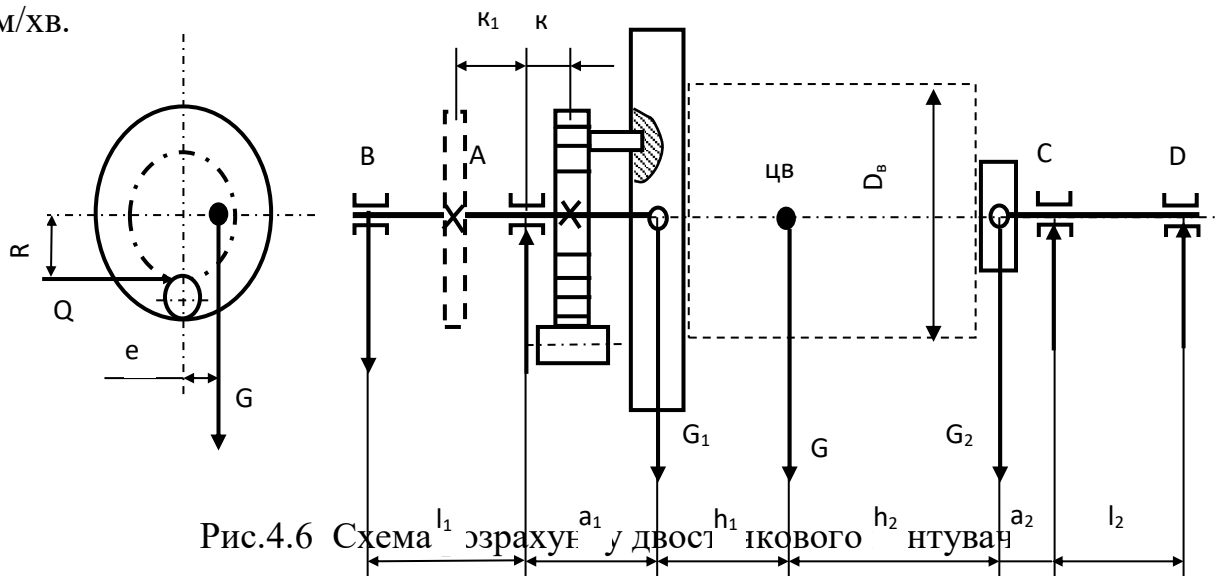
$$d_p = \sqrt{\frac{78580}{2.5 \cdot 10^8}} = 7.28 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Приймаємо болт М8х1.5.



Рисунок 4.5 Загальний вигляд пневмоциліндра двосторонньої дії

Для двостоякового кантувача (Рис.4.6) визначити діаметри шпинделів приводного та неприводного стояків та визначити потужність приводного двигуна за такими вихідними даними: $G=6000$ н, $D_B=1$ м, $R=0,4$ м, $l_1=0,35$ м, $l_2=0,4$ м, $h_1=1,8$ м, $h_2=1,5$ м, $a_1=0,25$ м, $a_2=0,25$ м, $k=0,3$ м, $e=0,35$ м, $V_k=24$ м/хв.



Вантажний момент $M_{BT}=Ge=6000 \cdot 0,35=2100 \cdot 10^3$ нм.

Сили, що спрямовані на хвостовики шпинделів

$$G_1 = G \frac{h_2}{h_1 + h_2}, \quad G_1 = 6000 \cdot \frac{1,5}{1,8 + 1,5} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ н}; \quad (4.10)$$

$$G_2 = G \frac{h_1}{h_1 + h_2}, \quad G_2 = 6000 \cdot \frac{1,8}{1,8 + 1,5} = 3,3 \cdot 10^3 \text{ н}. \quad (4.11)$$

Розрахунок вертикальних реакцій в підшипниках на передній бабці:

$$A_B = G_1 \frac{l_1 + a_1}{l_1} = G \frac{h_2(l_1 + a_1)}{l_1(h + h_2)} = 6000 \cdot \frac{1,5 \cdot (0,35 + 0,25)}{0,35 \cdot (1,8 + 1,5)} = 4,675 \cdot 10^3 \text{ н}; \quad (4.12)$$

$$B_B = G_1 \frac{a_1}{l_1} = G \frac{h_2 a_1}{l_1(h + h_2)} = 6000 \cdot \frac{1,5 \cdot 0,25}{0,35 \cdot (1,8 + 1,5)} = 1,948 \cdot 10^3 \text{ н}. \quad (4.13)$$

Розрахунок вертикальних реакцій в підшипниках на задній бабці:

$$C_B = G_2 \frac{l_2 + a_2}{l_2} = G \frac{h_1(l_2 + a_2)}{l_2(h + h_2)} = 6000 \cdot \frac{1,8 \cdot (0,4 + 0,25)}{0,4 \cdot (1,8 + 1,5)} = 5,3 \cdot 10^3 \text{ н}; \quad (4.15)$$

$$D_B = G_2 \frac{a_2}{l_2} = G \frac{h_1 a_2}{l_2(h + h_2)} = 6000 \cdot \frac{1,8 \cdot 0,25}{0,4 \cdot (1,8 + 1,5)} = 2,05 \cdot 10^3 \text{ н}. \quad (4.16)$$

Розрахунок радіальних сил в підшипниках на передній бабці від окружної сили Q_6 :

Визначення окружної сили без враховування сил тертя:

$$Q = \frac{M_{BT}}{R} = \frac{3706}{0,4} = 0,927 \cdot 10^4 \text{ н}; \quad (4.17)$$

$$A_3 = Q \frac{l_1 + k}{l_1} = 9270 \cdot \frac{0,35 + 0,3}{0,35} = 1,722 \cdot 10^4 \text{ Н}; \quad (4.18)$$

$$B_3 = Q \frac{k}{l_1} = 9270 \cdot \frac{0,3}{0,35} = 7,95 \cdot 10^3 \text{ Н}. \quad (4.19)$$

Підсумкові сили в підшипниках :

$$A = \sqrt{A_B^2 + A_3^2} = \sqrt{6686^2 + 16170^2} = 1,78 \cdot 10^4 \text{ Н}; \quad (4.20)$$

$$B = \sqrt{B_B^2 + B_3^2} = \sqrt{1948^2 + 7950^2} = 8,185 \cdot 10^3 \text{ Н}. \quad (4.21)$$

$$C = C_B = 5,3 \cdot 10^3 \text{ Н}; \quad D = D_B = 2,05 \cdot 10^3 \text{ Н}. \quad (4.22)$$

Аксіальні сили в підшипниках приймаємо рівними нулю.

Згинальний момент в найнебезпечнішому перерізі шпинделя передньої балки (підшипник А) розраховуємо як геометричну суму моментів, що діють в двох перпендикулярних площинах: вантажний момент M_1 та згинальний момент від окружної сили на зубчастому колесі M_2 :

$$M_1 = G_1 a_1 = 2700 \cdot 0,25 = 0,68 \cdot 10^3 \text{ Нм}; \quad M_2 = Qk = 9270 \cdot 0,3 = 2,781 \cdot 10^3 \text{ Нм}. \quad (4.23)$$

$$M_A = \sqrt{M_1^2 + M_2^2} = \sqrt{680^2 + 2781^2} = 2,862 \cdot 10^3 \text{ Нм}. \quad (4.24)$$

Визначаємо згинальний момент в найнебезпечнішому перерізі шпинделя непривідної бабки (опора С)

$$M_C = G_2 a_2 = G \frac{a_2 h_1}{h_1 + h_2} = 6000 \cdot \frac{0,25 \cdot 1,8}{1,8 + 1,5} = 0,82 \cdot 10^3 \text{ Нм}. \quad (4.25)$$

Діаметри шпинделів в перерізах А та С

$$\sigma = \frac{M_3}{0,1d^3} \leq [\sigma];$$

(4.26)

$$d_A = \sqrt[3]{\frac{M_A}{0,1[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{2862}{0,1 \cdot 80 \cdot 10^6}} = 0,019 \quad \text{м}; \quad d_C = \sqrt[3]{\frac{M_C}{0,1[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{820}{0,1 \cdot 80 \cdot 10^6}} = 0,011 \quad \text{м.}$$

(4.27)

Для сталі 40X допустимі напруження $[\sigma] =$ від 70 до 80 МПа.

Приймаємо $d_A = d_B = 20$ мм; $d_C = d_D = 12$ мм.

