

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему **«Розробка технології виготовлення заднього борта
вантажного автомобіля КраЗ-65055 в умовах дрібносерійного
виробництва»**

Виконав: студент групи Маш-42сп

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Садовий Тарас Юрійович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович
(Прізвище та ініціали)

Львів-Дубляни 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Освітній ступінь «Бакалавр»

Спеціальність 133 - Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Машинобудування
(назва кафедри)

(підпис)
професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ
(прізвище та ініціали)

“ ____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту

Садовому Тарасу Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розробка технології виготовлення заднього борта вантажного автомобіля КрАЗ-65055 в умовах дрібносерійного виробництва»

Керівник роботи _____ к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛНУП від 25 лютого 2025 року №123/к-с

2. Строк подання студентом роботи до “ ____ ” _____ 20__ року

3. Вихідні дані до робіт: довідкова література, характеристики конструкційних матеріалів, робочі креслення ковпів екскаваторів та навантажувачів, каталоги зварювального обладнання, технологічної оснастки та інструменту, методики розробки технологічних процесів, типові технологічні процеси ручного електродугового зварювання, методики розрахунку режимів зварювання, інструкції з охорони праці, довідкові дані з нормування праці та методики визначення затрат на виробництво.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1. Огляд та аналіз об'єкта виробництва; 4.2. Конструктивна частина; 4.3. Технологічна частина; 4.4. Охорона праці; 4.5. Економічна оцінка технології.

5. Перелік графічного матеріалу:

Графічні матеріали до роботи виконати у вигляді презентації в середовищі PowerPoint обсягом 10-12 листів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		Завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Швець О.П. доц. каф. машинобудування			
4	Городецький І.М. доц. каф. інженерної механіки			

7. Дата видачі завдання “ ____ ” _____ 20__ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Огляд та аналіз об'єкта виробництва	21.03.25	
2	Конструктивна частина	04.04.25	
3	Технологічна частина	25.04.25	
4	Охорона праці	02.05.25	
5	Економічна оцінка технології	16.05.25	
6	Оформлення пояснювальної записки	30.05.25	
7	Оформлення графічної частини	16.06.25	

Студент

_____ Садовий Т. Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Швець О.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Садовий Т. Ю. «Розробка технології виготовлення заднього борта вантажного автомобіля КрАЗ-65055 в умовах дрібносерійного виробництва». / Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, 2025. 56 с.

Проведено аналіз особливостей конструкції заднього борта автомобіля КрАЗ-65055. Проаналізовано можливі технологічні матеріали та обґрунтовано вибір необхідного прокату для виготовлення елементів зварної конструкції. Перевірено роботоздатність елементів кріплення борта до кузова автомобіля. Запропоновано технологію складання та зварювання борта методом механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу. Підібрано необхідне технологічне обладнання та визначено параметри його роботи. Для всіх основних технологічних операцій виконано їх нормування з визначенням затрат штучно-калькуляційного часу. Описано особливості контролю якості виконання робіт. Розглянуто питання охорони праці під час виконання зварювальних робіт. Визначено показники економічної ефективності запропонованої технології.

Табл. 15; рис. 16; бібліогр. джерел 28; дод. 1.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ВИРОБНИЦТВА	7
1.1 Види автосамоскидів та сфера їх застосування	7
1.2 Класифікація самоскидних кузовів	9
1.3 Конструкція кузова самоскида	10
1.4 Аналіз конструкційних схем вантажних платформ самоскидів	12
1.5 Особливості організації дрібносерійного виробництва	14
Висновки за розділом	15
2 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	16
2.1 Аналіз конструкції заднього борта автомобіля КрАЗ-65055	16
2.2 Характеристика матеріалу конструкції	18
2.3 Аналіз конструкції зварних з'єднань	18
2.4 Перевірка міцності елементів кріплення борта до кузова	21
2.5 Перевірка міцності з'єднання елементів кріплення з бортом	23
Висновки за розділом	24
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	25
3.1 Технологія виконання заготівельних операцій	25
3.2 Вибір способу зварювання	27
3.3 Вибір зварювальних матеріалів	28
3.4 Розрахунок параметрів режимів зварювання	29
3.5 Вибір зварювального обладнання	32
3.6 Визначення норм часу на зварювання	34
3.7 Контроль та виправлення браку	38
Висновки за розділом	40
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	41
4.1 Аналіз потенційно можливих та небезпечних факторів, які можуть виникнути на робочому місці під час проведення досліджень	41
4.2 Моделювання виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків	42

