

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технології виготовлення рами напівпричепи-контейнеровоза Kaessbohrer з дослідженням її напружено-деформівного стану

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

(шифр і назва спеціальності)

Керівник

(підпис)

Підгурський М.І.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ткаченко І.Г.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Окіпний І.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на тему: " Розроблення технології виготовлення рами напівпричепа-контейнеровоза Kaessbohrer з дослідженням її напружено-деформівного стану" складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 63 аркуші формату А4 і графічної частини об'ємом 6 аркушів формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається із таких частин: аналітична, технологічна, дослідницька, конструкторська, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

В роботі проведено критичний огляд конструкцій лонжеронів рами та існуючі технології їх виготовлення. На основі проведеного аналізу було запропоновано змінити конструкцію рами контейнеровоза, а саме змінити конструкцію двотаврових лонжеронів на лонжерони з перфорованою вертикальною стінкою. Для цього було проведено порівняльні дослідження їх напружено-деформівного стану у програмному комплексі SolidWorks Simulation.

Отримані результати моделювання показали, що при застосуванні полегшеної конструкції лонжеронів (перфорованих), можна зменшити масу рами на 8- 12 % при незмінних параметрах самого лонжерона. На основі цього було встановлено, що застосування такого типу лонжеронів дозволить підвищити вантажопідйомність самої рами та збільшення вагу перевезеного вантажу.

Для її виготовлення запропоновано механізовані та автоматизовані складально-зварювальні пристосування та сучасне зварювальне обладнання. Це дозволить підвищити ефективність виробництва та якісні показники рамної конструкції.

Ключові слова: ЗВАРЮВАННЯ, ЗАХИСНИЙ ГАЗ, НАПІВАВТОМАТ, РАМА, ПЕРФОРОВАНИЙ ЛОНЖЕРОН, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Опис конструкції виробу та умов його роботи	7
1.2 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції.....	12
1.3 Аналіз існуючого технологічного процесу	14
2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА	17
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	25
3.1 Обґрунтування способу зварювання	25
3.2 Опис технологічного процесу	40
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	46
4.1 Опис роботи запропонованих складально-зварювальних пристосувань ..	46
4.2 Розрахунок сили притиску лонжерона в кондукторі.....	49
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	53
5.1 Заходи захисту від ураження електричним струмом	53
5.3 Підвищення стійкості інженерно-технічного комплексу об'єкта до ударної хвилі	57
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	61
ДОДАТКИ.....	63

ВСТУП

Напівпричіп є однією з найпоширеніших та найкорисніших одиниць техніки. За тривалий термін, з часів появи першої тягової машини, напівпричіп видозмінювався та технічно покращувався. Залежно від прямого призначення напівпричепи поділяються на кілька типів, для забезпечення максимальної завантаженості різних типів напівпричепів застосовують додаткові вузли та агрегати, такі як додаткові осі. Найвигідніший вид транспортування вантажів - морський або водний, він відрізняється гігантськими обсягами вантажу, що перевозиться за один рейс, чого іншим шляхом не домогтися. Найпростіший і найбезпечніший тип перевезення вантажу - контейнеровози. В даний час контейнери відрізняються за розмірами, що викликає необхідність створення нових напівпричепів контейнеровозів і нових додаткових механізмів для збільшення вантажопідйомності напівпричепів і збереження вантажу.

Одна з проблем, пов'язана з транспортуванням контейнера – це нерівномірність розподілу навантаження площею напівпричепів. При правильному розподілі вантажу по напівпричепу, навантаження на всі осі напівпричепів і тягача однакова, що забезпечує кращі динамічні показники напівпричепів в зчепці з тягачем і демонструє поліпшення збереження вантажів, що перевозяться.

Розвиток сучасної техніки висуває особливі вимоги до несучих систем конструкцій, у зв'язку з цим нині стає затребуваним виготовлення рам автомобілів, що мають високу міцність в експлуатованому діапазоні температур, стійких проти впливу агресивних середовищ, а також таких, що мають спеціальні механічні, технологічні та експлуатаційні властивості.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції виробу та умов його роботи

Напівпричепи-контейнеровози (рис. 1.1) - це напівпричепи спеціального класу, які є безмоторними транспортними засобами для руху автошляхами загального користування та перевезення контейнерів з вантажем. Працюють у зчепці із сідельними тягачами. Найчастіше використовують причіпи із жорсткою зварною рамою, яка виготовлена із повздовжніх лонжеронів, з'єднаних поперечними балками.



Рис. 1.1 Загальний вигляд рами напівпричепа-контейнеровоза Kaessbohrer

Рама контейнеровозу обладнана пристроями для закріплення та фіксації контейнерів, які запатентовані різними компаніями та відповідають європейським та міжнародним стандартам. Зазвичай у задній частині вона може мати майданчик для додаткового завантаження та розвантаження. Другий тип - коли напівпричіп контейнеровоз оснащений висувною рамою, що дозволяє змінювати його габарити по довжині залежно від розміру контейнера, що перевозиться. Конструктивно платформа напівпричепа контейнеровоза є плоскою або ступінчастою звареною рамою ґратчастого або сходового типу, встановленою на шасі посиленої конструкції. При ступінчастій конструкції платформи контейнеровоза, за рахунок заниженого центру ваги, напівпричіп отримує підвищену стійкість при русі в максимально завантаженому стані. Найбільшого поширення набули лонжеронні рами.

Так, маса рами вантажного автомобіля може становити 10... 15% його сухої маси, тобто. власної маси автомобіля без заправки паливом, олією, охолоджувальною та іншими робочими рідинами, без інструмента водія та запасного колеса. [1] Рама автомобіля працює у важких умовах та при високих навантаженнях. Рама сприймає вертикальні навантаження від власної ваги автомобіля, що скручуючі зусилля, що виникають під час руху, а також перебуває під впливом динамічних навантажень (поштовхів та ударів) при переїзді дорожніх нерівностей.

Рама контейнеровоза - зварена з високоміцної легованої сталі, складається з двох лонжеронів двотаврового перерізу змінної висоти, з'єднаних між собою поперечками. Лонжерони виготовляють суцільними (рис.1.2) у вигляді двотаврової балки змінного перерізу, а також із перфорованих двотаврових балок (рис.1.3). Таке конструктивне рішення дозволяє зменшити їх масу, при цьому не зменшуючи їх несучу здатність.

Лонжеронна рама зазвичай має невелику висоту і розташована практично повністю під низом кузова, а останній кріпиться до її кронштейнів зверху через гумові подушки.

До передньої поперечки та накладки рами поперечної передньої болтами кріпиться бампер. На лонжеронах рами розміщено два передні буксири. До задньої торцевої накладки рами приварені задній буксирувальний пристрій та пристрій для стопоріння платформи у піднятому положенні. Закрита поперечка рами використовується як ємність для стисненого повітря. Кронштейни підвіски, двигуна, гідромеханічної передачі та інших вузлів кріпляться до рами зварюванням. На раму встановлюються: двигун з елементами живлення та охолодження, гідромеханічна передача, кабіна з органами управління, платформа з елементами механізму для можливого перекидання вантажів.

Враховуючи те, що основною несучою конструкцією рами є лонжерон, тому в подальшому розглянемо процес його виготовлення.



Рис. 1.2. Конструкція двотаврового лонжерона змінного перерізу

Лонжерон виготовляють із хромонікелевої сталі 12ХН2, яка відноситься до групи легованих конструкційних сталей для зварних конструкцій.

Хімічний склад та механічні властивості сталі 12ХН2 наведені в таблицях 1.1 та 1.2 відповідно.



Рис. 1.3 Конструкції лонжерона рами напівпричепа-контейнеровоза з перфорованої двотаврової балки змінного перерізу

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 12ХН2, % [2]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.09 - 0.16	0.17 - 0.37	0.3 - 0.6	1.5 - 1.9	до 0.035	до 0.035	0.6 - 0.9	До 0.3

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 12ХН2 [2]

σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²
780	590	12	50	88

Для визначення схильності сталі до утворення холодних тріщин скористаємося методикою оцінки еквівалентного вуглецю. Якщо за підрахунку еквівалента вуглецю виявиться, що $C_e < 0,45\%$, зварювання

даної сталі може виконуватися без попереднього підігріву; якщо $Ce > 0,45\%$, то необхідний попередній підігрів, тим вищий, що вище значення Ce . [3].

У разі необхідності підігріву металу перед зварюванням температура підігріву може бути оцінена за методикою, що враховує хімічний склад сталі, що зварюється, і її товщину. Відповідно до цієї методики повний еквівалент вуглецю Ce визначають за формулою

$$Ce = Cx + Cr \quad (1.1)$$

$$Cx = (360C + 40Mn + 40Cr + 20Ni + 28Mo)/360 \quad (1.2)$$

$$Cr = 0,005 - l - Cx \quad (1.3)$$

де Cx — хімічний еквівалент вуглецю;

Cr — розмірний еквівалент вуглецю;

C, Mn, Cr, Ni, Mo — вміст легуючих елементів %;

l — товщина кромок, що зварюються, мм.

Якщо рівняння (1.1) підставити значення Cr з формули (1.2), то повний еквівалент вуглецю розраховують за формулою:

$$Ce = Cx(1 + 0,0055) \quad (1.4)$$

Визначивши повний еквівалент вуглецю, визначаємо необхідну температуру попереднього підігріву

$$T_{\text{п}} = 350 \sqrt{Ce - 0,25} \quad (1.5)$$

$$\begin{aligned} Cx &= (360 \times 0,13 + 40 \times 0,45 + 40 \times 0,45 + 20 \times 1,73 + 28 \times 0)/360 \\ &= 0,33\% \end{aligned}$$

$$Ce = 0,33 (1 + 0,005 - 6) = 0,34\%.$$

Оскільки отримане значення $Se = 0,34\%$ не більше $0,45\%$, то дана сталь має добру зварюваність.

Схильність до утворення гарячих тріщин оцінюється за показником Уїлкінсона:

$$HCS = \frac{C * \left(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) * 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V} \quad (1.6)$$

Якщо $HCS < 4$, при ($\sigma < 700$ МПа) тоді прийнято вважати, що гарячих тріщин не виникає, також якщо $HCS > 2$ ($\sigma > 700$ МПа) то сталь до появи гарячих тріщин не схильна [4].

$$HCS = \frac{0,13 * \left(0,035 + 0,035 + \frac{0,27}{25} + \frac{1,73}{100} \right) * 10^3}{3 * 0,45 + 0,75} = 6,1$$

За даними розрахунку сталь 12ХН2 схильна до появи гарячих тріщин. Для усунення великих обсягів рідких міжкристалічних прошарків застосовуються металургійні та технологічні заходи, до яких можна віднести:

- використання основного металу та зварювального дроту з мінімальним вмістом сірки та вуглецю;
- застосування зварювального дроту з підвищеним вмістом марганцю;
- введення у зварювальну ванну алюмінію та титану для зв'язування сірки;
- зменшення частки основного металу в металі шва та ін.

1.2 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

До конструкції рами пред'являються спеціальні вимоги, відповідно до яких вона повинна забезпечувати:

- необхідні міцність та надійність в експлуатації при мінімальній масі;
- постійне взаємне положення агрегатів, механізмів та кузова автомобіля за будь-яких умов і режимів руху;
- високу технологічність при виробництві та ремонті рами.

Усі компоненти, які надходять для складання рами, мають бути сертифікованими чи інші документи, якщо вони відсутні, тоді ці матеріали не допускаються для виготовлення рами. Якісні характеристики матеріалів мають бути підтверджені відповідними організаціями сертифікатами якості.

Зварювальний дріт підлягає перевірці чистоти поверхні та зберігається в чистих умовах, щоб виключити забруднення та окислення.

Захисний газ піддають контролю щоб не допустити шкідливі домішки та вологи.

У процесі виготовлення рами і в процесі проектування мають бути витримані геометричні розміри та форма, та повинна бути чиста поверхня. Цю проблему можна вирішити постановкою умов, а саме:

- розробка конструкцій із розрахунком на технічні особливості виробництва;
- витримка та оформлення усіх зварювальних з'єднань із взятим до уваги характер їхньої обробки, підготовка кромek, допуск на розмір;
- не допущення відхилення від технологій щоб уникнути напруження та деформації.

Зварні з'єднання мають забезпечувати:

- вільне розташування нагрівальних інструментів на випадок не обхідності точкового підігрівання;
- контроль якісних показників зварювальних з'єднань які передбачають методи які контролюють якість;
- надання можливості виконання ремонтних робіт.

Показники зварного з'єднання конструкцій, мають мати характеристики, мінімальні допустимий показник показників, а саме: ударна в'язкість, міцність, пластичність.

Технологічний процес складання для процесу зварювання виконуємо за допомогою спеціального складально-зварювального обладнання, стендів чи установок, котрі забезпечать виконання зварювальних конструкцій і вузлів у цілому. Розмір основної деталі, яка визначає габаритні розміри конструкцій і вузлів у цілому потрібно встановити з врахуванням зменшування металу.