Визначаємо момент сил тертя в підшипниках передньої та задньої бабок, прийнявши коефіцієнт тертя в підшипниках $f=0,1$:

$$M_{TP1} = 0,5(Ad_A f_A + Bd_B f_B) = 0,5(17800 \cdot 0,02 \cdot 0,1 + 8185 \cdot 0,02 \cdot 0,1) = 9,965 \text{ нм}; \quad (4.28)$$

$$M_{TP2} = 0,5(Cd_C f_C + Dd_D f_D) = 0,5(5300 \cdot 0,012 \cdot 0,1 + 2050 \cdot 0,012 \cdot 0,1) = 4,41 \text{ нм.} \quad (4.29)$$

Наступний крок – визначаємо еквівалентні моменти для шпинделів задньої та передньої бабок

$$M_{e1} = \sqrt{M_A^2 + M_{TP1}^2} = \sqrt{2862^2 + 9,965^2} = 2,862 \times 10^3 \text{ нм}; \quad (4.30)$$

$$M_{e2} = \sqrt{M_C^2 + M_{TP2}^2} = \sqrt{820^2 + 4,41^2} = 0,82 \times 10^3 \text{ нм.} \quad (4.31)$$

Спираючись на те, що еквівалентні момент не мають значних відхилень від величини згинальних моментів в небезпечних перерізах шпинделів, роботи нові розрахунки діаметрів шпинделів на має необхідності

Момент сил тертя в підшипниках

$$M_{TP} = 0,5(Ad_A f_A + Bd_B f_B + Cd_C f_C + Dd_D f_D). \quad (4.32)$$

$$M_{TP} = 0,5(17800 \cdot 0,02 \cdot 0,1 + 8185 \cdot 0,02 \cdot 0,1 + 5300 \cdot 0,012 \cdot 0,1 + 2050 \cdot 0,012 \cdot 0,1) = 30,4 \text{ нм.}$$

Максимальний крутний момент, що сприймається приводом кантувача

$$M_{KP} = M_{BT} + M_{TP} = 3706 + 30,4 = 3736,4 \text{ нм.} \quad (4.33)$$

Загальний к.к.д. привода кантувача визначається з умови, що для циліндричного редуктора $\eta_{ц}=0,9$ та для черв'ячного редуктора $\eta_{ч}=0,6$

$$\eta_0 = \eta_{ц} \eta_{ч} = 0,9 \cdot 0,6 = 0,54. \quad (4.34)$$

Частота обертання шпинделя при швидкості кантування виробу $V_k=24$ м/хв діаметром $D=1$ м

$$n = \frac{V_k}{\pi D} = \frac{24}{3,14 \cdot 2} = 3,822 \text{ об/хв.} \quad (4.35)$$

Кутова швидкість обертання планшайби

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 3,822}{30} = 0,4 \text{ 1/с.} \quad (4.36)$$

Потужність приводного електродвигуна

$$N = \frac{M_{kp} \omega}{\eta_0} = \frac{3812,285 \cdot 0,4}{0,54} = 2823,9 \text{ Вт.} \quad (4.37)$$

Приймаємо $N=3\text{квт.Х4}$

5. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

5.1. Принцип роботи механізму

Схему роботи затискного пристрою з важелем наведемо на рисунку 5.1.

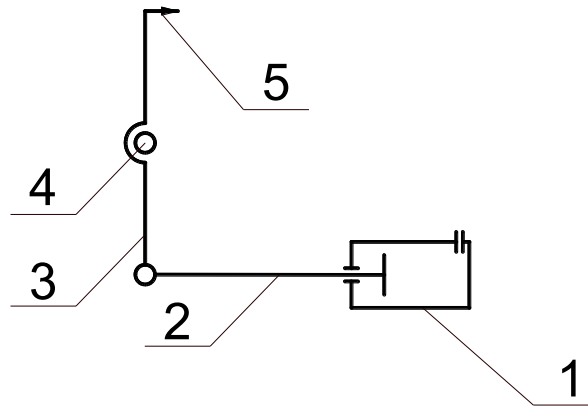


Рисунок 5.1 Схема затискного пристосування

Проаналізувавши схему затискного пристосування можна зробити висновки, що з магістральної мережі повітря під тиском подається у пневмоциліндр 1, який розвиває осьове зусилля, через яке шток 2 передається на важільний механізм 3. Важіль 3 розділений на дві частини віссю 4. На вільній частині важеля 3 розміщені затискні клини 5. Механізм затискання має симетричну будову в зоні затискання, тому розрахунок можна проводити за середньою віддалю важеля для затискання дроту від поворотної осі.

5.2. Розрахункова схема механізму

Зусиллям F_c , що розвивається стисненим повітрям через пневмоциліндр, створюється обертовий момент M_1 . Величина цього моменту рівна і у другій частині важільного механізму, тому враховуючи співвідношення довжин плечей важеля можна визначити затискне зусилля F_3 на клинах механізму.

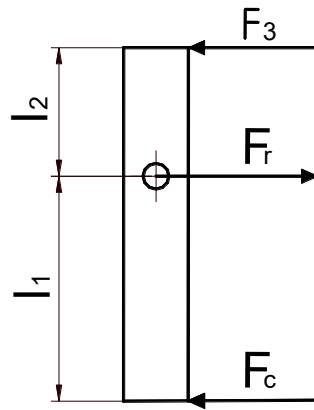


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема затискного пристосування

Вихідні дані для розрахунку:

Робочий діаметр пневмоциліндра (м) $D := 90 \cdot 10^{-3}$.

Магістральний тиск (Па) $p := 0.6 \cdot 10^6$.

Зусилля, яке розвивається пневмоциліндром (Н):

$$F_c := p \cdot \frac{(\pi \cdot D^2)}{4}; F_c = 3.817 \times 10^3 \quad (5.1)$$

Довжина плеча l_1 (м) $l_1 := 120 \cdot 10^{-3}$.

Довжина плеча l_2 (м) $l_2 := 120 \cdot 10^{-3}$.

Значення крутного моменту на важільному механізмі M_1 (Нм):

$$M_1 := F_c \cdot l_1; \quad M_1 = 458.044 \quad (5.2)$$

Значення затискного зусилля на важільному механізмі F_3 (Н):

$$F_3 := \frac{M_1}{l_2}; \quad F_3 = 3.187 \times 10^3 \quad (5.3)$$

Враховуючи, що $\sum_x F_x = 0$ та $\sum_y F_y = 0$ розраховуємо F_r (Н), зусилля яким

навантажена вісь важільного механізму:

$$F_r := F_3 + F_c; \quad F_r = 7.634 \times 10^3 \quad (5.4)$$

Враховуючи, що розміри вісь важільного механізму матимуть суттєвий вплив на габаритні розміри пластини, перевіряємо умови міцності вісі на зріз та зминання.

Матеріал вісі важільного механізму – Сталь 40, $\sigma_6 := 568$ МПа:

$$\tau_3 := 0.2 \cdot \sigma_6 \cdot 10^6; \tau_3 = 1.136 \times 10^8 \quad (5.5)$$

$$\sigma_{3M} := 0.5 \cdot \sigma_6 \cdot 10^6; \quad \sigma_{3M} = 2.84 \times 10^8 \quad (5.6)$$

Діаметр вісі з умови забезпечення міцності на зріз:

$$d_1 := \sqrt{\frac{(2 \cdot F_r)}{\pi \cdot \tau_3}}; d_1 = 6.541 \times 10^{-3} \quad (5.7)$$

Враховуючи результати попереднього розрахунку, приймаємо товщину пластини, як половину розрахункового діаметру, приведеного до нормального значення:

$$s_{роз} := 0.5 \cdot d_1; \quad s_{роз} = 3.27 \times 10^{-3} \quad (5.8)$$

Приймаємо для розрахунку товщину пластини: $s := 4 \cdot 10^{-3}$.

Діаметр вісі з умови забезпечення міцності на зминання:

$$d_2 := \frac{F_r}{\sigma_{3M} \cdot s}; \quad d_2 = 6.72 \times 10^{-3} \quad (5.9)$$

Вибираємо найбільше розрахункове значення діаметра вісі та призначаємо найближче більше нормальне значення:

$$d_r := \text{if}(d_1 \leq d_2, d_2, d_1) \quad (5.10)$$

Найбільше розрахункове значення діаметра вісі: $d_r = 6.72 \times 10^{-3}$.

Приймаємо значення діаметра вісі: $d := 0.008$ м.

Для уникнення прорізання пластини у критичному перерізі, зоні розміщення вісі, необхідно визначити мінімально допустиму товщину перемички і привести габаритний розмір пластини до нормального значення.