4.3	Розробка заходів щодо зниження впливу шкідливих та небезпечних факторів	44
	Висновки за розділом	48
5	ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ	49
	Висновки за розділом	52
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	53
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	54
	ДОДАТКИ	57

ВСТУП

В даний час в нашій країні існує значна потреба у вантажному транспорті, зокрема будівельних автосамоскидах, робота яких суттєво впливає на ефективність промислового, дорожнього та житлового будівництва, розвиток паливно-енергетичного комплексу та сільськогосподарського виробництва. Поряд з завданням збільшення ефективності виробництва та ремонту даних транспортних засобів перед виробниками та ремонтними підприємствами стоїть завдання зниження їх металоємності, підвищення якості, надійності, ресурсу та конкурентоспроможності на ринку. Проблема підвищення надійності та збільшення ресурсу автомобілів є частиною загальної проблеми безпеки та регулярності роботи транспорту, а також його економічної ефективності.

Виконання зростаючих вимог до надійності, ресурсу та металомісткості кузовної частини автосамоскидів може бути досягнуто за рахунок розробки раціональних конструкцій, усунення надлишкових запасів міцності, максимального використання можливостей матеріалу та технології.

Внаслідок дії ударних навантажень та образивного зносу елементи кузова автосамоскида, такі як бічні та задній борти, можуть виходити з ладу та підлягають повній заміні. Різноманітні підприємства, які експлуатують таку техніку, намагаються на своїй території організувати виробництво запасних елементів кузова, зокрема заднього борта.

Метою даної роботи є розробка технології збирання та зварювання заднього борту автосамоскида КрАЗ 65055. Практичне значення роботи полягає в тому, що її результати можна безпосередньо використовувати під час проектування та виготовленні заднього борту автосамоскида в умовах АТП, СТО та інших ремонтних підприємств.

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ВИРОБНИЦТВА

1.1 Види автосамоскидів та сфера їх застосування

Автосамоскид - це практичне і зручне рішення при необхідності виконання транспортування сипучого вантажу (пісок, гравій, ґрунт). Також за допомогою автосамоскида зручно вивозити з будівництва сміття або сніг.

Основною технічною характеристикою автосамоскида, яка відрізняє його від інших різновидів вантажівок, вважається самоперекидається кузов, що дозволяє здійснювати розвантаження машини у мінімальний термін та без залучення допоміжних одиниць спецтехніки, а також робочої сили.

Всі автосамоскиди відрізняються за такими характеристиками: вантажопідйомність; сферу використання; вид осевого навантаження; тип кузова; габарити.

Кар'єрні автосамоскиди застосовуються там, де необхідна висока прохідність – у гірничих роботах, видобутку копалин. Автосамоскид має вантажопідйомність 40 тон, обладнаний механізмом заднього розвантаження. Відмінний прохідністю автосамоскид має завдяки парі осей, а також задньому приводу. Автосамоскид, які задіяні в підземних роботах автосамоскид особливо ефективно працює в умовах дуже обмеженого простору (шахти, тунелі). Власне там цю модифікацію машини та використовують. Автосамоскид призначений для вивезення розпушених чи підірваних порід [14].

Зчленовані автосамоскиди мають більш високу прохідність, ніж кар'єрні. Використовується даний автомобіль у будівельних, кар'єрні роботи. Автосамоскид обладнується шарнірно-зчленованою рамою, а також трьома осями з усіма провідними колесами. Сільськогосподарські автосамоскиди Характерною особливістю такого автосамоскида, який використовується в галузі сільського господарства, вважається можливість транспортування великогабаритного, однак порівняно легкого вантажу (сіно, корми) [18].