Щоб визначити базові розміри складально-зварювального обладнання, установки чи стенду потрібно взяти до уваги деформацію, які можуть виникнути в процесі зварювання вузла чи конструкцій у зборі.

Схвачування елементу конструкцій мають проводитися у вказаному місці і почерговості, які передбачені у технологічному процесі.

У процесі виконання складальних операцій для зварювання, проводимо зачистку основного металу у місці зварювання, всі забруднюючі матеріали можуть призвести до появи дефектів у зварному з'єднанні.

Якісні показники цього зварювального виробу виконується в процесі виконання певних вимог, а саме:

- в процесі проектування цієї конструкції потрібно провести аналіз технологічності;
- дотримуватися зварювальних режимів;
- витримати необхідної точності складання;
- у процесі виконання зварювальних робіт використовувати якісний матеріал;
- процес контролю якості зварювання забезпечити відповідними контрольними методами;
- дефекти не допускається в зварних з'єднаннях.

1.3 Аналіз існуючого технологічного процесу

Рамна конструкція напівпричепів-контейнеровозів складаються з повздовжніх балок (лонжеронів) і поперечних балок та інших конструктивних

елементів. ТП даного виду конструкції складається з ТП виготовлення балки і остаточного з'єднання елементів у раму в зборі [5].

Так, як дана конструкція рами виготовляється з двотаврових зварних лонжеронів змінного перерізу, то розглянемо існуючі варіанти їх виготовлення. Виробництво лонжеронів здійснюється за допомогою найменш продуктивних і найважчих за умов роботи способів зварювання - ручним дуговим та напівавтоматичним зварюванням. Актуальним стає впровадження та заміна цих способів на автоматичне зварювання, що спричинить поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці робітників, зниження виготовлення, підвищення продуктивності праці, зменшення екологічної небезпеки виробництва.

Відповідно до виду виготовлення зварного двотаврового лонжерона використовують 3 варіанти їх складання та зварювання, а саме: по розмітці та у складальному обладнанні [5].

Складання зварної двотаврової балки лонжерона по розмітці на стендах відбувається в такому порядку. Для початку виконують розмітку полиці двотавру і розмічанні поверхонь, що приєднуються, в площину 2-х ліній. Вздовж лінії розмітки на всю довжину полиці встановлюємо парно декілька кутників, вони проводять фіксацію завдяки прихопленням до полиці. Паралельно до стінки прикріплюють на деякий час деталі для жорсткої фіксації, вони призначаються щоб верхня кромка листа була необхідної жорсткості в процесі складання. В подальшому проводять складання тавру. Стіна із жорсткими елементами встановлюється в середину кутників полиці, що знаходиться зверху. В подальшому проводять прихоплення і встановлюють розкоси. В подальшому знімають жорсткі елементи вертикальної стінки.

Для наступного складання, складена таврова балка лонжерона переміщається на 180° та встановлюється вертикальною стінкою на нижню полицю в середину кутників. Відповідно повторюємо складальні операції, котрі проводили в процесі складання тавру. По закінченню виконання усіх прихоплень знімають усі технологічні кутники.

При необхідності, для підвищення жорсткості лонжерона, встановлюють ребра жорсткості. Як правило ребра жорсткості встановлюють по розмітці та прихоплюють по закінченню виконання поясного шва.

У серійному виробництві складання лонжеронів відбувається з використанням стендів. Стенди обладнані стаціонарними стелажми, відповідно на них встановлюються та складаються конструктивні елементи балок, за допомогою пересувних складальних порталів. Складання відбувається таким чином: вертикальна стінка балки встановлюється у опорну балку кондуктора, відповідно полиця — вздовж балки на опорний гвинт, встановлений попередньо на задану висоту. Портали, переміщуючись вздовж складеного двотавру, робить зупинку на протилежному місці де потрібно зробити прихоплення. По закінченню складання двотаврової балки переміщається на зварювальний пост. ТП зварювання двотаврової балки повинен забезпечити мінімум зварних деформацій.

Зварювальний процес двотаврової балки лонжерона проводиться за допомогою автоматичного зварювання під шаром флюсу чи у середовищі захисного газу відповідно до товщини вертикальної стінки.

По закінченню складання головної балки рами проводять їхнє складання із поперечною балкою. Сам процес складання виконують за допомогою спеціального кондуктора, з метою забезпечення розмірів. Процес зварювання здійснюють за допомогою напівавтоматичним зварювання.

Недоліки розглянутих ТП мають не великий відсоток механізації і автоматизації процесу складання, що призводить до появи суттєвої деформації по закінченню процесу зварювання. Це потребує у використанні додаткових технологічних операцій. Воно зумовлено тим, що не правильно вибрані режими ТП зварювання і переміщення складених балок у зварювальний пост.

Також, необхідно провести дослідження двох типів лонжеронів (суцільного та перфорованого), з метою зменшення маси рами при незмінності її несучої здатності.

2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

При проектуванні і виробництві зварних конструкцій необхідно забезпечити їх міцнісні показники.

В роботі розглядається рама напівпричепа-контейнеровоза, яка є звареною конструкцією лонжеронного типу з листової низьколегованої сталі і профільованого прокату і складається з двох основних лонжеронів двотаврового перерізу і двох бічних лонжеронів швелерного перерізу, з'єднаних між собою поперечками. Задня частина закрита листами настилу, що утворює вантажну платформу.

Рама представляє собою зварену листову конструкцію, що складається з ортогональної мережі лонжеронів і поперечок, для якої важливо знати рівень і розподіл напружень, особливо в зоні зварних швів.

Для розрахунку лонжеронів рами напівпричепа-контейнеровоза на міцність здійснювали метод скінченних елементів (МСЕ).

Основною ідеєю МСЕ є розбиття досліджуваної області на певну кількість простих під областей (скінченних елементів). З рівнянь, що описують стан окремих елементів, виходить система рівнянь для області загалом. У цьому умови сумісності виконуються лише в дискретних точках (вузлах). Тобто МСЕ по суті зводиться до апроксимації безперервної області з нескінченним числом ступенів вільності сукупністю дискретних під областей, що мають скінченне число ступенів вільності.

Для проведення досліджень було запропоновано та розроблено 3d-модель (див. п. 1.1) лонжеронів, які виготовляються суцільного перерізу та перфорованого. При розрахунку було вибрано матеріал сталь AISI 904L, однакова для двох варіантів лонжеронів. Після того, проводили статичний розрахунок на міцність програмним комплексом SolidWorks Simulation, що використовує метод скінченних елементів з побудовою тетраедальної сітки

високої точності. Розмір сітки елементів становив 55 мм для обох варіантів (рис. 2.1).

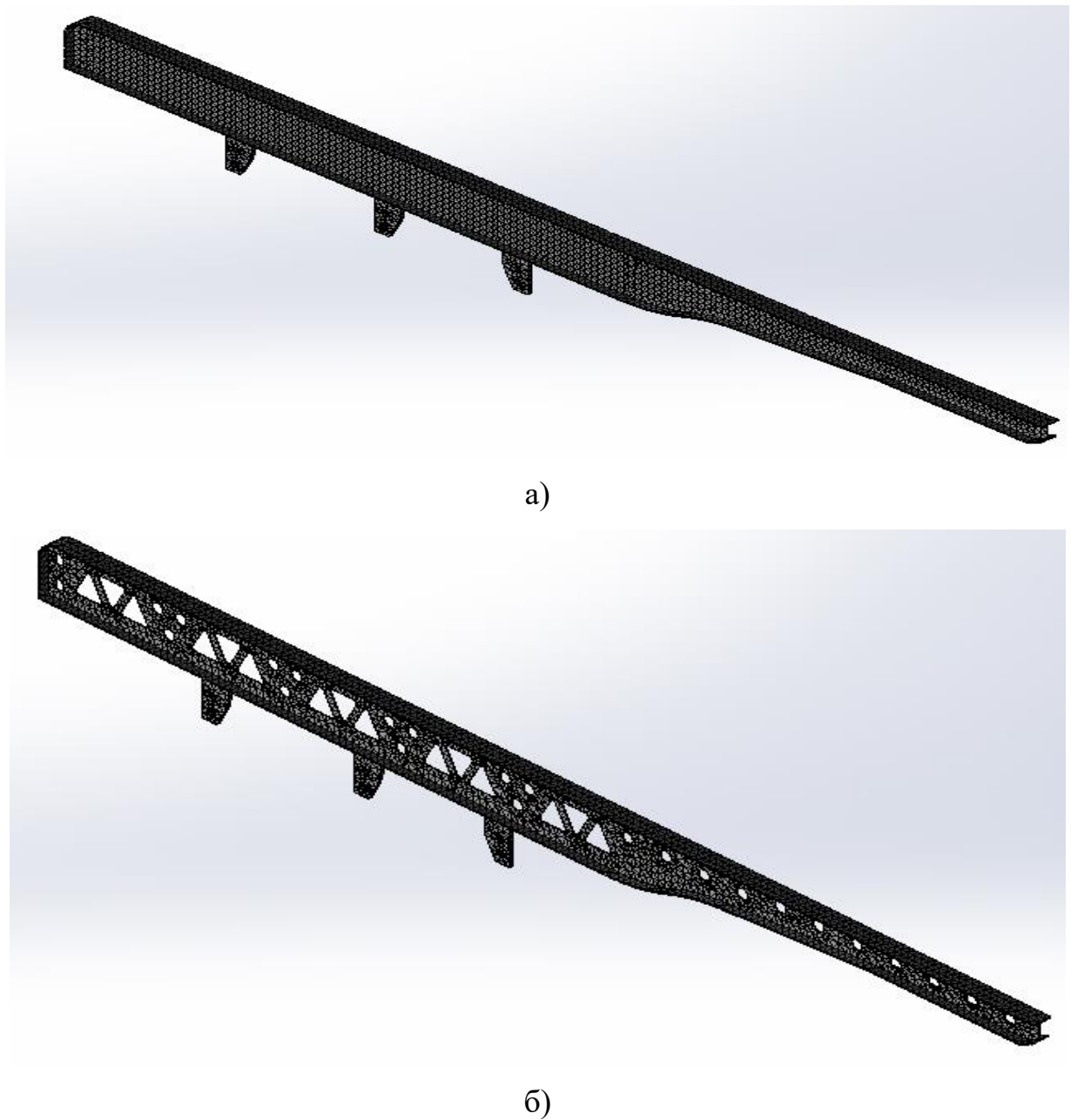


Рис. 2.1 Схема накладання скінчено-елементної сітки: а – базова конструкція лонжерона; б – лонжерон з перфорованими отворами

Навантаження лонжеронів відбувається згідно з рис. 2.2. і становило 100000 N, було однакове для двох конструкцій. Фіолетові стрілки показують прикладання навантаження, а зелені - місця кріплення лонжеронів.

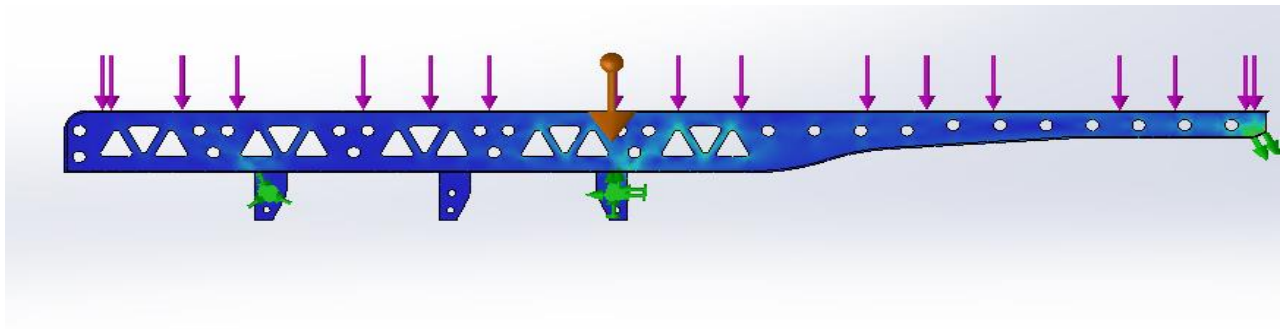


Рис. 2.2 Схема навантаження лонжеронів

Розрахунок конструкції базового та запропонованого лонжеронів з товщиною стінки 8 мм та товщиною полиць 16мм. Фіксування здійснювали на шкворневу плиту та кронштейни підвіски трьох колісних осей напівпричепа. Першим етапом було проведено моделювання напружень, що виникають у конструкціях лонжерона. Результати представлені на рисунку 2.3.