Матеріал пластини важільного механізму – Сталь 55, $\sigma_{\text{el}} := 647$ МПа:

$$\tau_{\text{zn}} := 0.2 \cdot \sigma_{\text{el}} \cdot 10^6; \tau_{\text{zn}} = 1.294 \times 10^8 \quad (5.11)$$

Величина перемички пластини у критичному перерізі з умови забезпечення міцності на зріз:

$$t_r := \frac{F_r}{\tau_{\text{zn}} \cdot s}; \quad t_r = 0.015 \quad (5.12)$$

Приймаємо товщину пластини між отвором для вісі та краєм пластини:

$$t := 0.015.$$

Визначасмо товщину пластини:

$$t_{\text{nl}} := 2 \cdot t + d; \quad t_{\text{nl}} = 0.038 \quad (5.13)$$

Перевіряємо міцність пластини на розтяг-стиск:

$$\sigma_{\text{дрпл}} := 0.4 \cdot \sigma_{\text{el}} \cdot 10^6; \quad \sigma_{\text{дрпл}} = 2.588 \times 10^8 \quad (5.14)$$

Момент інерції перерізу становить:

$$J_z := \frac{(s \cdot t_{\text{nl}}^3 - s \cdot d^3)}{12}; \quad J_z = 1.812 \times 10^{-8} \quad (5.15)$$

Віддаль від осі інерції пластини до найбільш віддаленої точки:

$$Y_{\text{max}} := \frac{t_{\text{nl}}}{2}; \quad Y_{\text{max}} = 0.019 \quad (5.16)$$

Напруження розтягу-стиску в небезпечному перерізі:

$$\sigma_{roz} := M_1 \cdot \frac{Y_{max}}{2 \cdot J_z}; \quad \sigma_{roz} = 2.401 \times 10^8 \quad (5.17)$$

Перевіряємо умову міцності планки на розрив:

$$rez := if(\sigma_{roz} \leq \sigma_{dmi}, 1, 0); rez = 1 \quad (5.18)$$

Умова міцності виконана. Визначаємо величини деформації на обох кінцях пластини.

Модуль Юнга першого роду для вибраної марки сталі пластини –
 $E := 2.1 \times 10^{11}$:

$$f_1 := \frac{(F_c \cdot l_1^3)}{3 \cdot E \cdot J_z}; f_1 = 5.778 \times 10^{-4} \quad (5.19)$$

$$f_2 := \frac{(F_3 \cdot l_2^3)}{3 \cdot E \cdot J_z}; f_2 = 5.778 \times 10^{-4} \quad (5.20)$$

Визначаємо величини кутів повороту обох кінців пластини:

$$\Theta_1 := \frac{(F_c \cdot l_1^2)}{3 \cdot E \cdot J_z}; \Theta_1 = 4.815 \times 10^{-3} \quad (5.21)$$

$$\Theta_2 := \frac{(F_3 \cdot l_2^2)}{3 \cdot E \cdot J_z}; \Theta_2 = 4.815 \times 10^{-3} \quad (5.22)$$

Представлені розрахунки на жорсткість підтверджують функціональну придатність важільного механізму [4].

6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

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	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		Фактичні дані	Проектні дані
Норма витрат по видах та марках основних матеріалів:	Кг		
прокат (сталь ВСт3СП)		1658	
зварювальний дріт (АП-АН4)		10,5	
Норма витрат по марках допоміжних матеріалів на виріб:	Кг		
вуглекислий газ (CO ₂)		10	8,584
кисень (O ₂)			2
Розмір поворотних відходів на виріб	Кг	82,9	
Ціна придбання матеріалу:	Грн.	22658	
прокат (ВСт3СП).			
зварювальний дріт (АП-АН4)		588	
вуглекислий газ (CO ₂)		-	
кисень (O ₂)		-	
MIX-1 Ar 80% + CO ₂ 20%		345	
Ціна реалізації поворотних відходів	Грн.	414,5	
Габаритні розміри виробу	мм	4883x878	

Характеристика технологічного процесу

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		
Складання рами	З	кондуктор	45600	-	молоток	49	III	9,5
	П		58000				III	7,1
Зварювання рами	З			-	-	-	IV	7,8
	П	ПСИ-L-350 А	37300					
Зачищення виробу	З	-	-	-	молоток	49	III	5
	П	G23U2	2528		зубило	53		
Контроль якості виробу	З				-	-	IV	4,8
	П	УД 2301	52600					
Транспортування	З	кранбалка	57236	1,5	стропа	3770	IV	4
	П							

Для виготовлення рами застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [15, с.8]:

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

де $D_{роб}$ ~ кількість робочих днів в році, $D_{роб} = 251$ дні;

S- кількість робочих змін в добу;

g- тривалість зміни, год;

K_p - нормативний коефіцієнт простою устаткування в ремонті, обумовлений конструктивними та виробничими характеристиками,

$$K_p = 0,03...0,1.$$

$$\Phi_{yc} = 3815,2 \text{ год.}$$

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]:

$$n = \frac{T_{um} \cdot B_{np}}{\Phi_{yc} \cdot K_{en}}, \quad (6.2)$$

де T_{um} - 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 [13, с.13]:

$$n = \frac{\sum_1^m B_{mp} \cdot N_{кр} \cdot t_{кр}}{\Phi_n \cdot K_{кр}}, \quad (6.3)$$

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;

Φ_n - номінальний річний фонд часу одного крана, год.,

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

$n=2.602040816$ шт.

Приймаємо два транспортних засоби (електроталі) для обслуговування складального устаткування та для міжопераційного транспортування складальних одиниць рами грейферного навантажувача Карпатець

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 [13,с.13]:

$$r_{oi} = \frac{B \cdot \sum_1^y T_{um} i}{\Phi_{ef} \cdot K_{en}} \quad (6.4)$$

де r_{oi} - кількість основних працівників i -тої професії, чол;

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

Φ_{ef} - ефективний річний фонд часу роботи одного робітника, приймається 1850 год;

K_{en} - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається $K_{en} = 1,1 \dots 1,2$;

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$r_{oi} = 6,418917919$ чол.

- за проектним варіантом:

$r_{oi} = 4,797297297$ чол.

Необхідна кількість зварювальників (за двома варіантами):

$roi=5,27027027$ чол.

Необхідна кількість зачищувальників (за двома варіантами):

$roi=3,378378378$ чол.

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$roi=3,243243243$ чол

Виходячи з кількості транспортних засобів приймаємо необхідну кількість транспортувальників $roi = 2$ чол.

Результати розрахунків приведено у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3

Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
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
Транспортувальники	2	2	IV	IV
ІТП:				
Майстер дільниці	1	1		
МОП:				
Прибиральники	1	1	X	X
Разом	27	24	X	X

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	Ресурсів	Одиниця виміру	За одиницю грн./кг	Натуральних	
				На один виріб	На програму
З	Сталь	Кг	13,66586248	22658	33987000
П	ВСт3СП				
З	Звар. дрiт	Кг	56	588	882000
П	АП-АН4				
Разом	Х	Х	Х	23246	34869000

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	1132,9	23790,9	35686350	207,25	310875,00
П						
З	5	29,4	617,4	926100		
П						
Разом	Х	1162,3	24408,3	36612450	207,25	310875,00

6.4. Розрахунок фонду оплати праці

Приймаємо, що всі основні робітники оплачуються по відрядній системі оплати праці, допоміжні - по погодинній, ІТР 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 по оплаті праці основних (виробничих) робітників.

Основна заробітна плата основних робітників визначається за формулою [15,с.16]:

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

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) [15, с.16].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [15, с.16]:

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

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 [15, 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	Грн.
$Z_{do} =$	36,80775	Грн.

Зпо= 42,066 Грн.

Проектний варіант:

Зоо = 78,597 грн..

Здо = 27,50895 грн

Зпо= 31,4388 грн

Затрати по оплаті праці зварникам за двома варіантами:

Зоо = 55,35 Грн.

Здо = 19,3725 Грн.

Зпо = 22,14 Грн.

Затрати по оплаті праці зачищальникам за двома варіантами:

Зоо = 55,35 грн

Здо = 19,3725 грн

Зпо= 22,14 грн

Затрати по оплаті праці контролерам за двома варіантами

Зоо = 53,208 грн

Здо = 18,6228 грн

Зпо= 21,2832 грн

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою[15,с.16]:

(6.8)

$$Z_{od} = r_d \cdot C_p \cdot \Phi_{ef},$$

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

r_d - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

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

Додаткова заробітна плата (Здд) та премії і надбавки (Зпд) допоміжних робітників розраховується так само, як для основних робітників (формули 6.6, 6.7).