На будівництві необхідні автосамоскиди, які здатні транспортувати досить важкі сипучі вантажі (пісок, гравій). Будівельний автосамоскид обладнується

заднім розвантаженням, іноді воно буває двосторонній. Окрім інших особливостей, автосамоскиди можуть комплектуватись краном. Основним призначенням цих машин є перевезення різних (переважно сипких) вантажів. Автосамоскиди застосовуються на будівництві, на розробках корисних копалин (у кар'єрах), сільське господарство. Вони значно спрощують роботу, розвантажуючи пісок, щебінь та інші матеріали всього за пару хвилин. Сфера їх застосування, можна сказати, дуже величезна. Автосамоскидом називається вантажний автомобіль, який може виконувати автоматичне розвантаження за допомогою перекидання кузова. Кузов буває виконаний як платформа, або за типом бункер. Різним може бути і тип розвантаження: бічний, задній, двосторонній або на всі боки. Існують також автосамоскиди, для розвантаження яких потрібно піднімати весь автомобіль, робиться це за допомогою телескопічних витягів [18].

За вантажопідйомністю автосамоскиди можна розділити на п'ять категорій:

- малу вантажопідйомність до 1 тони;
- малу вантажопідйомність до 2 тон;
- середньої вантажопідйомності до 5 тон;
- Вантажопідйомністю від 5 до 10 тон.
- підвищеною вантажопідйомністю, здатні перевозити понад 10 тон вантажу.

В Україні автосамоскиди виробляються Кременчуцьким автомобільним заводом. Автосамоскид моделі КрАЗ-65055 показаний на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд автосамоскид моделі КрАЗ-65055

Основні габаритні розміри автомобіля показані на рис. 1.2 [17].

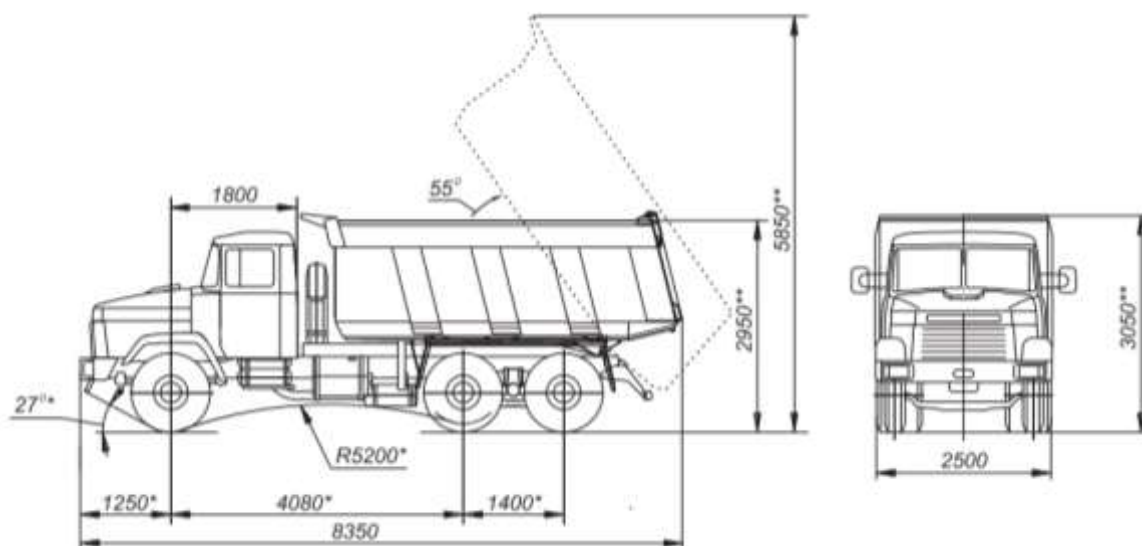


Рисунок 1.2 – Габаритні розміри автосамоскида моделі КрАЗ-65055

* розміри вказані для повної маси автомобіля;

** розміри для автомобіля в спорядженому стані

Автосамоскид КрАЗ-65055 призначений для перевезення різних сипучих будівельних та промислових вантажів загальною масою до 18000 кг. Має колісну формулу 6х4.

Платформа - суцільнометалева з похилим переднім бортом, зварена, ковшового типу, захищена козирком, що закриває простір між кабіною і платформою, має похилий задній борт, який може відкриватися.

Автомобіль забезпечений механізмом підйому та опускання платформи. Управління механізмом електропневматичне, дистанційне з кабіни водія.