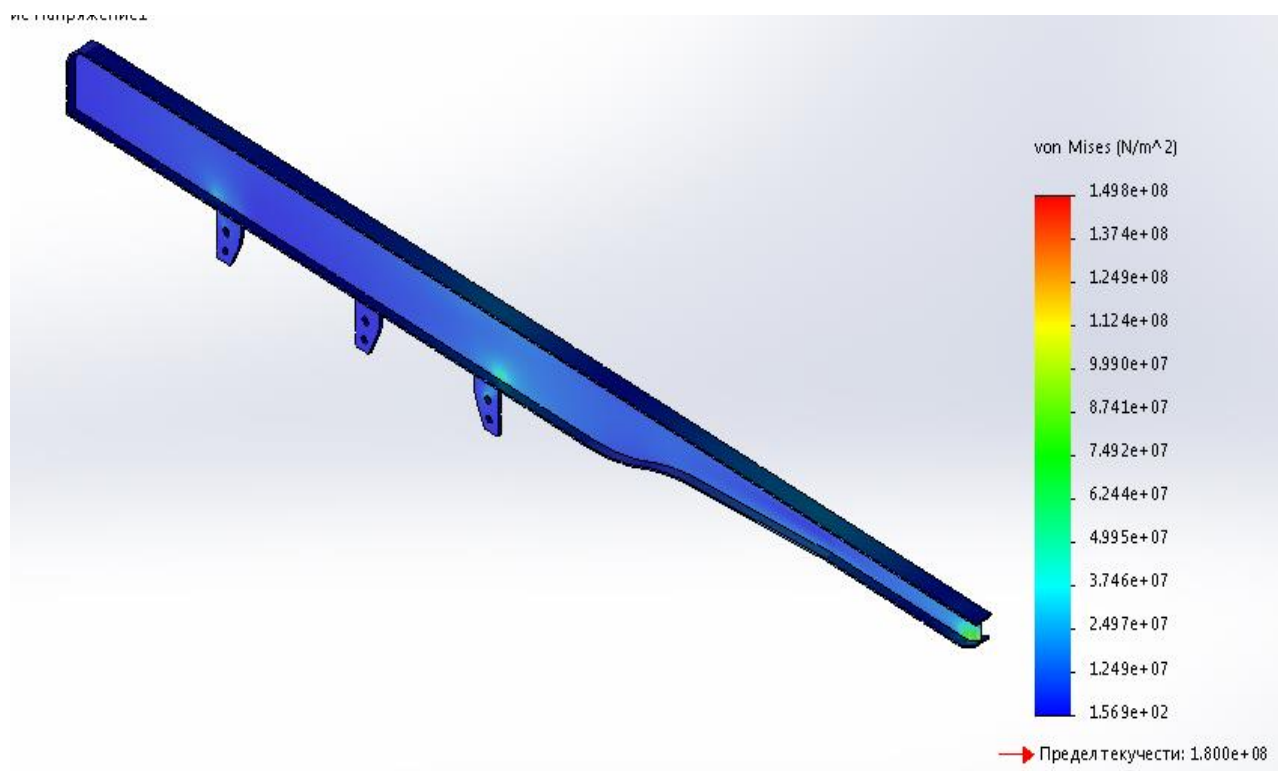
Виходячи з отриманого розрахунку, видно розподіл напружень у лонжероні після прикладання розподіленого навантаження в 100 000 N. Шкала напружень зазначена праворуч від лонжерона.

За графічними даними можемо спостерігати максимальне напруження рівне 149 МПа для базового варіанту і 177 МПа - для перфорованого лонжерона. Поява локальних напружень, які зосереджені в місцях фіксування лонжеронів, які не несуть за собою жодних небезпечних наслідків, за умови, що межа плинності матеріалу дорівнює 590 МПа.

Запаси міцності лонжеронів показані на рисунку 2.4.

Виходячи з рис. 2.5 можна спостерігати відносно невеликий прогин лонжеронів під навантаженням 100000N, який рівний 1,25 мм для базового варіанту та 1,4 мм для перфорованого. Ці найбільші прогини спостерігаються для двох варіантів у тонкій частині профілю лонжеронів.

На рис. 2.6 представлено результати досліджень деформацій лонжеронів.



a)

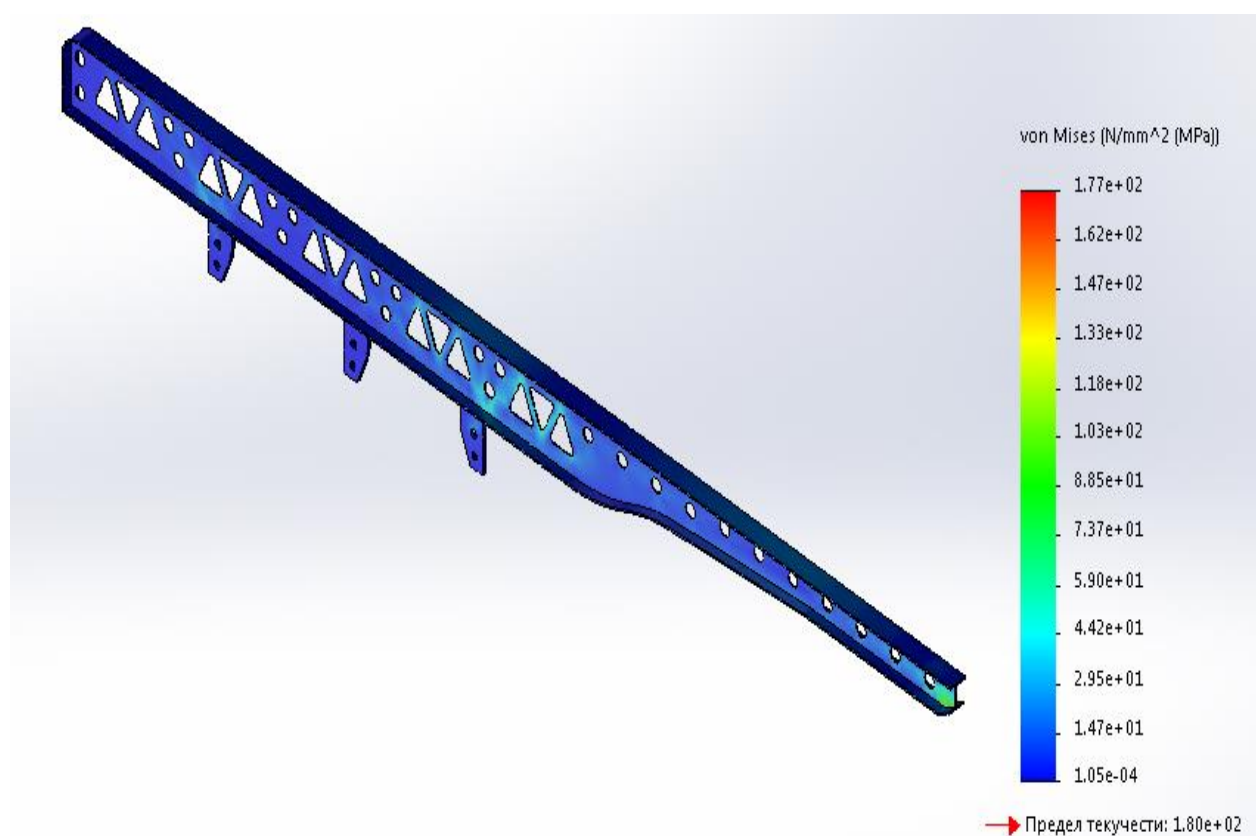


Рис. 2.3 – Напруження, що виникають у лонжеронах

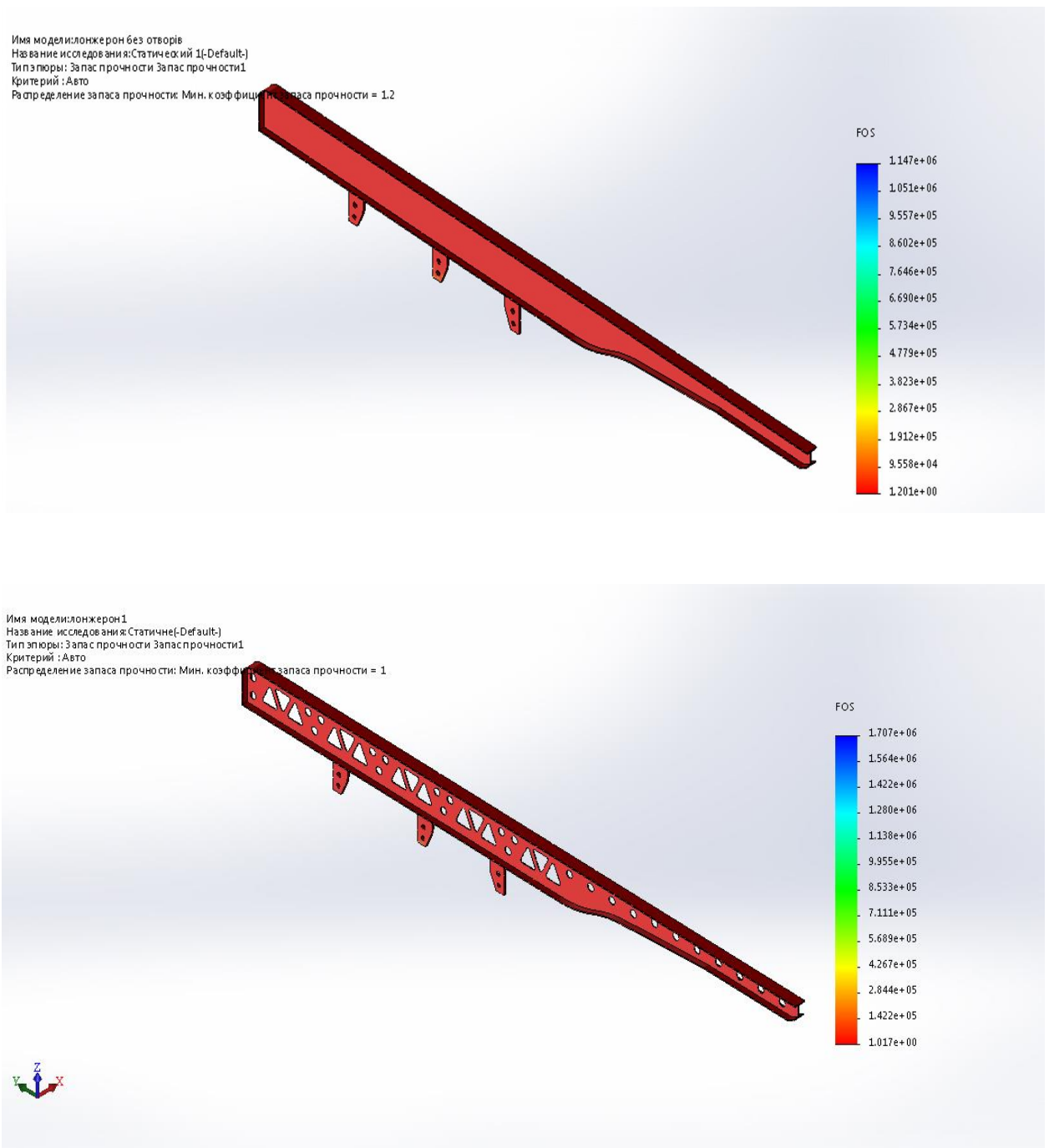


Рис. 2.4 – Запаси міцності

Виходячи з рис.2.4 мінімальний запас міцності становить 1,7 у небезпечному перерізі у місці переходу лонжерона від вузького краю до широкого .

На рисунку 2.5 та 2.6 приведено результати переміщення в базовому та перфорованому лонжеронах відповідно.