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	П
Основні робітники:						
Складальники	157747,5	117895,5	55211,625	41263,425	63099	47158,
Зварювальники	130572		45700,2		52228,8	
Зачищувальники	83025		29058,75		33210	
Контролери	79812		27934,2		31924,8	
Допоміжні робітники:						
Налагоджувальник и	41070		10267,5		16428	
Ремонтники	20673,75		5168,4375		8269,5	

Електрики	20535		5544,45		8214	
Транспортне	39960		9990		15984	
ІТП:	21600		7560		8640	
МОП:	12420		3229,2		4968	
Разом	607415,2 5	567563,2 5	199664,36 3	185716,162 5	242966, 1	227025, 3

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.	
	З	П
Основні матеріали:		
сталь ВСтЗПС	22658	
дріт АН-НП 3	588	
Покупні вироби та напівфабрикати	400	352
Основна заробітна плата основних робітників	300,771	274,203
Додаткова заробітна плата основних робітників	105,26985	95,97105
Премії та надбавки основних робітників	120,3084	109,6812
Всього цехова собівартість	24172,34925	24077,8553

6.6. Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого технологічного процесу 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 одиниць		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн.	
	З	П	З	П	З	П
Будови та споруди						
Устаткування						
Складально-зварювальне	7	5	45600	58000	1120,45	1130,80
Зварювальне	5	5	0	37300	2500	880
Слюсарне	3	3	2825	2825	110	60,2
Контрольне	3	3	52600	52600	200	148
транспортувальне	2	2	57236	57236	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	X	x	x	x	X	X

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	85070,55
Устаткування					
Складально-зварювальне	319200	290000	21,8	69585,6	63220

Зварювальне	0	186500	17,4	0	32451
Слюсарне	8475	8475	9,4	796,65	796,65
Контрольне	157800	157800	11,7	18462,6	18462,6
Транспортувальне	114472	114472	8,4	9615,648	9615,648
Інструменти:					
Молоток	560	224		99,12	39,648
Шаблони	272	204		48,144	36,108
Шаблон	60	60	17,7	10,62	10,62
Лінійка	106	53		18,762	9,381
Зубило	168	84		29,736	14,868
Разом	2286633	2459283		182942,88	209727,073

6.7. Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [15,с.26]:

$$E_{\phi} = ((C_{пз} + E_n \cdot \Phi_{мз}) - (C_{пн} + E_n \cdot \Phi_{мн})) \cdot B, \quad (6.9)$$

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

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

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

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

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

$$E_{\phi} = 115843,5$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{осн} - \Phi_{осз}}{E_{ур}}, \quad (6.10)$$

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

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

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

$$E_{ур} = B \cdot (C_{пз} - C_{пн}), \quad (6.11)$$

$$E_{ур} = 141741$$

$$T_{ок} = 1.21806676$$

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

Таблиця 6.8

Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця виміру	Величина	
		З	П
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	1524,422	1639,522
Умовна річна економія	грн.	-	141741
Річний економічний ефект	грн.	-	115843,5
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	1,218066756

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1. Протипожежні заходи які передбачені в спроектованому технологічному процесі

При напіваавтоматичному зварюванні в середовищі вуглекислого газу відкритою дугою краплі розплавленого металу розміщуються на значні відстані викликаючи небезпеку пожежі. Тому зварювальний цех повинен бути збудований з негорючих матеріалів. В місцях зварювання недопустимо скупчення горючих, мастильних матеріалів та інші.

Пожежа також може бути викликана коротким замиканням, перевантаженням обладнання, куріння робітників в непризначених для цього місцях. Найчастіше при зварюванні пожежа виникає при використанні для замикання контактів на виріб різних металоконструкцій (кутника, швелера, листа сталі та інші), які в місцях контакту може викликати іскру, основної причини пожеж. Правил пожежної безпеки повинен дотримуватись кожен робітник, а слідкувати за їх виконанням це обов'язок начальника цеху.

При напіваавтоматичному зварюванні в середовищі вуглекислого газу можливість вибухів та пожеж обумовлена також застосуванням балонів з стиснутим газом.

Для швидкої ліквідації джерела пожежі в зварювальному цеху повинен бути обладнаний пожежний щит на якому повинні бути первинні засоби пожежогасіння - вогнегасник, бочка з водою, відро, ящик з піском, лом, сокира, лопата та інші. Пожежні вентиля, рукава, вогнегасники необхідно зберігати в робочому стані, слідкувати за цим повинен робітник призначений начальником цеху.

Пожежа на виробництві є небезпечною для працюючих, спричинює значні пошкодження і матеріальні збитки, може викликати зупинку робіт.

Для виникнення горіння необхідні: горюча речовина, окислювач, імпульс енергії. В звичайних умовах окислювач – кисень повітря. Для здійснення більшості технологічних процесів необхідне використання джерел енергії;

немає виробництва, в якому би не застосовувалась електрична енергія. Таким чином, створюються потенційні можливості виникнення пожежі.

Причини виникнення пожеж є різноманітні недоліки в будівельних конструкціях, спорудах, плануванні приміщень, будові комунікацій; дефекти обладнання; порушення режимів технологічного процесу; не правильне проведення робіт; необережність персоналу.

Займиста здатність іскри розмикання електричного ланцюга залежить від робочої напруги, самоіндукції ланцюга, сили струму в ланцюгу перед розмиканням, роду і частоти струму, роз'єднуючих контактів.

При відповідному підборі вказаних параметрів може бути створена іскробезпечна система без спеціального захисту.

Коротке замикання виникає при з'єднанні проводів через малий опір, причому струм в ланцюгу миттєво збільшується і виділяється велика кількість тепла. Коротке замикання виникає також при пошкодженні ізоляції провідників, попаданні струмопровідних предметів на неізольовані кабелі.

Струми коротких замикань можуть досягати десятки і навіть сотні тисяч ампер. Такий струм володіє електродинамічною і тепловою дією; недостатнє механічне місце обладнання може зруйнуватись; перенагріванню струмоведучих частин. Електричні іскри можуть запалити ізоляцію і навколишнє горюче середовище.

Для запобігання короткого замикання необхідно: правильний вибір, монтаж і експлуатація мереж і пристроїв, дотримання правил експлуатації, оглядів, ремонту і випробування електричних пристроїв.

Для локалізації наслідків короткого замикання використовують швидкодіючий релейний захист і вимикачі, автомати і плавкі запобіжники.

Причинами виникнення перенавантаження можуть бути: неправильний розрахунок мережі, включення в мережу додаткових споживачів (на які мережа не розрахована), механічне перевантаження на валу електричного двигуна.

Для запобігання перенавантаження необхідні: правильний вибір перерізу провідників, недопущення вмикання в мережу не передбачених споживачів,

вимкнення нагрівання частин електроустановок від струмів перенавантаження. Для захисту застосовують плавкі запобіжники, легкоплавка вставка яких, встигає розплавитись і розімкнути ланцюг перш ніж виникне небезпечне нагрівання об'єкта.

Запобіжники вибирають відповідно до перерізу проводів або потужністю захисних електричних пристроїв. Перед запобіжниками встановлюють рубильники, або вимикачі для відключення напруги при заміні вставок. Для сигналізації про дії запобіжників в мережу вмикають сигнальну лампу.

Для захисту електричних двигунів установок від струму короткого замикання, перенавантаження і перегріву використовуємо теплові реле, які вмонтовують в магнітні пускачі.

Також при проведенні зварювальних робіт звертаємо особливу увагу на температуру нагрівання поверхні виробу і матеріалів, які можуть ввійти в контакт з горючою сумішшю.

Після закінчення зміни зварювальник повинен перевірити робочу зону і не залишати відкритого вогню, нагрітих до високої температури предметів.

Необхідно слідкувати за тим, щоб всі кнопки, ручки рубильників і інше, до яких зварювальник дотикався в процесі зварювання, були виготовлені з діелектричного матеріалу.

При виникненні дуги необхідно зупинити установку, вимкнути рубильник і гасити вогонь сухим вогнегасником або сухим піском, негайно викликати електрика.

При виникненні пожежі одразу ж приймаємо заходи по гасінню з допомогою вогнегасників, піску і інших засобів, а також викликаємо пожежну охорону.

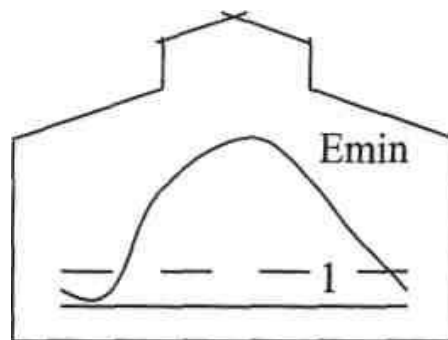
7.2. Створення оптимальних умов освітленості на робочому місці

При проектуванні штучного освітлення виробничого приміщення необхідно вибрати тип джерела світла, систему освітлення, вид світильника, найбільш доцільні висоти встановлення світильників і розміщення їх в

приміщенні і визначити кількість світильників та потужність ламп, які необхідні для створення необхідної освітленості на робочому місці, а в кінці провести перевірку спроектованого варіанту освітленості на відповідність його нормативним вимогам.

Виберемо тип джерела освітлення це буде газорозрядна лампа високого тиску, а саме дугова ртутна лампа типу ДРЛ.

За систему освітлення виберемо загальне освітлення верхнє при якому нормується мінімальна освітленість, показник освітлення та глибина пульсації освітленості. Виберемо світильник типу «Універсал» (рисунок 7.2), який широко використовується в приміщеннях з нормальною висотою встановлення світильників буде $b = 3,5$ м. Світильники будемо розміщувати так, щоб на кожні 9м припадав один світильник [12, с. 25].