Гідроциліндр – телескопічний, чотириступінчастий.

Передбачено обігрів платформи відпрацьованими газами з метою запобігання примерзанню вантажу [16].

1.2 Класифікація самоскидних кузовів

В конструкціях вантажних самоскидів існує багато варіантів вантажних платформ, які можна розділити за принципом і призначенням. Під час проектування платформ самоскидів враховують транспортні властивості сипких

(навальних, напіврідких) вантажів, їх щільність, сипучість, липкість, структуру та інші властивості. Ці властивості вантажів в подальшому визначають форму і розміри кузова. Так, корисний об'єм кузова визначають виходячи з щільності основних вантажів, для перевезення яких призначений самоскид даної моделі.

Головною характеристикою кузова самоскида, за якою можна класифікувати кузовну платформу самоскида, це сторона розвантаження і розташування підіймального гідравлічного циліндра, який забезпечує можливість перекидання кузова [18].

Усі вантажні платформи самоскидів можна розділити за призначенням:

- самоскидні кузови загального призначення;
- кузови для відкритих і закритих гірських робіт;
- кузова для самоскидів з причепами.

В межах даної класифікації існує великий список різних спеціалізацій. Серед них самоскидні кузови для металургії та перевезення гарячого шлаку, самоскиди для комунальних робіт, кузови для перевезення бітуму, піску, нафтового сланцю, шламу, бетонних розчинів, сільськогосподарської продукції, рідин тощо.

Самоскиди також відрізняються за напрямком вивантаження: назад або убік, універсальні, двостороння або багатосторонні.

1.3 Конструкція кузова самоскида

Самоскидний кузов – це основний елемент спеціальної саморозвантажувальної техніки. Він являє собою залізну конструкцію, встановленому на шасі автомобіля. Основна його особливість – це можливість нахилитися кузов. Однак, існують і інші варіанти, де кузов є жорстко закріплений на рамі, а розвантаження відбувається завдяки механізму виштовхування. Перекидні кузови можуть встановлюватися на шасі вантажного автомобіля, напівпричепа, причепа. Головне їх призначення - перевезення вантажів, які не потребують тари, можуть завантажитися безпосередньо в кузов та вивантажуються методом перекидання кузова [14].



Рисунок 1.3 – Конструкція вантажної платформи самоскида

Конструкція кузова самоскида представляє собою відкритий, прямокутний, суцільнометалевий резервуар з рівною або дугоподібною (увігнутою всередину) платформою з глухими бічними або задніми бортами, або такими, що мають можливість відкриватися. На відміну від бортових вантажних кузовів, в самоскидах борт підвішується за зверхню частину на верхніх шарнірах. Така конструкція дозволяє бортам самим відкриватися під час вивантаження під впливом власної ваги або тиску вантажу, коли будуть розблоковані замки. При поверненні кузова на місце після розвантаження, борт стає на попереднє місце, з'єднується з кузовом і закривається розташованими знизу замками. Використання такого простого механізму дозволяє заощадити багато часу під час виконання розвантажувальних робіт.

Існують такі типи форм кузовів: прямокутна; напівеліптична; коритоподібна; ковшового типу; совкового типу (рис. 1.4) [14].

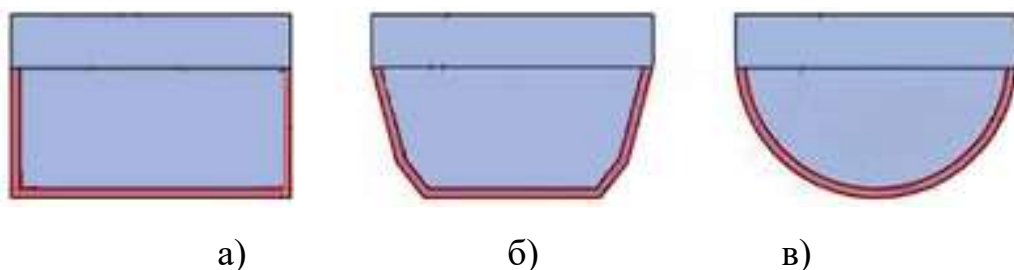


Рисунок 1.4 – Форми кузовів самоскидів

Прямокутний тип кузова має найбільший корисний об'єм. Але має і свої недоліки. Прямі кути такого кузова погано самоочищаються. Напівеліптична форма застосовувалася для перевезення бетону і розчину. Кузови самоскидів з такою формою володіють найкращим самоочищенням, однак мають невеликий об'єм і високий центру тяжіння. Коритоподібна форма – це щось середнє між прямокутною і напівеліптичною формою. У неї немає прямих кутів, стінки розташовані під кутом що покращує розвантажувальність та максимально використовується корисний об'єм.