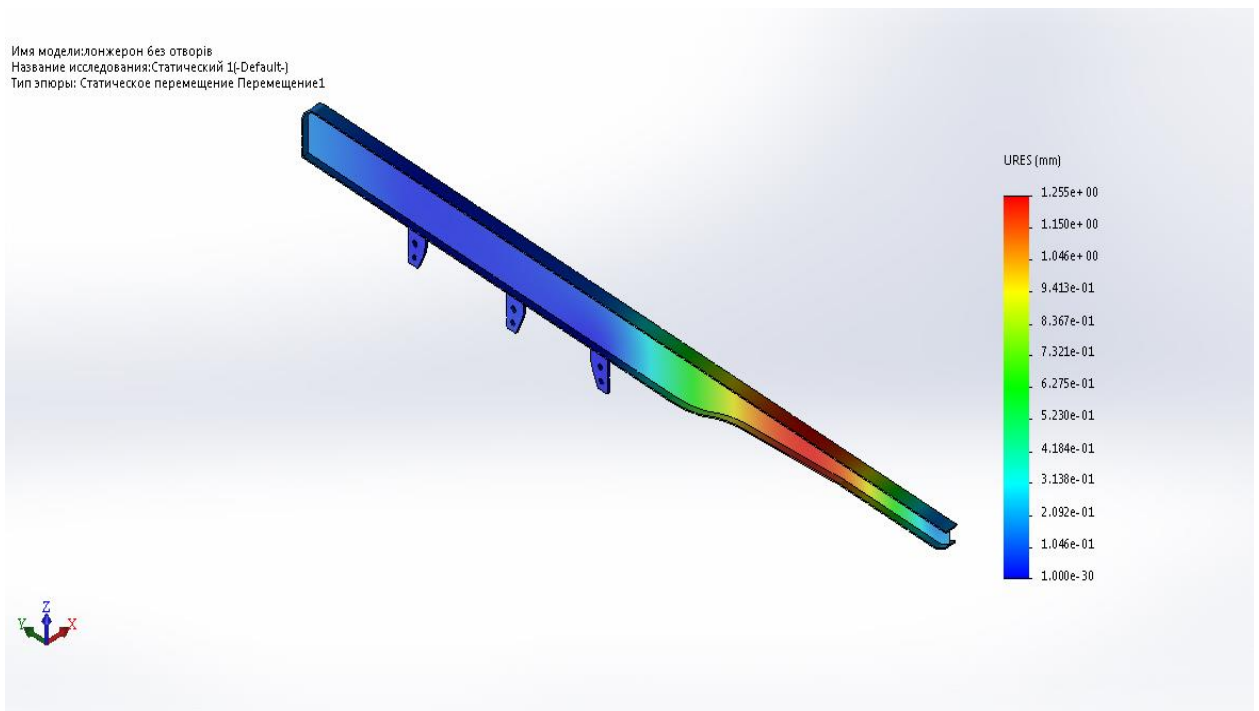


Рис. 2.5 – Переміщення в перфорованому лонжероні

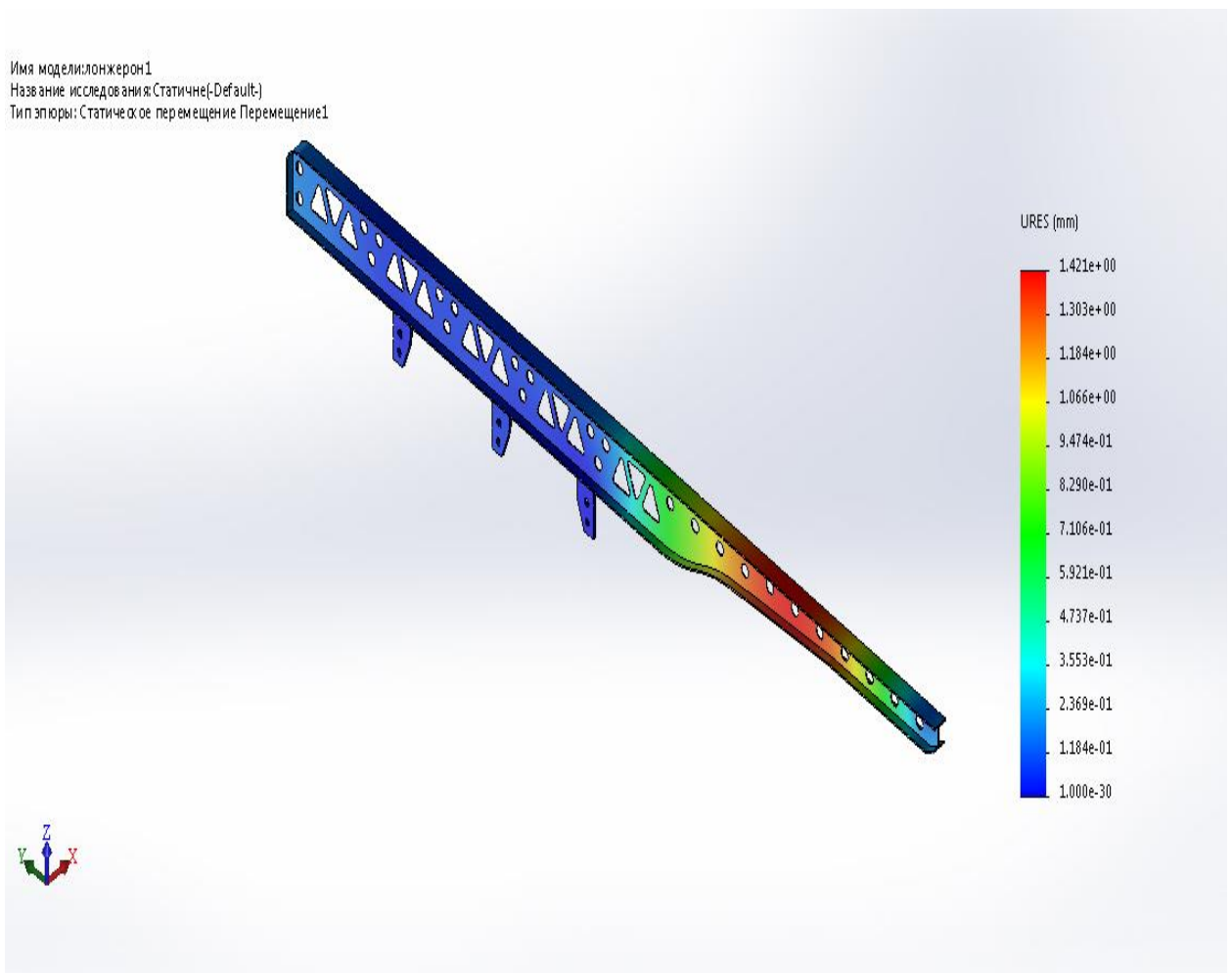


Рис. 2.6 – Переміщення в перфорованому лонжероні

Имя модели:лонжерон без отворів
Название исследования:Статический 1[-Default-]
Тип элпюры: Статическая деформация Деформация1

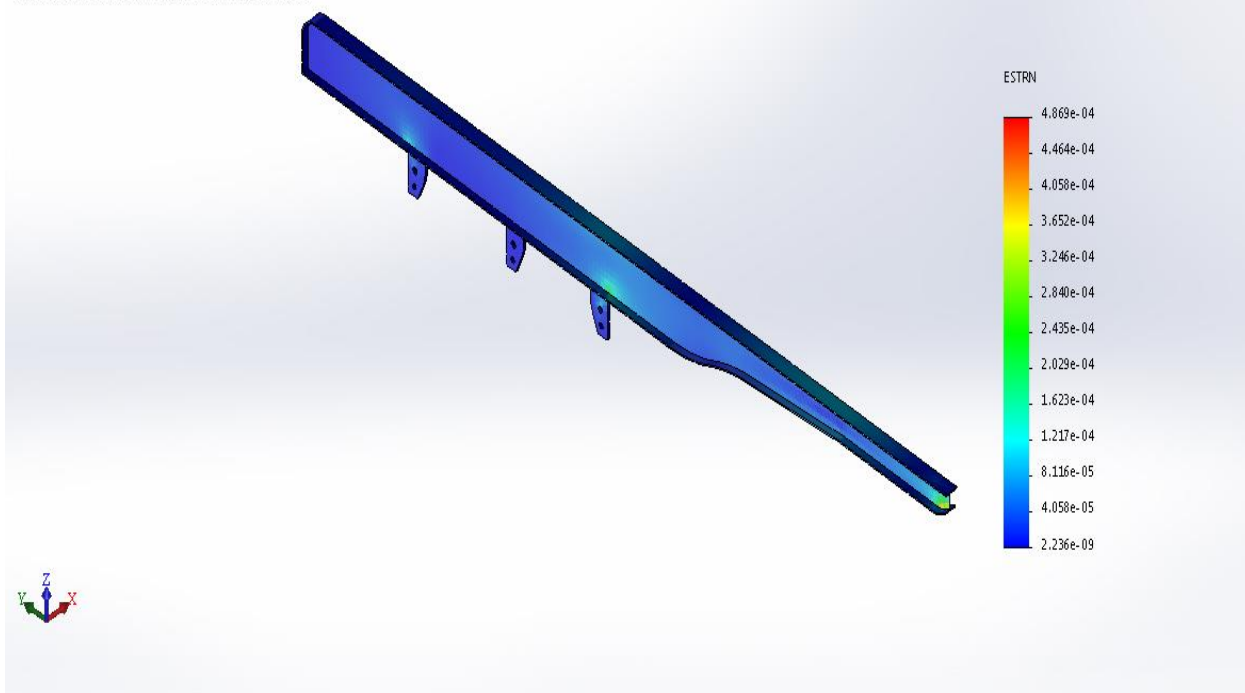


Рис. 2.7 Деформації базового лонжерона

Имя модели:лонжерон1
Название исследования:Статичне[-Default-]
Тип элпюры: Статическая деформация Деформация1

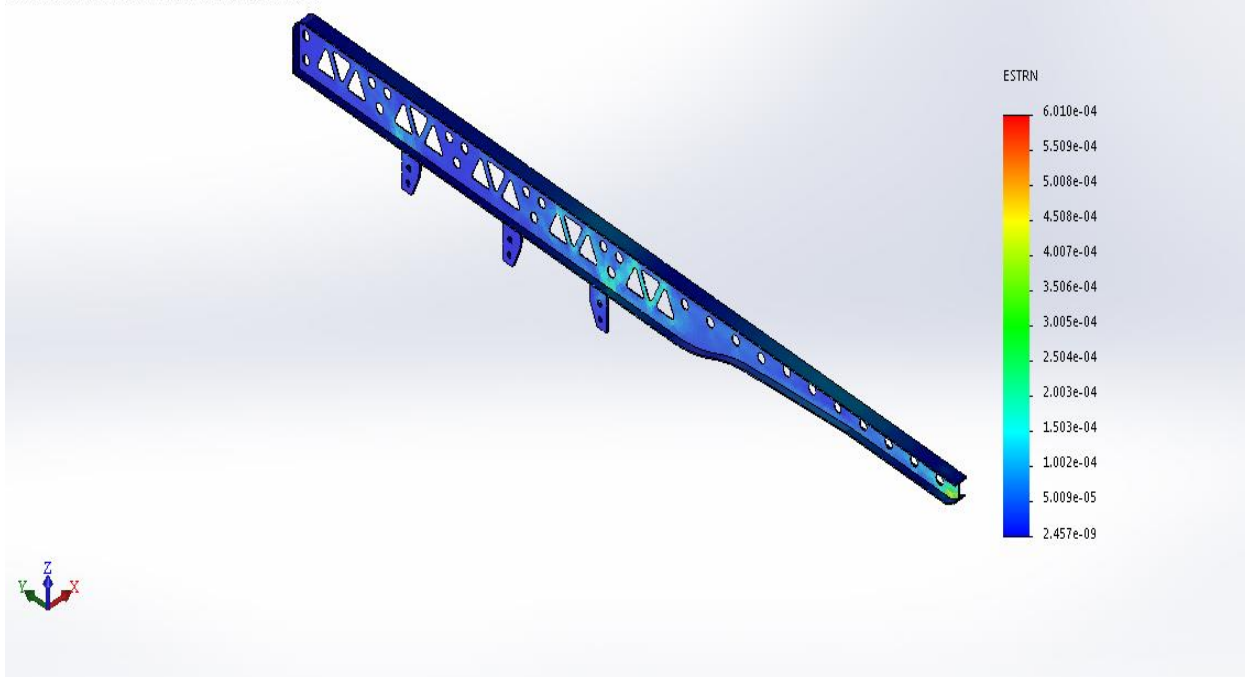


Рис. 2.8 Деформації перфорованого лонжерона

За даними рис. 2.7 та 2.8 видно, що найбільше деформування у двох варіантах знаходиться у місці фіксування лонжеронів, і становить $4.8 \cdot 10^{-4}$ – для базового та $6 \cdot 10^{-4}$ – перфорованого.

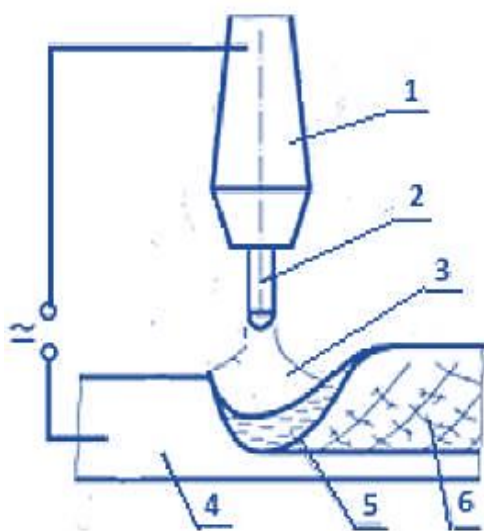
Висновок. Виходячи з отриманих результатів можна побачити, що при застосуванні полегшеної конструкції лонжеронів, максимальні напруження, які виникають становлять 149 МПа для базового і 177 МПа для перфорованого лонжеронів, а мінімальний запас міцності за межею текучості 3,3. Прогин лонжеронів становить не більше 1,5 мм. За результатами проведених досліджень, розрахунків та проектних робіт можна констатувати, що застосування представленого способу перфорації основних лонжеронів рами є доцільним і не призводить до значних змін їх міцнісних характеристик. Це призводить до зниження маси лонжерона на 8%.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Обґрунтування способу зварювання

У процесі виготовлення несучої рамної конструкції велику роль має місце вибір способу зварювання. Він визначає рівень автоматизації та механізації всіх операцій ТП зварювання. В наш час існує великий перелік варіантів з'єднання металу. Його вибирають відповідно до технологічності конструкції та довжини зварного шва. Однак в нашому випадку здійснюється обґрунтування варіанту зварювання, який буде використаний при виготовленні рами тривісного півпричепа. Конструкція рами збиратиметься з 2-х зварювальних двотаврових лонжеронів зі змінним перерізом по довжині та поперечних балок, що з'єднують лонжерони, які виготовлені з гнутого швелероподібного профілю та інших елементів: ребра жорсткості, косинок та тощо.