1- рівень робочої площини

Рисунок 7.1. Схема розподілу мінімальної освітленості (E_{min}) по розряду приміщення [12, с. 37].

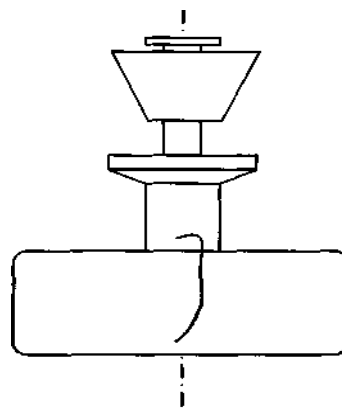


Рисунок 7.2. Світильник типу «Універсал»

Розрахунок штучного освітлення виконується в основному методом коефіцієнта використання світлового потоку та точковим методом.

Метод коефіцієнта використання світлового потоку призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальної робочої поверхні. Світловий потік (лм) однієї лампи ДРЛ (дугової ртутної люмінесцентної) попередньо визначимо за формулою [12, с. 12]:

$$\Phi_{л} = \frac{E_{норм} \cdot S \cdot Z \cdot k}{N \cdot \eta}, \quad (7.1)$$

де, $E_{норм}$ – нормована мінімальна освітленість по СНіП II 4- 79, лк,
 $E_{норм} = 300$;

S – площа освітлюваного приміщення, м², $S = 1575$;

Z – коефіцієнт нерівності освітлення, $Z = 1,1$;

k – коефіцієнт запасу, $k = 1,5$;

N – кількість світильників в приміщенні, шт., $N = 172$;

η – коефіцієнт використання світлового потоку, $\eta = 0,6$.

z

$$\Phi_{л} = \frac{300 \cdot 1575 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{172 \cdot 0,6} = 7555 \text{ лм.}$$

За отриманим світловим потоком за ГОСТ 2239–79 вибираємо лампу ДРЛ потужністю 500 Вт.

7.3. Розрахунок виробничого освітлення в цеху

Розрахунок освітлення приміщень засновано на двох принципово різних методах: методі коефіцієнту використання світлового потоку та точковому методі.

Вибираємо для розрахунку метод коефіцієнту світлового потоку. Цей метод відрізняється меншою трудомісткістю, а головне найбільш підходить для даного приміщення, так як використовується у випадках, коли можливо приблизно розрахувати різницю між середньою та мінімальною освітленістю.

Розрахунок за вибраним методом зводиться до визначення необхідної кількості світильників N , які встановлюються у приміщенні. Кількість світильників розраховується за формулою [21, с. 3]:

$$N = (S \cdot E_{min} \cdot K_3 \cdot Z) / (n \cdot \Phi_l \cdot h), \text{ шт.} \quad (7.2)$$

де S – освітлена площа, м^2 , $S = 270 \text{ м}^2$;

E_{min} – рівень мінімального освітлення, лк, $E = 200$ лк;

K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3 = 2,0$;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1,1$;

$n \cdot \Phi_l$ – сумарний світловий потік ламп встановлених в одному світильнику, $n \cdot \Phi_l = 17280$ лк;

h – коефіцієнт використання приладу.

Рівень мінімальної освітленості даного приміщення при люмінесцентних лампах для площі приміщення 270 м^2 повинен складати не менше 200 лк. Коефіцієнт запасу вибираємо $2,0$ (згідно з рекомендацією).

Визначаємо сумарний світловий потік ламп $\Phi_l = 4320$ лм. Кількість ламп – 4 . Добуток $n \cdot \Phi_l = 17280$ лм.

Коефіцієнт використання освітлювального пристрою h залежить від типу світильника та від коефіцієнту відображення p_i . Приймаємо коефіцієнти відображення від поверхні, стіни та підлоги рівних відповідно:

$$P_{сл} = 70\%; \quad P_{сн} = 50\%; \quad P_{пл} = 30\%;$$

Індекс приміщення розраховуємо за формулою [21, с. 4]:

$$i = l \cdot B / hp(l + B), \quad (7.3)$$

де l – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – висота світлового центру світильника над розрахованою площею, м.

$$l = 15 \text{ м}; \quad B = 18 \text{ м}; \quad h = 7,5 \text{ м}$$

Згідно з даними приймаємо коефіцієнт відображення $h=0,2$.

Розраховуємо кількість світильників:

$$N = 270 \cdot 200 \cdot 2,0 \cdot 1,1 / 17280 \cdot 0,2 = 34 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість світильників – 34 шт.

Визначаємо сумарну потужність вибраних світильників за формулою [21, с. 5]:

$$P = P_{\text{л}} \cdot N \cdot n, \text{ Вт} \quad (7.4)$$

де $P_{\text{л}}$ – потужність ламп, $P_{\text{л}} = 80 \text{ Вт}$;

N – кількість світильників, шт.;

n – кількість ламп у світильнику.

$$P = 80 \cdot 34 \cdot 4 = 10880 \text{ Вт } 10,9 \text{ кВт}$$

Відстань від джерела світла до робочої поверхні h визначаємо виходячи з висоти приміщення H , висоти робочої поверхні h_p та відстані від джерела світла до точки підвісу h_c визначаємо за формулою [21, с. 6]:

$$h = H - h_p - h_c, \text{ м} \quad (7.5)$$

тоді індекс приміщення i дорівнює:

$$i = 15 \cdot 18 / 6 \cdot (15 + 18) = 1,40$$

Відстань між світильниками розраховуємо за формулою [21, с. 6]:

$$L / h = \lambda \quad (7.6)$$

де λ – коефіцієнт, який залежить від типу світильника, $\lambda = 1,1$;

L – відстань між світильниками.

$$L = h \cdot \lambda, \text{ м};$$

$$L = 1,1 \cdot 6,0 = 6,6 \text{ м.}$$

Відстань від крайнього ряду світильників вибирається за умови, що L дорівнює третина відстані між світильниками [21, с. 8]:

$$l = L / 3 = 6,6 / 3 = 2,20 \text{ м} \quad (7.7)$$

За такими умовами вибираємо систему робочої площі з рівномірним розміщенням світильників на ділянці складання та зварювання компресору.

7.4. Заходи які забезпечують безпечні умови праці на спроектованій ділянці.

Зварювання може бути причиною травмування робітників, при цьому можуть мати місце опіки тіла, поранення очей, удари. При напівавтоматичному зварюванні в середовищі вуглекислого газу плавким електродом часто спостерігаються опіки і ураження очей, особливо при малій густині струму. Мають місце і порізи рук гострими кромками деталей, травмування ніг деталями, які подають, і інші травми, які є наслідком необережності при виконанні зварювальних чи підготовчих робіт. Для захисту тіла від опіків основним заходом є користування спеціальним одягом і взуттям. Костюм і рукавиці повинні бути справними. Для захисту очей використовують спеціальні окуляри, які вставлені в щит або шлем. При зварюванні в середовищі CO_2 спецодягу недостатньо, крім рукавиць потрібно одягати азбестові нарукавники. Коли виникає необхідність працювати лежачи або стоячи на колінах на металічній поверхні, необхідно застосовувати для захисту гумові килимки, гумове взуття.

Велике значення для зниження травм від бризок розплененого металу має справність зварювального обладнання, чистота зварних виробів і

зварювального дроту. Деталі перед зварюванням повинні бути сухими, очищеними від іржі, фарби і інших забруднень. Дріт повинен бути теж зачищений від іржі, масла і бруду, а при необхідності потрібно застосовувати травлення.

Для зменшення розбризкування металу на малій густині струму в зварювальне коло доцільно вмикати індуктивний опір. Це сприяє зменшенню розбризкування в 2 – 2, 5 рази. Можна застосовувати звичайний дросель.

Для захисту від випромінювань дуги складальників, які безпосередньо працюють із зварниками слід постачати зварювальними масками. Для захисту оточуючих осіб місце зварювання слід огороджувати переносними щитами або екранами. Коли роботи проводяться за межами цеху місце зварювання слід теж огороджувати щитами із матеріалу, який не горить.

Всі зварники і їх допоміжні робітники повинні пройти перед початком роботи інструктаж з техніки безпеки при зварювальних роботах. На зварювальній ділянці під час виконання зварювальних робіт не повинні знаходитись сторонні люди. В місцях де проходить зварювання необхідно вивішувати таблички з крупними написами, які попереджають про небезпеку променів зварювальної дуги для оточуючих.

Суттєвий вплив для безпеки праці зварника мають правильна провідка і прокладання проводів до зварювальних постів. Якщо струмопровідна мережа зварювальних пристроїв складається із зношених, оголених або просто голих проводів, то вона може стати причиною ураження струмом не лише зварників, але і сторонніх осіб. Тому застосування голих проводів не допускається. Зварювальні проводи повинні бути гнучкими з легкою і надійною ізоляцією. Переріз гнучких проводів необхідно вибирати з таблиць [16, с. 54].