1.4 Аналіз конструкційних схем вантажних платформ самоскидів

На рисунку 1.5 приведені принципові схеми найбільш поширених платформ самоскидів [14, 18]. На схемі (а) показано схему платформи з одностороннім розвантаженням назад.

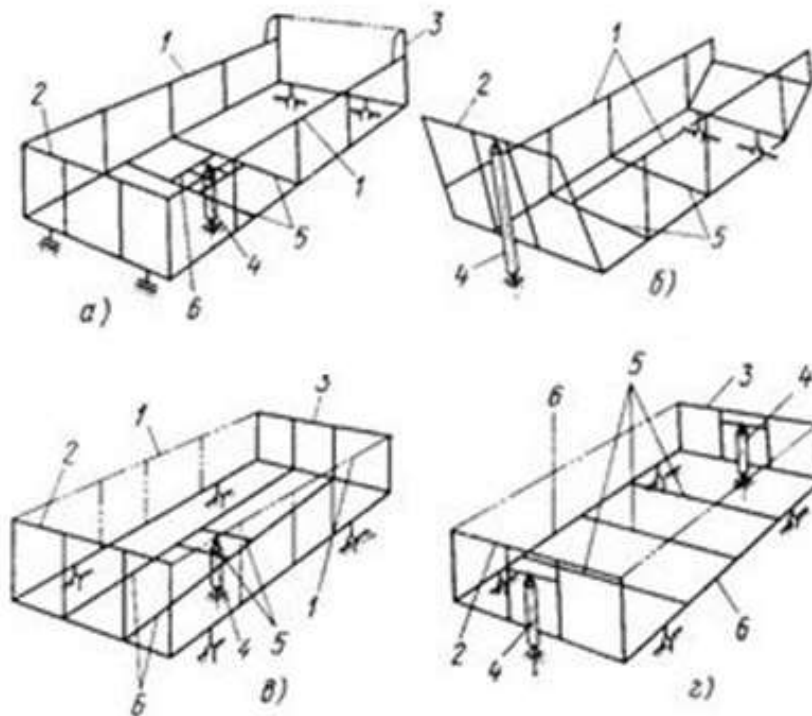


Рисунок 1.5 – Конструкційні схеми вантажних платформ самоскидів

Бічні борти 1 і передній борт 2 жорстко з'єднані між собою та з основою платформи і утворюють загальну несучу конструкцію. Задній борт 3 має можливість відкривається. Гідравлічний циліндр 4 розміщений під платформою.

Під час підймання кузова він опирається на раму, яка складається з поздовжніх 6 і поперечних 5 балок. Навантаження від гідроциліндра передається на несучі бічні борти 1. Це найбільш популярна схема, яка застосовується на легких сільськогосподарських самоскидах та комунальній техніці. Вона відрізняється простотою і низькою вартістю.

На схемі (б) показаний варіант платформи з одностороннім розвантаженням назад. На відміну від попередньої, гідроциліндр розташований спереду (між кабіною і платформою). Передній 2 і бічні 1 борти жорстко з'єднані між собою та з основою платформи. На платформах такого типу задній борт часто відсутній. Однак в них є задній скіс, який захищає від висипання вантажу кузова. Зусилля від гідроциліндра 4 під час підйому кузова передається на передній борт 2, а вже від нього на бічні борти 1 і поперечні балки 5 основи платформи. Це найбільш поширений варіант загальнопромислового кузова, який може виготовлятися з заднім бортом або без нього. Великий козирок який захищає кабіну водія від пошкодження. Такі кузови можуть мати конічну або ковшеву конструкцію підлоги.