Ручне дугове зварювання (РДЗ) може здійснюватися двома способами: електродом, що не плавиться і електродом, що плавиться. Схема РДЗ неплавким електродом представлена на рис. 3.1. [6]



- 1 – тримач електродів;
- 2 - електрод, що не плавиться;
- 3-дуга;
- 4 – основний метал;
- 5-зварювальна ванна;
- 6 – шов.

Рис3.1 - Схема РДЗ

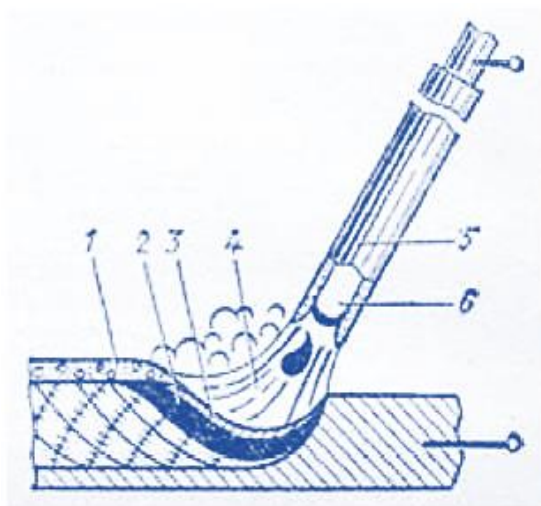
Перевагами даного способу є

- можливість зварювання активних металів (алюміній, мідь, титан);
- можливість зварювання деталей із металу невеликої товщини;
- висока концентрація теплової енергії, висока температура дуги (15000 ° -25000 ° C);
- «чистий» процес, немає чаду хімічних елементів.

До недоліків відносять:

- потрібна дуже висока кваліфікація зварювальників;
- відносно низька продуктивність процесу;
- неможливість зварювання на свіжому повітрі.

При РДЗ плавким електродом, використовується так званий штучний електрод з покриттям-обмазкою. Цей спосіб є основним при ручному зварюванні. Електрична дуга збуджується аналогічно першому способу, але розплавляє електрод і кромки виробу. Отримується загальна ванна рідкого металу, яка охолоджуючись утворює шов. Схема даного способу представлена на рис.3.2. [6,7]



1 - шлак, що закристалізувався;

2 – метал шва;

3-розплавлений метал;

4 – зварювальна дуга;

5 - обмазка електрода;

6 – металевий стержень

Рис. 3.2 - Схема РДЗ електродом, що плавиться

Переваги ручного дугового зварювання електродом, що плавиться:

- найбільш мобільний вид зварювання;
- можливість зварювання з надійним захистом зварювальної ванни на монтажі (відкрите повітря);
- можливість зварювання у важкодоступних місцях;
- широкий вибір пропонованих марок електродів.

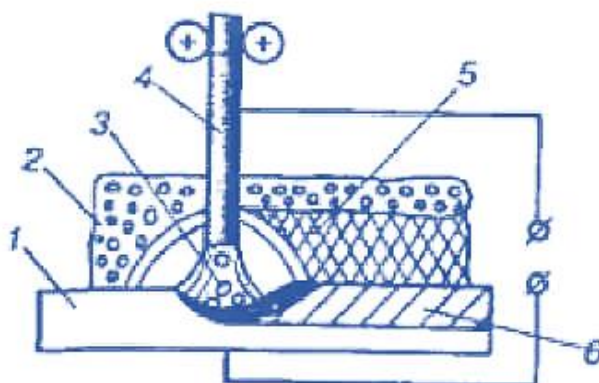
Недоліки ручного дугового зварювання електродом, що плавиться:

- якість шва залежить від кваліфікації та самопочуття зварювальника;
- низька продуктивність процесу;
- великий обсяг тепловкладень.

У зв'язку з цим розглянемо способи електродугового автоматичного зварювання.

Автоматичне зварювання металу під флюсом (АФ). Особливість процесу є застосування непокритого зварювального дроту та гранульованого (зернистого) флюсу. Схема процесу представлена рис 33.

Зварювання ведуть закритою дугою, що горить під шаром флюсу зверху зварювальна зона обмежена плівкою розплавленого шлаку, знизу – рідкою металевою ванною. Основною областю застосування зварювання під флюсом слід вважати виконання з'єднань елементів середніх товщин (4...40 мм). [6]



- 1 – основний метал;
- 2 – флюс;
- 3 – зварювальна дуга;
- 4 - електродний дріт;
- 5 - шлак, що закристалізувався;
- 6 - зварний шов

Рис. 3.3 - Схема процесу АФ

Переваги АФ є:

- отримання швів із високими механічними властивостями;
- глибоке проплавлення металу, що зварюється;
- Висока продуктивність процесу.

Недоліки:

- складність зварювання деталей невеликих товщин;
- неможливість виконання швів у положенні, відмінних від нижнього;
- утруднено візуальне спостереження за процесом.

Дугове зварювання металу в захисному газі (ДЗГ). Даний спосіб зварювання має найбільш широке застосування. Для захисту дугового проміжку і рідкої металевої ванни застосовують захисний газ (ЗГ). Процес реалізується із застосуванням неплавких та плавких електродів. Схема дугового зварювання не плавким електродом представлена на рис 3.4.[6-8]



Рис. 3.4 - Схема способу ДЗГ неплавким електродом

Для реалізації цього способу застосовують неплавкі вольфрамові, вугільні або графітові електроди та інертні захисні гази (аргон або гелій). При зварюванні найбільш широкого застосування отримали неплавкі вольфрамові

електроди. Формування зварного шва при даному способі відбувається за рахунок розплавлення кромки основного металу. Для забезпечення необхідних розмірів шва та його експлуатаційних властивостей, в процесі зварювання застосовують присаджувальні матеріали у вигляді прутків дроту. В процесі зварювання відбувається перемішування основного і присаджувального матеріалу, тому при виборі другого необхідно враховувати те, що вони повинні бути наближені за хім-складом. Присаджувальний дріт застосовують при товщині більше 2 мм. [6-8]

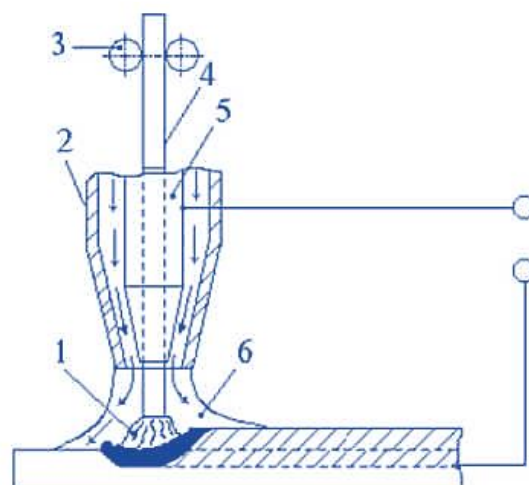
Цей спосіб найчастіше застосовують при зварюванні високолегованих сталей та кольорових металів. До переваг даного способу можна віднести:

- стійкість дугового процесу, не залежно від полярності струму;
- отримання металу шва з часткою від 0 до 100% основного металу;
- зварювання конструкцій малої товщини.

Недоліками є:

- мала ефективність, ККР від 0,40 до 0,55);
- висока швидкість охолодження металу шва.

При зварюванні із застосуванням плавкого електроду, він розплавляється і бере участь в утворенні шва. Схема ДЗГ плавким електродом приведена на рис.3.5. [7-8]



- 1 – електрична дуга;
- 2 – газове сопло;
- 3 подають ролики;
- 4 - електродний дріт;
- 5 - мундштук;
- 6 - захисний газ

Рис. 3.5 - Схема ДЗГ плавким електродом

Переваги дугового зварювання плавким електродом є:

- висока густина потужності, що забезпечує відносно вузьку зону термічного впливу;
- можливість металургійної дії на метал шва за рахунок регулювання складу дроту та захисного газу;
- широкі можливості механізації та автоматизації процесу зварювання;
- висока продуктивність зварювального процесу.

Недоліком є значне розбризкування розплавленого металу електродного металу у порівнянні із іншими способами.

Раціональне застосування того чи іншого способу характеризується технологічністю, продуктивністю економічності та екологічністю процесу зварювання. Крім того, обраний спосіб зварювання має задовольняти наявність необхідного обладнання на підприємстві. Так ручне дугове зварювання неплавким електродом з присадним металом має досить «чистий» процес, що не має чаду хімічних елементів, але має низьку продуктивність і вимагає високу кваліфікацію зварювальника. Дугова під флюсом - навпаки, володіє автоматизацією і, відповідно продуктивністю, але цей спосіб існують труднощі при зварюванні невеликих товщин, т.к. хороша теплова ізоляція зварювальної дуги підвищує її тиск, що сприяє глибшому проплавленню металу, що зварюється.

Найбільшого поширення набули автоматизовані дугові способи зварювання в захисному газі електродом, що плавиться. Зварювання електродом, що плавиться, характеризується універсальністю процесу, можливістю зварювання у всіх просторових положеннях, на виробках складної геометричної форми без застосування будь-яких спеціальних пристосувань в залежності від умов зварювання [6-8].

У зв'язку з чим, для зварювання лонжерону застосовуємо зварювання в сумішах інертного газу з вуглекислим газом електродом, що плавиться.

Найбільш поширеними при зварюванні сталей є такі захисні газові суміші [9]:

- суміш аргону із вуглекислим газом;
- суміш аргону із киснем;
- суміш вуглекислого газу із киснем.

Суміш аргону з киснем застосовується при зварюванні з метою унеможливлення виникнення пор через наявність водню.

Суміш вуглекислого газу з киснем знижує розбрикування електродного металу та деякою мірою підвищує продуктивність процесу. З іншого боку, внаслідок підвищеного окиснення погіршуються механічні властивості швів.

Суміш аргону з вуглекислим газом дозволяє досягти струменевого перенесення електродного металу та отримати більш пластичніші зварні шви у порівнянні із застосуванням інших сумішей. Також наявність вуглекислого газу в суміші дозволяє знизити ймовірність появи пор. Суміш аргону з вуглекислим газом значно дешевша, ніж чистий аргон.

У зв'язку з цим, зварювання сталі 12ХН2 проводимо в суміші аргону з вуглекислим газом, у співвідношенні Ar/CO_2 (80:20)% (К-20).

При зварюванні вуглецевих та низьколегованих сталей вибір зварювальних матеріалів обумовлений забезпеченням стійкості металу шва до утворення гарячих та холодних тріщин та вимогами до механічних та експлуатаційних властивостей металу шва [9].

Оскільки, лонжерон виготовляють із сталі, яка схильна до утворення гарячих тріщин то для їх усунення повинен застосовуватися зварювальний дріт з мінімальним вмістом сірки, вуглецю та максимальним вмістом марганцю, а також певного вмісту алюмінію та титану для зв'язування сірки.

При зварюванні в суміші газів зварювальний дріт вибирають таким чином, щоб дріт містив знижену кількість вуглецю, а в іншому її хімічний склад максимально збігався з хімічним складом основного металу. Однак у нашому випадку, згідно з технологічними вимогами, потрібен дріт з мінімальним вмістом сірки та вуглецю, легований титаном або алюмінієм та підвищеною кількістю марганцю.

Для зварювання лонжерону вибираємо дрiт Св-08ХН2ГМТА. Хiмiчний склад та механiчні властивостi зварювального дроту Св-08ХН2ГМТА наведенi у таблицях 3.1 та 3.2 вiдповiдно.

Таблиця 3.1 – Хiмiчний склад дроту Св – 08ХН2ГМТА, % [10].

С	Si	Mn	Cr	Ni	S	Ti	Mo
0,06 – 0,11	0,12 – 0,50	0,25 – 0,45	0,25 – 0,45	2,10 – 2,50	Не бiльше 0,020	0,06 – 0,12	0,25 – 0,45

Таблиця 3.2 – Механiчні властивостi дроту Св – 08ХН2ГМТА [10]

$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{т}}$, МПа	δ , %
580	390	23

З метою ефективного застосування способу зварювання та отримання якiсних зварних з'єднань необхідно провести розрахунок та пiдбiр режиму його реалiзацiї.

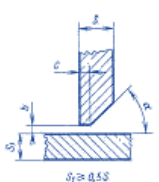
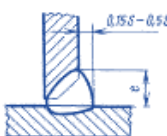
При механiзованому зварюванні в сумiшi газiв перемiщення пальника виконується вручну i в цьому випадку параметри $V_{\text{зв}}$ i $l_{\text{д}}$ жорстко не контролюються, хоча їх розрахунок виконується.

Для необхідного розрахунку вихiдними даними є:

- ✓ спiсiб зварювання за рiвнем автоматизацiї - автоматична;
- ✓ тип з'єднання - таврове;
- ✓ товщина металу, що зварюється - $S = 10$ мм;
- ✓ положення шва та проходiв - нижнє, один проход;
- ✓ форма та розмiри пiдготовки кромки - зi скосом однієї кромки.