Необхідно суворо слідкувати за станом запобіжників, правильно їх вибирати і встановлювати.

При виникненні пробою ізоляції зварювального агрегату постійного струму напруга переходить на металеві конструктивні частини, дотик до яких

небезпечний. Тому всі частини обладнання, які живляться від силової мережі необхідно заземляти.

Для ввімкнення обладнання до мережі і відключення його необхідно користуватись рубильником або контактором, слідкуючи за наявністю захисного кожуху, який виготовлений із вогнестійкого матеріалу.

Ремонт зварювального обладнання проводиться монтером, а не зварником. Заземляти обладнання необхідно лише паралельно, а не послідовно.

Для захисту зварників від ураження електричним струмом при виконанні зварювальних робіт необхідно застосовувати захисні пристрої і засоби.

При зварюванні в середовищі CO_2 необхідно також вжити заходів, щодо зменшення небезпечності травмування при експлуатації балонів з газами і інших ємкостей для зберігання газів [16, с. 58].

Перед тим, як одержати балони зі складу необхідно оглянути і переконатись, що вони не мають вмятин і пошкоджень. Також необхідно оглянути клеймо, щоб переконатись що термін придатності не пройшов. Після цього потрібно зняти ковпак і оглянути справність вентиля, перевірити наявність газу в балоні. Не допускається відкривати вентиль молотком або іншим предметом. Забороняється перенесення балонів на плечах, навіть на короткі відстані. Балони повинні бути закріплені. На площадці подачі захисного газу до місць зварювання повинно знаходитись не більше 20 балонів. На цій же площадці не повинно бути сторонніх предметів і особливо горючих речовин.

Правильна організація робочого місця зварника сприяє не лише підвищенню продуктивності праці, але і забезпечення безпечних умов праці, зниження травм і нещасних випадків.

Фарбування зварювальних цехів в темний колір не рекомендується. Щоб не було різного контрасту між яскравістю дуги і темними стінками. Необхідно щоб лампи електричного освітлення були взяті в арматуру, яка

захищає очі від прямого потрапляння світла, а пристрої розміщувались так, щоб робоче місце було добре освітлене як природнім, так і штучним світлом.

Слід спостерігати за справною роботою витяжної вентиляції для відведення шкідливих газів. Для цього забороняється влаштовувати протяги.

Потрібно користуватись підйомно-транспортними механізмами, якщо зварюють вироби вагою понад 20 кг [16, с. 52].

7.5. Стійкість роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях

Одним із основних завдань ЦО є забезпечення стійкості роботи об'єктів народного господарства в умовах надзвичайних ситуацій мирного і військового часу.

Під стійкістю функціонування об'єкту народного господарства розуміють його здатність в надзвичайних ситуаціях випускати продукцію в запланованому об'ємі і номенклатурі, а у випадку аварії відновлювати в мінімально короткий термін.

На стійкість функціонування об'єкту народного господарства в надзвичайних ситуаціях впливають наступні фактори: надійність захисту робітників і службовців від наслідків стихійних бід, аварій, катастроф; здатність інженерно-технічного комплексу об'єкту протистояти в визначній степені цим впливам; надійність системи постачання об'єкту всім необхідним для виробництва продукції (сировиною, паливом, електроенергією, газом, водою і т. д.); стійкість і неперервність управління виробництвом і ЦО; підготовленість об'єкту до виконання робіт по відновленню виробництва.

Перераховані фактори визначають і основні вимоги до стійкого функціонування об'єкту народного господарства в умовах надзвичайних ситуацій і шляхи її підвищення.

Особливе значення вданий час набувають вимоги до стійкості функціонування промислових виробництв в умовах надзвичайних ситуацій мирного часу для того, щоб в майбутньому виключити аварії подібної до Чорнобильської.

Ці вимоги закладені в нормах проектування інженерно-технічних заходів ЦО, а також в розроблених на їх основі відомчих нормативних документах, які доповнюють вимоги діючих норм, що застосовуються у відповідній галузі [21, с. 207].

Шляхи і способи підвищення стійкості функціонування об'єкту народного господарства в умовах надзвичайних ситуацій в мирний і військовий час досить різноманітні і визначаються конкретними специфічними особливостями кожного окремого підприємства. Для вибору найбільш ефективного шляху і способу підвищення стійкості функціонування необхідно оцінити дане підприємство як об'єкт цивільної оборони.

Оцінка стійкості об'єкту до впливу різних уражуючих факторів проводиться з використанням спеціальних методик. Вихідними даними для проведення розрахунків по оцінці стійкості підприємства є: можливі максимальні значення параметрів уражуючих факторів; характеристики підприємства і його елементів. Параметри уражуючих факторів задаються вищестоящим штабом ЦО. Якщо така інформація не надійшла, то максимальні значення параметрів визначаються розрахунковим шляхом [21, с. 209].

При відсутності і цих даних характер і ступінь очікуваних порушень на об'єкті можуть бути визначені для інших дискретних значень інтенсивного землетрусу (в балах, I) або надлишкового тиску (ΔP_{Φ}) повітряної ударної хвилі ядерного вибуху, який викликає в будівлях і спорудах слабкі, середні і сильні руйнування [22, с. 21].

Орієнтовно можуть прийматися наступні значення I (в балах): VI, VII, VIII, IX, X, XI або ΔP_{Φ} (кПа): 20, 30, 40, 50, 60 – для машинобудівних підприємств.

Оцінка ступеня стійкості об'єкту до дії ударної хвилі полягає у виявленні основних елементів об'єкту (цехів, дільниць виробництва, систем), від яких залежить його функціонування і випуск необхідної продукції,

визначення межі стійкості кожного елемента і об'єкту в цілому; співставлення найденої межі стійкості об'єкту з оцінюваним максимальним значенням сейсмічної (ударної) хвилі і висновки про його стійкість.

Для підвищення стійкості цеху необхідно підвищити межу стійкості цеху будівлі пристроями контрфорсів, підносів, додаткових рамних конструкцій [22, с. 23].

Оцінка стійкості об'єкту до впливу світлового випромінювання ядерного вибуху полягає у визначенні максимального значення світлового імпульсу, який очікується на об'єкті; визначення степені вогнестійкості будівель та споруд і категорії пожежної безпеки виробництва, виявленні спалених елементів будівель, конструкцій і речовин; визначенні значень світлових імпульсів, при яких відбувається займання елементів із спалимих матеріалів; знаходження межі стійкості будівлі до світлового випромінювання і порівняння цього значення з очікуваним максимальним світловим імпульсом по об'єкті $I_{\text{св.мах}}$.

У висновках і пропозиціях вказуються конкретні рекомендації по підвищенню протипожежної стійкості об'єкту.

Оцінка стійкості об'єкту до впливу радіації, яка проникає, ядерного вибуху полягає у визначенні максимального значення дози випромінювання $O_{\text{мах}}$, яка очікується на об'єкті, визначенні істотні ураження людей і пошкодження матеріалів і пристроїв, які чуттєві до радіації.

Основні заходи по підвищенню стійкості, які проводять на об'єктах в мирний час, передбачають: захист робітників і службовців, інженерно-технічного комплексу від наслідків стихійних лих, аварій, а також первинних і вторинних уражуючих факторів ядерного вибуху; забезпечення надійності управління і матеріально-технічного постачання, підготовки його до відновлення порушеного виробництва і переведення на режим роботи в умовах надзвичайних ситуацій.

Надійний захист робітників і службовців є важливим фактором підвищення стійкості роботи любого об'єкту народного господарства [22, с. 29].

З цією метою будуються захисні споруди: сховища для укриття найбільшої зміни, яка працює.

На ділянках з неперервним виробничим циклом будуються індивідуальні сховища з дистанційним управлінням технологічним процесом.