Враховуючи те, що зварювання елементiв рами напiвпричепа-контейнеровоза виконується кутовими швами тавровим з'єднаннями, конструктивні особливостi якого наведено в таблицi 3.3. Вiдомостi про стандартні типи з'єднань, швiв та форм пiдготовки кромки взятi згiдно ГОСТ 14771-76.

Таблиця 3.3. – Параметри таврового зварного з'єднання згідно ГОСТ 14771-76

Умовні позначення	Конструктивні елементи		S, мм	b, мм		с, мм		е, мм		α , град $^{+2^{\circ}}$
	Підготовка кромок зварювальних деталей	Шва зварного з'єднання		Номінальний	Граничне відхилення	Номінальний	Граничне відхилення	Номінальний	Граничне відхилення	
T6			10,0	0	+1	1	± 1	8	± 2	45

Тип шва за кількістю проходів приймаємо однопровідний. Розрахунок режиму зварювання проводимо згідно літератури [6,7].

Визначаємо площу поперечного перерізу шва

$$F_n = \frac{k^2}{2} \quad (3.1)$$

Катет шва приймаємо для T1 – $k = 8$ мм

$$F_{n8} = \frac{8^2}{2} = 32 \text{ мм}^2.$$

Для катета 8 мм – $d_e = 2,0$ мм.

Визначаємо зварювальний струм:

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot j. \quad (3.2)$$

Для діаметра дроту 1.6 та 2,0 мм приймаємо $j = 120 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$.

$$I_{368} = \frac{\pi \cdot 2,0^2}{4} \cdot 120 = 376 \text{ A}$$

Визначаємо коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_H = A + B \frac{I_{36}}{d_{el}}, \quad (3.3)$$

де $A = 7.0$; $B = 0.04$.

$$\alpha_{H8} = 7 + 0.04 \frac{376}{4} = 10,76 \text{ г/А} \cdot \text{год.}$$

Визначаємо швидкість зварювання

$$V_{364} = \frac{A}{I_{3B}}, \text{ м/год} \quad (3.4)$$

$$V_{368} = \frac{10 \times 10^3}{376} = 26,6 \text{ м/год.}$$

Напругу зварювання:

$$U_{\partial} = 20 + \cdot I_{36} \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{el}}} \pm 1, \quad (3.5)$$

$$U_{\partial 8} = 20 + \cdot 376 \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2,0}} \pm 1 = 33 \pm 1 \text{ В}$$

Приймаємо $U_{\partial} = 33 \text{ В}$.

Визначимо швидкість подачі дроту:

$$V_{n.\partial.} = \frac{4 \cdot \alpha_H \cdot I_{36}}{\pi \cdot d_{el}^2 \cdot \gamma}, \quad (3.6)$$

де $\gamma = 7800 \text{ кг/м}^3$;

$$V_{n.\partial.8} = \frac{4 \cdot 10,76 \cdot 10^{-3} \cdot 376}{3,14 \cdot (2,0 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 7800} = 165 \frac{\text{м}}{\text{год}}$$

Маса наплавленого металу:

$$G_H = F_{CB} \cdot l \cdot \rho \quad (3.7)$$

де, l – довжина шва, см;

ρ – густина наплавленого металу (для сталі $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$).

$$G_{H(T1)} = 26500 \cdot 0.32 \cdot 7,8 = 1248 \text{ г} = 1.248$$

Час горіння дуги [13]:

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{CB} \cdot \alpha_H} \quad (3.8)$$

$$t_{0(T1)} = \frac{1248}{376 \cdot 10,76} = 0,3 \text{ год}$$

Повний час зварювання [13]:

$$T = \frac{t_0}{K_{\Pi}} \quad (3.9)$$

$$T_{(T1)} = \frac{0,3}{0,6} = 0,5.$$

де, k_{Π} – коефіцієнт використання зварювального поста ($k_{\Pi} = 0,6 \dots 0,57$).

Витрати електроенергії:

$$A = \frac{U_d \cdot I_{3B}}{\eta \cdot 1000} \cdot t_0 + W_0 \cdot (T - t_0) \quad (3.10)$$

де U_d – напруга дуги, В;

η – ККД джерела живлення : при постійному струмі $0,6 \div 0,7$;

W_0 – потужність джерела живлення ($W_0 = 2,0 \div 3,0$ кВт).

$$A_{(H1)} = \frac{33 \cdot 376}{0,6 \cdot 1000} \cdot 0,3 + 3,0 \cdot (0,5 - 0,3) = 6,8 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрата захисного газу відповідно до таблиці 3.4 []. Режими зварювання лонжерона рами напівпричепа-контейнеровоза приведено в таблиці 3.5

Таблиця 3.4 – Витрати газу залежно від величини $I_{зв}$ та U_d [8]

Струм зварювання, А	50 ÷ 60	90 ÷ 100	150 ÷ 160	220 ÷ 240	280 ÷ 300	360 ÷ 380	430 ÷ 450
Напруга дуги, В	17 – 28	19 – 20	21 – 22	25 – 27	28 – 30	30 – 32	32 – 34
Витрата газу, л/хв	8 – 10	8 – 10	9 – 10	15 – 16	15 – 16	18 – 20	18 – 2

Таблиця 3.5 – Режими зварювання

Тип з'єднання	Сила струму $I_{зв}$, А	Напруга на дузі U_d , В	Діаметр дроту de , мм	Швидкість зварювання $V_{зв}$, м/год	Швидкість подачі дроту $V_{п. д.}$, м/год
Т1	376	33	2,0	26,6	165

Враховуючи обґрунтований спосіб зварювання та з метою забезпечення розрахованого режиму зварювання вибираємо зварювальний автомат АДГ-630 (рис. 3.6). Він призначений для двохдугового зварювання в захисному газі при зварюванні стикових, напусткових і таврових з'єднань, усередині та поза колією автомата. Ескіз автомата приведено на рис. 3.7



Рис. 3.6 Автомат для зварювання АДГ-630

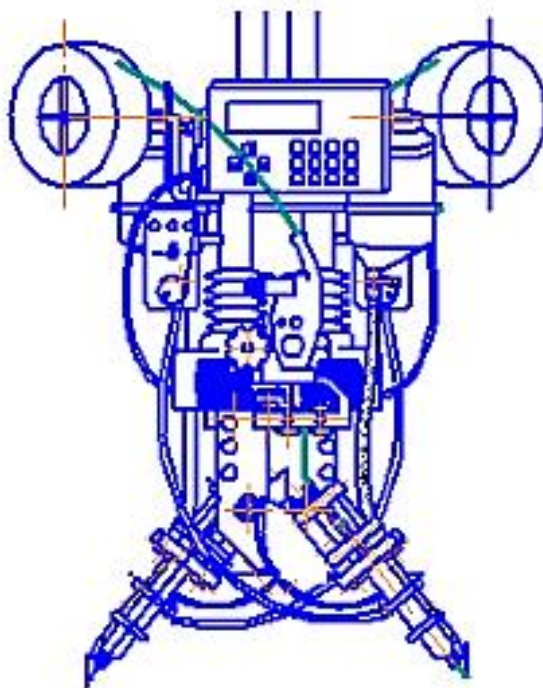


Рис. 3.7 – Ескіз зварювального автомат АДГ-630

Технічні характеристики автомата зварювального АДГ-630 представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Характеристика автомата зварювального АДГ-630 [10]

Параметри	Значення
Напруга мережі живлення, при частоті 50 Гц, В	3х380
Номінальний зварювальний струм при ПВ=60%, А	630
Діаметр електродного дроту, мм Стальний порошковий	1,6-2,4 1,6-3,2
Межі регулювання швидкості подачі електродного дроту, м/год	120 - 720
Межі регулювання швидкості зварювання, м/год	12-120
Межі регулювання часу розтяжки дуги,	0,5-1,2
Кут повороту зварювальної головки щодо вертикальної осі, град.	$\pm 90^\circ$
Кут повороту головки зварювальної навколо горизонтальної осі, град.	± 45
Кут нахилу струмопідведення щодо вертикальної осі, град.	+45° (кут вперед) -30° (кут назад)
Хід вертикального супорта, мм	100
Хід горизонтального супорта, мм	100
Міжосьова відстань коліс, мм	240
Колісна колія, мм	185
Місткість касети для зварювального дроту, кг	15
Маса трактора, без дроту, кг	32
Габаритні розміри (ДхШхВ), мм	680х385х670

Для живлення автомата будемо застосовувати два зварювальні випрямлячі КИУ-501 (рис. 3.8). Характеристика даного джерела живлення автомата приведена в таблиці 3.7.



Рис. 3.8 Зварювальний випрямляч КИУ-501 [11]

Таблиця 3.7 Технічна характеристика випрямляча КИУ – 501 [11]

Назва параметру	ЗНАЧЕННЯ
Номінальна напруга мережі живлення, В	3х380
Частота струму мережі живлення, Гц	50
Номінальний зварювальний струм при ПВ=60% та циклі зварювання 10хв., А	500
Межі плавного регулювання зварювального струму, А:	
- падаючі	50-500
- жорсткі	60-500
Межі регулювання робочої напруги, В:	
- падаючі	22-46
- жорсткі	18-50
Номінальна споживана потужність, кВА	40
Напруга холостого ходу, В	85
Маса, кг	230
Габаритні розміри, мм	730×590×830

Для встановлення прихоплень та приварювання ребр жорсткості вибираємо напівавтомат КП-015 (рис. 3.9) з тим же джерелом живлення що і автомат. Характеристика напівавтомату приведена в таблиці 3.8.



Рис. 3.9- Напівавтомат КП 015 [11]

Таблиця 3.8 - Технічна характеристика напівавтомату КП-015 [11]

Номінальна напруга, В	380
Частота мережі, Гц	50
Номінальний зварювальний струм, А При ПВ=60% і циклі зварювання 5 хв.	315
Межі регулювання зварювального струму, А	50-315
Регулювання напруги на дузі	Плавне
Межі регулювання напруги на дузі, В	18-38
Діаметр електродного дроту, мм - суцільний - порошковий	0,8-1,4 1,2-1,4
Регулювання швидкості подачі електродного дроту	плавне
Межі регулювання швидкості подачі електродного дроту, м/год	100-1000
Маса, кг - механізм подачі дроту - електродного дроту	9,5 5
Габаритні розміри механізму подачі дроту, мм	495x160x290

3.2 Опис технологічного процесу

Процес виготовлення включає в себе перелік операцій: правка, порізка, підготовка кромки та очистка під зварювання, збирання і зварювання, контроль зварного з'єднання і конструкції у зборі.

Технологічний процес складається з наступних операцій:

010. Доставка листа зі складу та контроль якості поверхні металу. Поставляють лист стандартного розміру 6000x1500мм на операцію правлення

та очищення поверхні. Метал перевіряється на наявність окалини, іржі та інших забруднень.

015. Правлення. Виконати попереднє виправлення стандартного листа для видалення вм'ятин, хвилястості, серповидності на листопрямильній машині Bendmak BPSM (рис. 3.10).



Рис. 3.10 Листопрямильна машина Bendmak BPSM [12]

020. Різання. Лист розрізається за розмірами: полиця – 2000x200 мм; стінка – 2000x300 мм за допомогою установки лазерного різання Mitsubishi ML3015eX-S (рис. 3.11).



Рис. 3.11 Установка Mitsubishi ML3015eX-S [12]

025. Розроблення кромки. Виконати підготовку кромки під кутом 45° із притупленням 1мм за допомогою кромкостругальної машини вектор АВМ 28 (рис.3.12).



Рис. 3.12 Кромкостругальна машина АВМ 28 [12]

030. Контроль геометричних розмірів.

035. Складання.

- Встановити нижню полицю на плиту складально-зварювального пристрою між базовими фіксаторами.
- Встановити стінку 1 на магніт упору.
- Встановити стінку на магніт натискного диска горизонтального пневмопритискача на відстані 20 ± 5 мм від торця.
- Встановити верхню полицю вниз, притиснувши лівий край до верхнього упору.
- Включити вертикальний пневмопритискач.
- Включити горизонтальний пневмопритискач для переміщення стінки до контакту з бобишками.

Здійснити прихватки складених елементів виробу згідно з кресленням: катет прихватки 4мм, відступ від торця 50-80мм; довжина прихватки 20мм.

- Наварити вивідні планки розміром 100x50x6мм, 16 штук.

Для цього застосовують складальний стенд рис. 3.13.



Рис. 3.13 Стенд складання лонжеронів [12]

040. Контроль складання. Контролювати зазори та взаємне розташування деталей за допомогою універсальних шаблонів та лінійки.

045. Зачистка. Видалення бризок, окалини, шлаку. Зачищення виконується шліфувальною машинкою Bosch GWS26-230.

050. Зварювання:

- Встановити виріб у захоплення кантувача, закріпити його гвинтовими притисками.

- Встановити зварювальну головку в стик, що зварюється під кутом 40° до вертикальної стінки.

- Здійснити пробне переміщення зварювальної головки і проконтролювати відсутність зміщення положення зварювального дроту щодо центру оброблення стику кромek, що зварюються, використовуючи маршеву швидкість апарату.

- Налаштувати зварювальний апарат на режим зварювання із вступних пластин, завершити зварювання на вивідних пластинах.

Зварювання проводять на спеціалізованій установці (рис. 3.14).

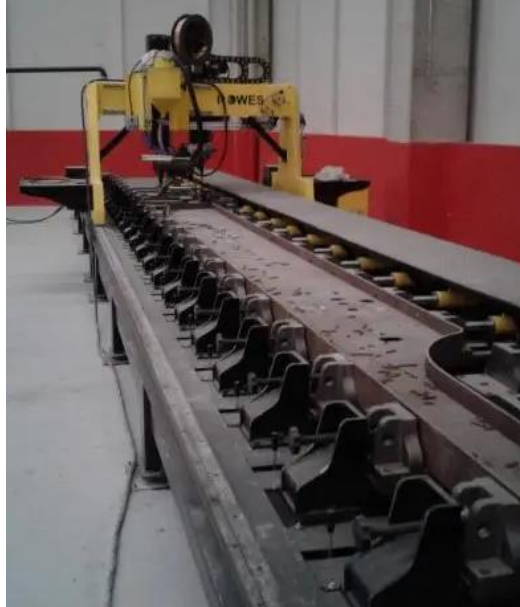


Рис. 3.14 Установка для зварювання [12]

Провести кантування лонжерона на 180° та повторити операції.

055. Видалення вивідних планок та зачищення місць зварювання.

060. Правлення зварного лонжерону. Виконати правлення зварного лонжерону від грибоподібності полиць за допомогою установки типу YPJ-60B (рис. 3.15).



Рис. 3.15 Установка для выправления балок типу YPJ-60B [12]

065. Контроль готового виробу. Провести візуальний контроль форми шва за допомогою шаблона УШС-4 (рис. 3.16), відсутність подрізів, тріщин, наявність зовнішніх дефектів. Внутрішні дефекти перевірити ультразвуковим методом за допомогою дефектоскоп типу А1212 MASTER (рис. 3.17).

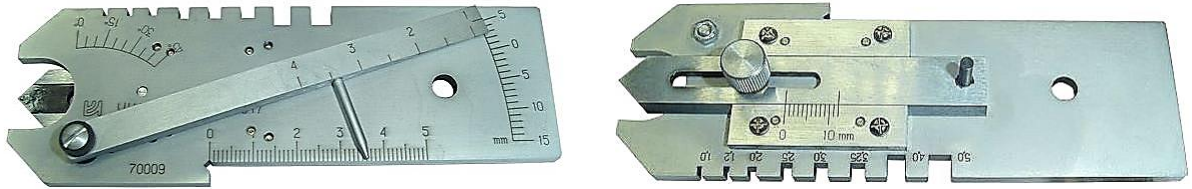


Рис. 3.16 Шаблон УШС-4



Рис. 3.17 Дефектоскоп А1212 MASTER [13]

4 КОНСТРУКТОРСКА ЧАСТИНА

4.1 Опис роботи запропонованих складально-зварювальних пристосувань

Згідно запропонованого технологічного процесу складання лонжерона здійснюється в спеціальному складально-зварювальному кондукторі (рис. 4.1).

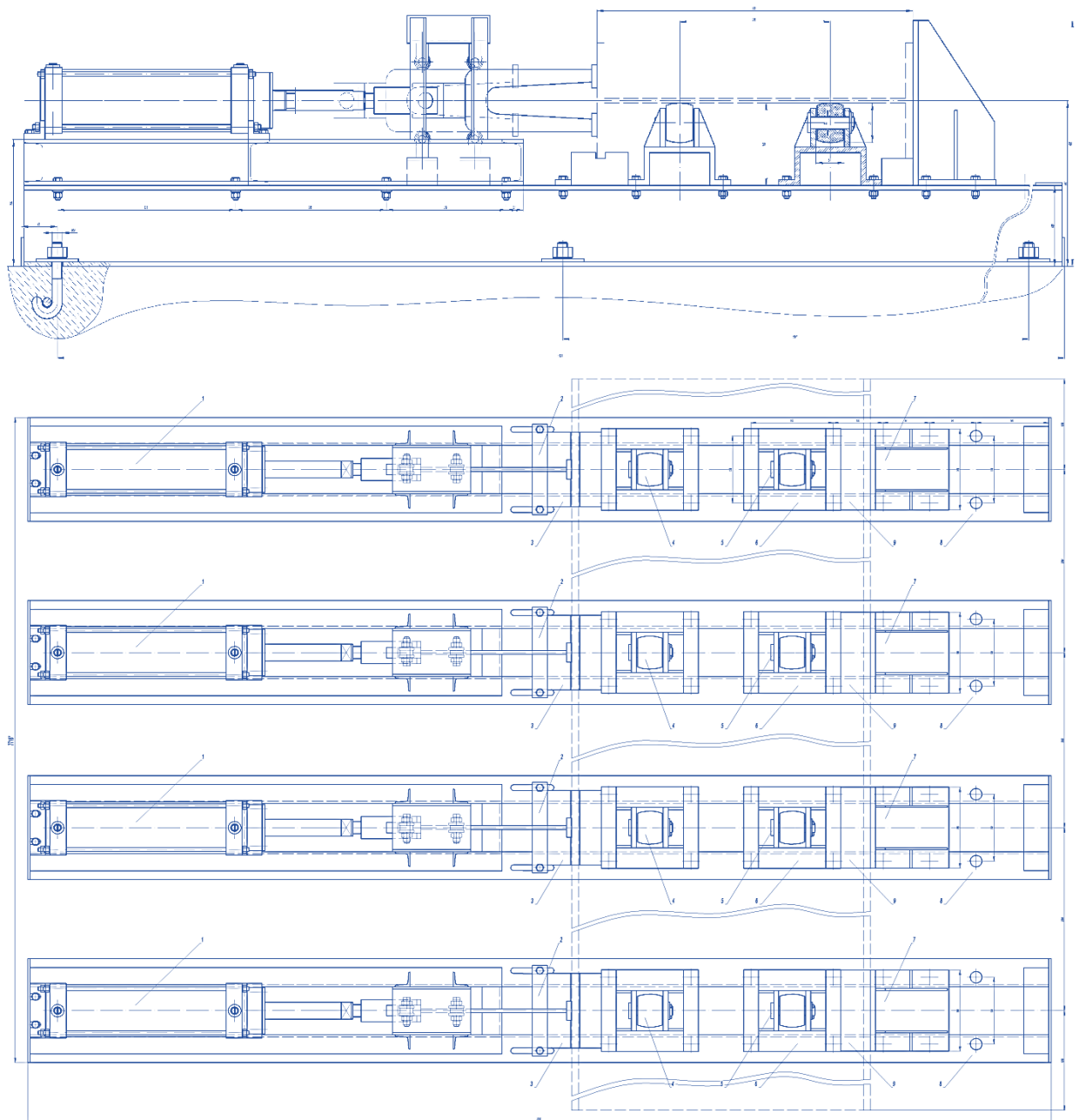


Рис. 4.1-Схема складально-зварювального кондуктора

Складально-зварювальний кондуктор складається з постійних опорних упорів та рухомих притискачів змонтованих на одній плиті (рамі). Рухомі притискачі приводяться в дію за допомогою пневмоциліндрів. Конструкція рухомого притискача дозволяє встановлювати його на необхідну відстань відносно постійного упора, який розташований навпроти. Це конструктивне рішення дозволяє застосовувати даний кондуктор як при виготовленні лонжеронів змінного перерізу так і при виготовленні зварних двотаврових і коробчастих балок. дозволяє застосування даного кондуктора

Переміщення рухомого притискача-упора здійснюється по напрямних які закріплені на фундаментній рамі та фіксуватися за допомогою вставних пальців.

Нерухомі постійні упори прикріплені до фундаментної рами за допомогою кронштейнів. Кронштейни і супорти обладнані електромагнітами, на які укладається стінка складаного. Для налагоджування стенду на задану ширину полиць служать змінні заставні сухарі, на яких укладаються полиці лонжерона. За допомогою притискачів-упорів забезпечується точна вертикальність лінії притискання полиці до стінки.

Враховуючи допусками на складання двотаврових лонжеронів розміри заставних сухарів повинні бути витримані з такою точністю, щоб можливе зміщення осі симетрії поясу відносно осі стінки не перевищувало 2...4 мм.

Пневмопритискачі-упори розташовуються на відстані 750 мм один від одного, і розвивають зусилля притиску по 20 кН.

В основу конструкції такого затискного пристрою покладений принцип еластичного (клавішного) притиснення гнучких елементів до жорсткого елемента. Цим забезпечується щільне з'єднання полиць із кромками стінки по всій довжині незалежно від кривизни кромки, в тому числі, незалежно від перерізу лонжерона. Таким чином, клавішне притиснення під час складання дозволяє копіювати кромку жорсткого елемента і уникати неприпустимих зазорів в стику.

Після встановлення та фіксування поясів та полиці лонжерона

здійснюють зварювання одночасно двох кутових швів за допомогою зварювального автомата АДГ-630. Після зварювання лонжерона проводять складання самої рами напівпричепа-контейнеровоза. Для цього застосовують універсальний складальний кондуктор (рис. 4.2) [16].



Рис. 4.2 Універсальний кондуктор складання рам [14]

Конструкція даного кондуктора виконана таким чином, що він легко переналагоджується на інший типорозмір рами. Складання рам в даному кондукторі здійснюється наступним чином: спочатку встановлюють поперечні балки рами та фіксують їх за допомогою пневматичних притискачів на необхідній відстані одна відносно іншої, а також регулюють їх розташування відносно вертикальної стінки лонжерона. Після встановлення поперечних балок встановлюють лонжерони та за допомогою пневмопритискачів притискають до балок та фіксують. Після цього проводять часткове зварювання та прихоплення складальних одиниць рами. Така конструкція кондуктора дозволяє забезпечувати точність та якість складання рами.

Складену на прихопленнях та частково зварену раму переміщують в кільцевий кондуктор (рис. 4.3). Конструкція кільцевого кантувача дозволяє

фіксувати та обертати складену раму в зручне для зварювання положення та мінімізувати її прогини від власної ваги при виготовленні.



Рис. 4.3. Загальний вигляд зварювального кантувача [14]

4.2 Розрахунок сили притиску лонжерона в кондукторі

Розрахунок зусиль притискання проводимо згідно літератури [15].

Вихідним даними є:

довжина лонжерона $L = 13$ м;

матеріал лонжерона – сталь ВСт3сп,

межа текучості $\sigma_t = 590$ МПа,

модуль пружності $E = 2,1 \times 10^5$ МПа,

висота стінки $h_c = 600$ мм,

товщина стінки $\delta_c = 8$ мм,

ширина полиці $b_p = 160$ мм,

товщина полиці $\delta_p = 16$ мм,

режим зварювання – $I = 376$ А, $U_d = 40$ В, $V_{зв} = 1$ см/с, $\eta = 0,8$,

катет шва $K = 8$ мм.

залишкова кутова деформація $tg \alpha = 0,01$.

Визначаємо центр ваги лонжерона:

Статичний момент перерізу балки

$$S_x = b_n \delta_n \frac{\delta_n}{2} + h_c \delta_c \left(\frac{h_c}{2} + \delta_n \right) \quad (4.1)$$

$$S_x = 16 \cdot 2 \cdot \frac{1,6}{2} + 60 \cdot 1 \left(\frac{60}{2} + 1,6 \right) = 1921 \text{ см}^3.$$

площа перерізу балки

$$F = h_c \delta_c + b_n \delta_n \quad (4.2)$$

$$F = 60 \cdot 1 + 16 \cdot 2 = 92 \text{ см}^2$$

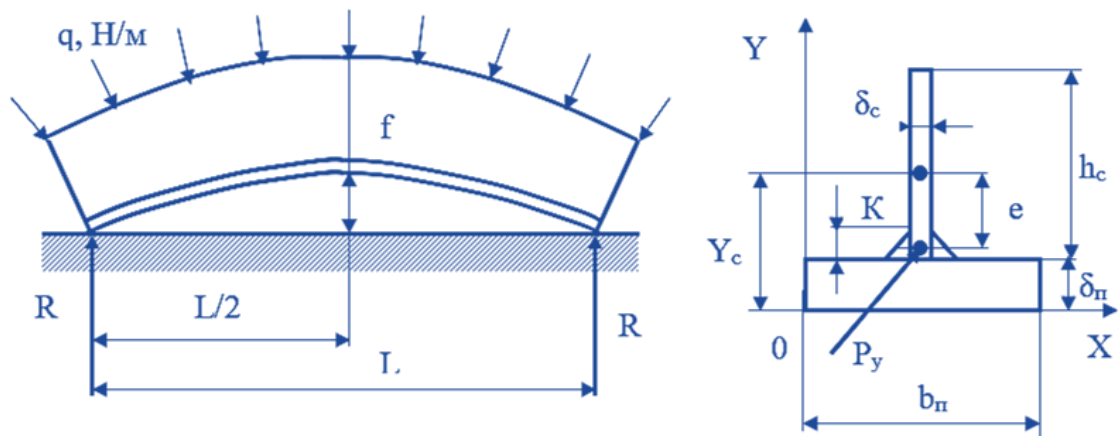


Рис. 4.4. Розрахункова схема притиску балки в кондукторі [15]

центр ваги балки

$$Y_c = \frac{S_x}{F} = \frac{1920}{92} = 20,8 \text{ см.} \quad (4.3)$$

Ексцентриситет прикладання усадочної сили

$$e = Y_c - \left(\frac{1}{3}K + \delta_n\right) = 20,8 - \left(\frac{1}{3}0,8 + 1,6\right) = 18,9\text{см.} \quad (4.4)$$

Теплова потужність зварювальної дуги

$$q = IU_d\eta = 376 \cdot 33 \cdot 0,8 = 9926,4\text{Вт.} \quad (4.5)$$

Величина усадочної сили від зварювання двох поясних швів

$$P_{y2} = 1,15 \cdot 17 \frac{q}{V_{36}} = 1,15 \cdot 17 \cdot \frac{9926,4}{1,0} = 194061,12\text{Н.} \quad (4.6)$$

Розподілене навантаження на балку

$$q = 9,6 \frac{P_{y2} \cdot e}{L^2} = 9,6 \frac{194061,12 \cdot 18,9 \cdot 10^{-2}}{13^2} = 19842,45 \text{ Н/м.} \quad (4.7)$$

Зосереджена сила, що діє на всю балку

$$Q = q \cdot L = 19842,5 \cdot 13 = 257951\text{Н.} \quad (4.8)$$

Опорні реакції на кінцях балки, закріпленої в кондукторі

$$R = \frac{Q}{2} = \frac{257951}{2} = 128975\text{Н.} \quad (4.9)$$

Визначимо сили на притискачах кондуктора для складання та зварювання балок у випадку утворення «грибоподібності» полиці при зварюванні поясних швів.