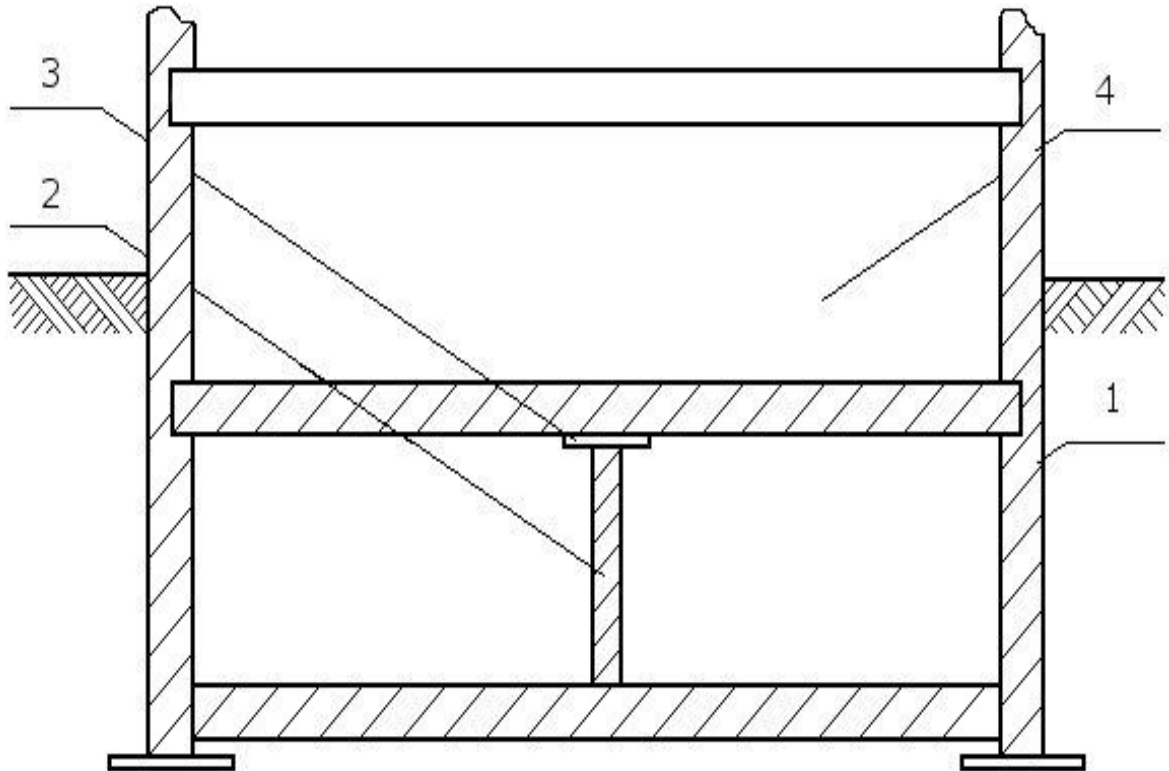
Проводяться підготовчі заходи до евакуації в приміську зону виробничого персоналу і членів сімей; накопичення, зберігання і підтримання готовності засобів індивідуального захисту.

Робітники і службовці на підприємстві вчать застосовувати засоби і способи захисту, діяти в надзвичайних ситуаціях.

Захист інженерно-технічного комплексу передбачає зберігання матеріальної основи виробництва: будівель і споруд, технологічного обладнання і комунально-енергетичних мереж [22, с. 54].

Будівлі і споруди на об'єкті необхідно розміщувати зосереджено. Між будівлями повинні бути протипожежні розриви шириною не менше сумарної висоти двох сусідніх будівель. Найбільш важливі виробничі будівлі необхідно будувати заглибленими, по конструкції краще залізобетонні з металевими каркасами. В кам'яних будівлях перекриття повинні бути з бетонних плит.

Від стійкості будівель і споруд залежить в основному стійкість всього об'єкту. Підвищення їх стійкості досягається будовою каркасів, рам, підкосів, проміжних опорів для зменшення прольоту несучих конструкцій. Підсилення підвальних приміщень показано на рисунку 7. 3.



1 – підвал; 2 – стояк; 3 – балка; 4 – перший поверх.

Рисунок 7. 3. Підсилення підвальних приміщень [22, с. 57]

Невисокі споруди для підвищення їх міцності частково обсіпають ґрунтом.

Високі споруди для підвищення їх міцності (труби, колони) кріпляться стяжками, які розраховані на вплив швидкого напору ударної хвилі (див. рисунок 7.4).

На підприємстві повинні бути плани першочергових відновлювальних робіт. Для своєчасного проведення заходів по підвищенню стійкості об'єкта розробляється план-графік послідовності їх здійснення [22, с. 33].

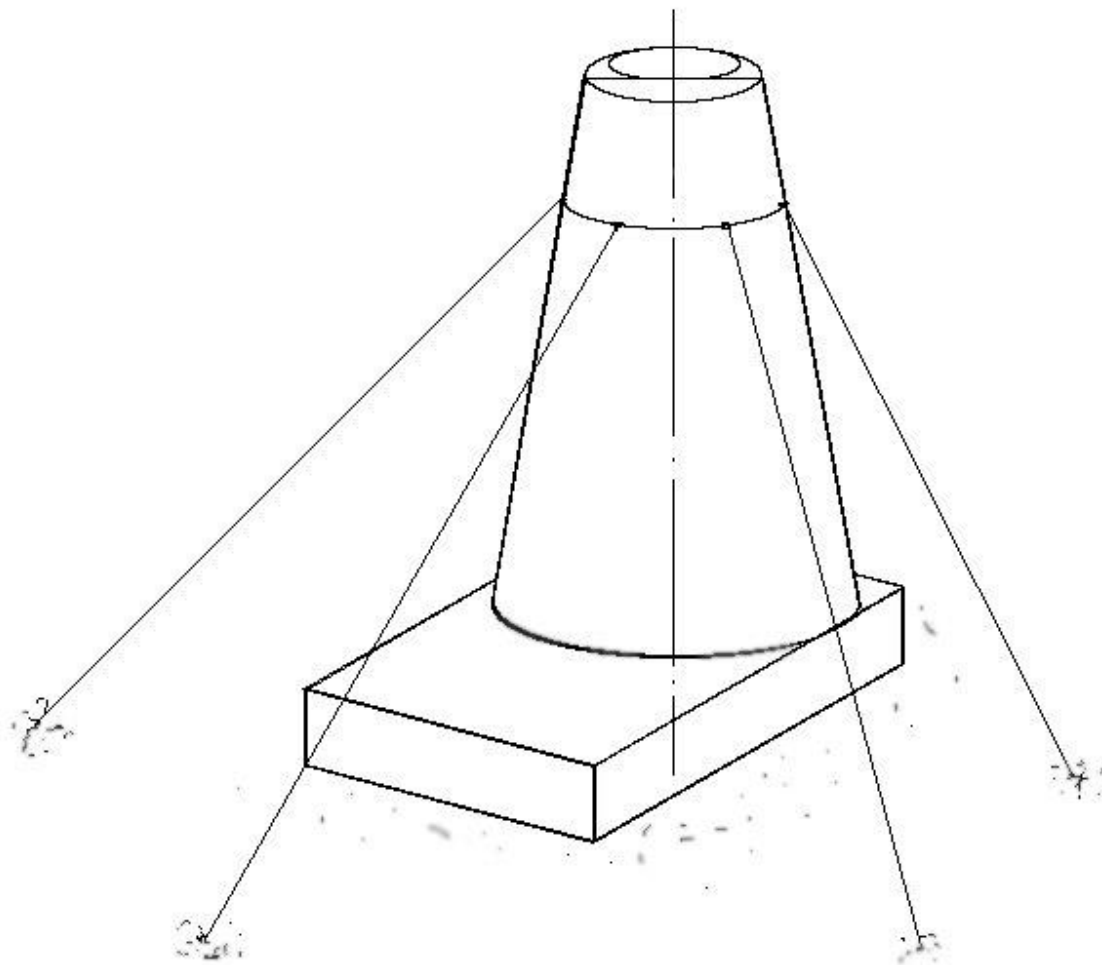


Рисунок 7.4. Кріплення труби стяжками

8. ЕКОЛОГІЯ

8.1. Методи очищення викидів забруднюючих речовин в атмосферу при зварюванні рами рейферного навантажувача

У даний час у промисловості найбільш поширені механізоване зварювання у вуглекислому газі і ручне зварювання штучними електродами. Також застосовується автоматичне зварювання під флюсом і у вуглекислому газі, порошковим дротом і в інертних газах. Виготовлення рами проводиться на спеціальних установках для складання та зварювання в середовищі захисного газу ($Ar+CO_2+O_2$). Зварювання супроводжується виділенням зварювального аерозолу (ЗА), що містить дрібнодисперсну тверду фазу і газу. Інтенсивність утворення ЗА визначається швидкістю плавлення електродного матеріалу і залежить від зварювального струму та напруги дуги, від складу зварювальних матеріалів, основного металу і захисного середовища, а також від положення шва у просторі та техніки зварювання.

Механізм утворення зварювального аерозолу являє собою схему випаровування - окиснення – конденсація, що доказано результатами рентгенівської та електронної дифрактометрії та свідчать про наявність в аерозолі оксиду Fe_3O_4 , який має кристалічну структуру.

Основною фізичною характеристикою домішок атмосфери є концентрація - маса (мг) речовини в одиниці об'єму (m^3) повітря при нормальних умовах. Концентрація домішок визначає фізичне, хімічне та інші види взаємодії речовин на людину і навколишнє середовище і служить основним параметром при нормуванні вмісту домішок в атмосфері.

ГДК - це максимальна концентрація домішки в атмосфері, віднесена до певного часу осереднення, яка при періодичному впливі або протягом усього життя людини не робить ні на нього, ні на навколишнє середовище в цілому шкідливого впливу.

У процесі зварювання в ЗА можуть переходити елементи, що входять до складу зварювальних матеріалів (електродів, флюсів, дротів та ін.) й основного

металу - залізо, марганець, кремній, кальцій, калій, магній, натрій, титан, алюміній, хром, нікель, фтор тощо. В результаті окиснення та конденсації цих елементів утворюються тверді частинки складного виду, як і було припущено, у формі оксидів. Проте дослідження структури та виду хімічних сполук (фазового складу) ЗА за допомогою сучасних фізичних методів (інфрачервоної спектроскопії, рентгенофазової та електронної дифрактометрії) дозволили встановити, що крім оксидів до складу ЗА входять також шпінелі, силікати, фториди та інші складні сполуки (наприклад, Fe_3O_4 , Mn_3O_4 , MnFe_2O_4 , Fe_2SiO_4 , Mn_2SiO_4 , Cr_2O_3 , FeO та ін.). Неоднорідність фазового складу частинок ЗА пов'язана з тим, що високотемпературна пара також має складний вид, а окремі її складові конденсуються при різній температурі. В першу чергу відбувається конденсація елементів або сполук, пара яких має більш низький тиск, а потім пара елементів з більш високим парціальним тиском. Наприклад, кремній присутній у високотемпературній парі у широкому (1500...3000 К) інтервалі температур у вигляді SiO . При цих температурах його пара характеризується більш високим парціальним тиском, ніж пара марганцю і заліза. Тому пара кремнію конденсується разом з низькотемпературними оксидами натрію та калію з утворенням силікатів. Центрами конденсації пари можуть бути іони елементів або дрібні бризки металу, які виносяться потоками газу із зони дуги. Таким механізмом утворення ЗА пояснюється неоднорідність будови їх частинок.

Дисперсність частинок ЗА коливається в межах від тисячних часток до декількох мікрометрів. Основна кількість частинок має розмір менший ніж 1 мкм. Частинки ЗА можуть приймати форму агломератів з розміром 1...3 мкм, кластерів розміром 1..2 мкм, сферичну форму (діаметром 5...10 мкм), а більш дрібні частинки (розміром від сотих до десятих долей мкм) схильні до утворення ланцюжків.

Інтенсивність утворення ЗА визначається швидкістю плавлення електродного матеріалу і залежить від зварювального струму та напруги дуги, від складу зварювальних матеріалів, основного металу і захисного середовища, а також від положення шва у просторі та техніки зварювання. Встановлено, що при

зварюванні покритими електродами в ЗА переходить 1...3 % від маси електрода, а у випадку зварювання плавким електродом в захисних газах - 0,5...2,0 % від маси зварювального дроту. Хімічний склад ЗА на 80...90 % обумовлено складом зварювальних матеріалів.

Джерело виділення шкідливих речовин при електрозварюванні – зварювальна дуга – має незначні розміри. Безпосередньо поблизу її концентрація шкідливих речовин дуже висока. Далі конвективний потік над зварювальною ванною і нагрітим металом (виробом) виносить ЗА в повітря приміщення; при цьому відбувається інтенсивне підмішування навколишнього повітря. У процесі видалення від джерела як по горизонталі, так і по вертикалі концентрація шкідливих речовин різко зменшується і на відстані відповідно 2 і 4 м наближається до загального фону забруднення повітря приміщення. Загальний фон у вентильованих цехах, як правило, не перевищує рівня ГДК. Але в зоні дихання зварювача, що виконує ручні операції, зміст шкідливих компонентів зварювального аерозолу значно (у 7-10 разів) перевершує як фон, так і ГДК.

Завдяки облаштуванню фільтрами всередині місцевих відсмоктувачів, що застосовуються при зварюванні в середовищі захисних газів та фільтрів у системі вентиляції, концентрацію шкідливих речовин зводять до мінімуму.

8.2. Методи очищення стічних вод на підприємстві

На території промислових підприємств утворюються стічні води трьох видів: побутові, поверхневі та виробничі. При виборі способів і технологічного устаткування для очищення стічних вод від домішок необхідно враховувати, що задані ефективність і надійність роботи будь-якого очисного пристрою забезпечується в певному діапазоні значень концентрації домішок і витрат стічної води. Частинки пилу, окалини і олії є основними домішками стічних вод, використовуваних для охолодження технологічного обладнання, поковок, гідрозбиву металевої окалини і обробки приміщення. Очищення стічних вод від твердих частинок в залежності від їх властивостей, концентрації і фракційного складу на машинобудівних підприємствах здійснюється методами

проціджування, відстоювання, відділення твердих частинок у полі дії відцентрових сил і фільтрування.

Проціджування - первинна стадія очищення стічних вод - призначено для виділення зі стічних вод великих нерозчинних частинок розміром до 25мм, а також більш дрібних волокнистих забруднень, які в процесі подальшої обробки стоків перешкоджають нормальній роботі очисного обладнання. Проціджування здійснюється пропусканням води через ґрати.

Відстоювання ґрунтується на особливостях процесу осадження твердих частинок в рідині. Закономірності вільного осадження частинок практично зберігаються при об'ємній концентрації осаджуючих частинок до 1%, що відповідає їх масовій концентрації не більше 2,6 кг / м³.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі проводилось ознайомлення з виробом та наявним технологічним процесом виготовлення. Згідно отриманих даних проводились дослідження, прорахунки, випробування з допомогою САПР. З метою вдосконалення технології виготовлення рами грейферного навантажувача було запропоновано:

- Напівавтоматичне зварювання в середовищі суміші газів $\text{CO}_2 + \text{O}_2$;
- Сучасний зварювальний апарат інверторного типу ПСИ-L-35;
- Використання пристосування нового типу;

Основні економічні показники при розрахунках в даній роботі:

Умовна річна економія	грн.	-	141741
Річний економічний ефект	грн.	-	115843,5
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	1,218066756

Проведено дослідження поступового розвитку тріщин в зоні поперечної перемички при розподілених навантаженнях. Та дослідження поведінки моделі рами при крутному моменту під різними кутами. Завдяки дослідженням можна спрогнозувати місця з найбільш імовірністю утворень тріщин та подальшої руйнації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Марочник сталей и сплавов [Текст] / Под ред. Зубченко А.С. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
2. Теория сварочных процессов [Текст]/ Под ред. В.М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 752 с.
3. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: Учеб. для вузов [Текст] / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич; [Ред. изд. Т.Е. Черешнева]. - М.: Машиностроение, 1977. - 432 с.
4. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. посібник / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005. - 268 с.
5. Биковський О.Г. Довідник зварника [Текст] / О.Г.Биковський, І.В. Пінковський. – К.: Техніка, 2002. – 336 с.
6. Лукьянов В.Ф. Изготовление сварных конструкций в заводских условиях [Текст]/ В.Ф. Лукьянов, В.Я. Харченко, Ю.Г. Людомирский. – Ростов н/ Д.: Феникс, 2009. – 315 с.
7. Федоренко Г.А. Контроль качества материалов и сварных соединений: Учебно-методическое пособие [Текст] / Г.А. Федоренко, И.В. Иванова. - СПб.: Изд-во ПИМаш, 2009. – 121 с.
8. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. [Текст]. – Введений з 01.07.1996. – К.: Держстандарт України, 1995. - 36 с.
9. Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К. КВІЦ, 2012. – 896с.
10. Щокін В.А. Технологічні основи зварювання плавленням: навчальний посібник [Текст] / В.А. Щокін.- Ростов н / Д.: Фенікс,

2009. - 345 с.

11. Александров О.Г. Проектування та експлуатація обладнання для дугового зварювання [Текст]: навчальний посібник / О.Г. Александров, Д.А. Антонюк. – Львів: Новий світ – 2000, 2011. – 312 с.
12. Сварочные приспособления. [Текст] /. Крампит Н.Ю., Крампит А.Г – ЮТИ ТПУ – 2008 – 95с.
13. Шпак Р. І. Техніко–економічне обґрунтування інженерних рішень: методичні вказівки до виконання організаційно–економічної частини дипломних проектів [Текст] / Р.І. Шпак.– Тернопіль, 2006.– 29с.
14. Производство сварных конструкций: учебное пособие [Текст] / Н.А. Азаров. Томск: ТПУ, 2010. – 141 с.
15. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці [Текст] / В. Ц. Жидецький. - Львів:

Афіша, 2002. - 320 с.

16. Голінько В.І. Основи охорони праці. – Д.: НГУ, 2010. - 271 с.
17. Шоботов В.М. Цивільна оборона: Навчальний посібник: Вид. 2-ге, перероб. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. - 438 с.
18. Юрченко Л. І. Екологія. Навчальний посібник. – К.: «Видавничий дім «Професіонал», Центр навчальної літератури, 2009. – 304 с.

Додатки