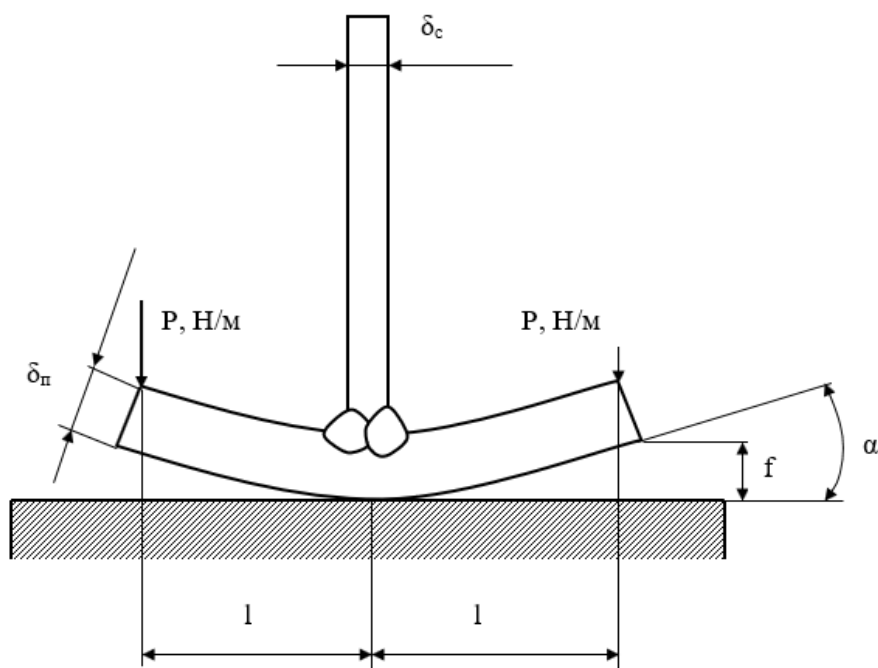


Рис. 4.5 Розрахункова схема визначення сил притиску при виникненні кутових деформацій після зварювання поясних швів [15]

Визначаємо критичне значення кутової деформації

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{кр}} = \frac{2 \cdot l \cdot \sigma_{\text{дон}}}{3 \cdot E \cdot \delta} = \frac{2 \cdot 160 \cdot 10^{-3} \cdot 590 \cdot 10^6}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 0,008} = 0,037. \quad (4.10)$$

Якщо $\alpha < \alpha_{\text{кр}}$, то погонна сила притиску

$$P = \frac{\delta^3 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot E}{4 \cdot l^2}. \quad (4.11)$$

$$P = \frac{0,008^3 \cdot 0,01 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10^6}{4 \cdot 0,16^2} = 10\,500 \text{ Н/м}.$$

Тоді, сила притиску всієї полиці зварюваної балки

$$Q = 2P = 2 \times 10\,500 = 21\,000 \text{ Н/м}. \quad (4.12)$$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Заходи захисту від ураження електричним струмом

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

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

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

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

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

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

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

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

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

Захисному заземленню підлягають металеві не струмоведучі частини обладнання, котрі через несправність ізоляції можуть опинитися під напругою і до котрих можливий дотик людей [16].

5.2 Розрахунок штучного освітлення для спроектованого цеху

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

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

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

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

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

Забарвлення стін доцільно виконувати спеціальними фарбами, що мають високий коефіцієнт віддзеркалення для видимої частини спектру і низький коефіцієнт - для ультрафіолетових променів [16].

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

Розрахунок проводиться за формулою:

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

де Φ – світловий потік, потрібний для забезпечення заданої освітленості, ЛМ;

E_n – нормова освітленість, лк;

S – площа приміщення, м²;

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

K_3 – коефіцієнт запасу, ($K_3=1,5$);

N – кількість ламп;

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

Індекс приміщення i знаходимо за формулою:

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

де S – площа ділянки цеху, m^2 ;

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

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

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

За таблицею знаходимо відповідні значення I : $I_c=70 \%$; $I_{cm}=50 \%$; $I_p=30 \%$.

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

Необхідну кількість ламп визначаємо за формулою:

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

де E_n – світловий потік лампи;

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

Приймаємо 16 штук.

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

- світловий потік – $E_{\text{л}}=2105$ ЛМ;
- довжина лампи – $L=1,213$ м;
- потужність – $P=40$ Вт;
- діаметр лампи – $d=0,04$.

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

- довжина – 1,3 м;
- ширина – 0,27 м.

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

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

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

5.3 Підвищення стійкості інженерно-технічного комплексу об'єкта до ударної хвилі

Інженерно-технічний комплекс будь-якого підприємства включає в себе: будівлі споруди, технологічне обладнання і комунікації, електромережі, тепломережі, водопровід, каналізацію і газопровід [17].

Від стійкості будівель і споруд залежить в основному стійкість всього об'єкту. Підвищувати стійкість всіх будівель і споруд не потрібно, так як це пов'язано з великими матеріальними затратами, які не завжди будуть виправдані. Головним чином, потрібно підвищувати міцність найбільш важливих елементів виробництва, від яких залежить робота всього

підприємства, але стійкість яких нижча загальної границі стійкості. Підвищення стійкості будівель і споруд досягається встановленням додаткових зв'язків між несучими елементами, будовою каркасів, рам, підкосів, опор для зменшення прольоту несучих конструкцій, а також за рахунок застосування більш міцних матеріалів.

Низькі споруди, для підвищення їх міцності, частково обсипаються ґрунтом. Високі споруди (труби, башти, колони) закріплюються розтяжками, які розраховані на певні навантаження.

Захист ємкостей для зберігання легкозаймистих рідин може здійснюватися побудовою підземних сховищ, заглибленням їх в ґрунт, а збільшення механічної міцності ємкостей – встановленням ребр жорсткості.

Надійно захистити все технологічне обладнання від дії ударної хвилі практично неможливо. Захист обладнання необхідний, якщо воно здатне при руйнуванні частини підприємства випускати особливо цінну продукцію і його необхідно зберегти для подальшого використання. Захист обладнання входить в загальний комплекс інженерно-технічних заходів по підвищенню стійкості роботи підприємства. Потрібно створювати запаси деталей і вузлів технологічного устаткування, а також виготовляти захисні конструкції і застосовувати їх в період загрози нападу ворога для запобігання виходу з ладу устаткування при обвалі конструкцій будівель [17].

Для сучасних підприємств характерна велика кількість комунікацій для подачі води, електроенергії, пари, газу, які розміщені відкрито на високих естакадах або зовнішніх стінах будівель, що полегшує їх регулярний огляд і ремонт, але з другого боку значно знижує стійкість до дії ударної хвилі ядерного вибуху.

Для підвищення надійності комунікацій потрібно: заглиблювати основні комунікаційно-енергетичні мережі і технологічні комунікації або розміщувати їх на низьких естакадах та обвалькувати землею; збільшувати механічну міцність трубопроводів за рахунок встановлення ребр жорсткості, хомутів, які з'єднують два-три трубопроводи в один пучок.

Система електрозабезпечення займає значне місце на промисловому підприємстві, тому останнє повинно мати два джерела живлення – основне і аварійне. Для запобігання виходу з ладу електричних мереж потрібно встановлювати пристрої автоматичного відключення їх при утворенні перенапруг, які можуть бути створені електромагнітними полями, що виникають при ядерному вибуху.

При пошкодженні джерел газозабезпечення або газопроводів на великих підприємствах знаходяться підземні ємкості - газгольдери постійного об'єму. Газові мережі прокладають під землею і підводять до об'єкту з двох напрямків. Для запобігання руйнуванню газових мереж їх забезпечують пристроями для автоматичного відключення ділянок газопроводу.

Стійкість роботи промислових об'єктів визначається також стійкістю систем парозабезпечення і теплозабезпечення. Промислові об'єкти повинні мати два джерела пари і тепла - зовнішнє (ТЕЦ) і внутрішнє (місцеві котельні).

Важливе значення має створення стійкості системи водозабезпечення об'єкту. Промисловий об'єкт повинен забезпечуватись водою не менше ніж від двох джерел - основних і резервних. Одне із джерел повинно бути підземним. Мережі водозабезпечення прокладаються в землі і обладнуються засувками для відмикання окремих ділянок при аварії.

Щоб підвищити стійкість каналізації об'єкта потрібно створити роздільні системи каналізації – одну для дощових, другу для промислових і господарських вод, Система каналізації об'єкта повинна мати аварійні викиди в річку або в дощову мережу.

ВИСНОВКИ

В даній роботі розроблено технологічний процес виготовлення рами напівпричепа-контейнеровоза із перфорованих лонжеронів.

З метою обґрунтування застосування двотаврових лонжеронів з перфорованою вертикальною стінкою для виготовлення рами було проведено порівняльні дослідження напружено-деформівного стану конструкцій рами з лонжеронами з суцільною стінкою в програмі SolidWorks Simulation.

Отримані результати моделювання показали, що застосування полегшеної конструкції лонжеронів (перфорованих) дозволяє зменшити масу рами на 8- 12 % при незмінних параметрах лонжерона. На основі цього було встановлено, що застосування такого типу лонжеронів дозволить підвищити вантажопідйомність самої рами та збільшити вагу перевезеного вантажу.

Для її виготовлення запропоновано механізовані та автоматизовані складально-зварювальні пристосування та сучасне зварювальне обладнання. Це дозволить підвищити ефективність виробництва та якісні показники рамної конструкції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кашканов А.А., Ребедайло В.М. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту: конструкція. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 164 с.
2. http://www.s-metall.com.ua/spravochnik_stalej.html
3. Марочник сталей и сплавов / Колосков М.М., Долбенко Е.Т., Коширский Ю.В. и др.; под общей ред. Зубченко А.С. - М.: Машиностроение. - 2001. – 627 с.
4. Теория сварочных процессов [Текст]/ Под ред. В.М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 752 с.
5. Кривов, Г.О. Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Кривов, Г.О., Зворикін, К.О. – К.:КВІЦ, 2012.-896 с.
6. Думов С.И. Технологияэлектрической сварки плавлением : учеб. / С.И. Думов. – Л.: Машиностроения, 1987. – 640 с.
7. Акулов, А. И. Технология и оборудования сварки плавлением. Учебник для студентов вузов/ А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич. – М.: «Машиностроение», 1977. – 432с.
8. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник. – К.: Основа, 2021. – 400 с.
9. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навч. посібник / О.М. Костін – Миколаїв: НУК, 2004. –225 с.
10. Быковский О. Г., Петренко В. Р., Пешков В. В. Справочник сварщика. М.: Машиностроение, 2011. — 336 с.
11. <https://kzeso.com/en/>
12. <https://svartech.com.ua/>
13. <http://intron-set.com.ua>
14. <https://tvagonm.com.ua/catalog/>

15. Бедрій Я.І. Охорона праці: навчальний посібник.- К.:Цул, 2002.- 322с.
16. Стеблюк М.І. С79 Цивільна оборона. Підручник. – К.: Знання, 2006 – 487 с.
17. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві Навчальний посібник. / О.Г. Левченко – К.: Основа, 2010. – 240 с.

ДОДАТКИ