На схемі (в) приведена схема платформи, яка має двостороннє розвантаження на бічні сторони. В ній передній борт 2 і задній 3 жорстко з'єднані з основою платформи. Бічні борти 1, які мають можливість відкриватися, в силовій конструкції участі не беруть. Гідравлічний циліндр 4 розташовують під платформою. При підйманні платформи він діє на поперечні 5 і поздовжні 6 балки основи платформи. Далі навантаження передається на несучі передній 2 і задній 3 борти. Вибір потрібного боку розвантаження визначається замками, які фіксують кузов з потрібної сторони. Такі кузови з бічним розвантаженням в разі наявності відкидного заднього борта перетворюються на тристоронній самоскидний кузов. Такі платформи ефективно використовуються в сільському господарстві та на будівництві під час перевезення піску, щебеню, керамзиту.

На схемі (г) показана кузов, який відрізняється від попередньої тим, що два гідравлічні циліндри 4 розташовані перед переднім 2 і за заднім 3 бортами. Навантаження від них передається на борти 2 і 3, а вже через них на поздовжні 6 і поперечні 5 балки. така схема формує перекидний пристрій для самоскида з

бічним розвантаженням на одну сторону. Дана конструкція не має відкидних бортів, а кузов являє собою чашеподібну жорстку герметичну конструкцію, яка дозволяє перевозити рідини, пульпу та рідкий бетон.

1.5 Особливості організації дрібносерійного виробництва

Вибір методів підготовки виробництва, планування діяльності підприємства, організація виробничих процесів та їх контроль в значній мірі залежать від характерних особливостей виробництва і його типу.

Типом виробництва називається комплексна характеристика технічних, організаційних та економічних особливостей машинобудівного підприємства, яка враховує обсяг та повторюваність випуску виробів. Тип виробництва має суттєвий вплив на виробничу структуру підприємства, характер виконання та оснащеність технологічних процесів.

Усі машинобудівні підприємства умовно поділяють на три основні організаційні типи:

- масове;
- серійне;
- одиничне.

Дрібносерійне виробництво – це тип виробництва з обмеженою номенклатурою однорідної продукції серіями або партіями, кількість яких залежить від розмірів замовлення. Зміна серій продукції призводить до зміни технологічної схеми, структури виробничих процесів, тривалості циклу. Зі зміною серії можуть змінюватися й умови виробництва, що, у свою чергу, потребує переналадки усього технологічного процесу. Якщо обладнання може переналагоджуватися протягом робочої зміни один або декілька разів, то таке виробництво називають дрібносерійним виробництвом.

У машинобудуванні дрібносерійне виробництво характеризується закріпленням за кожним робочим місцем від 20 до 40 операцій. Робочі місця на підприємствах дрібносерійного виробництва певною мірою спеціалізовані. При цьому відбувається переважно предметна їх спеціалізація – закріплення за

кожним із них декількох операцій для виготовлення деталей, обробка яких виконується партіями.

Однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій технологічного процесу за робочим місцем $k_{з.о.}$, який показує відношення числа всіх технологічних операцій, які виконуються протягом місяця, до числа робочих місць:

$$k_{з.о.} = \frac{O}{K_{рм}}, \quad (1.1)$$

де O – загальна кількість різних операцій, які виконуються на дільниці, шт;

$K_{рм}$ – кількість робочих місць (обладнання), на яких виконуються ці операції, шт.

У спеціальній літературі використовують наступні значення коефіцієнта закріплення операцій:

- масове виробництво $k_{з.о.} = 1$;
- крупно серійне $k_{з.о.} = 1 \dots 10$;
- середньосерійне $k_{з.о.} = 11 \dots 20$;
- дрібносерійне $k_{з.о.} = 21 \dots 40$.

Висновки за розділом

Проаналізувавши існуючі конструкції та особливості експлуатації вантажних платформ автомобілів-самоскидів, а також можливі фактори, які впливають на їх роботоздатність ми встановили, що основною частиною кузова, яка піддається ударним і знакозмінним навантаженням та абразивному впливу є задній борт автомобіля. Аналіз конструктивних схем вантажних платформ дозволяє встановити характер силового впливу на задній борт в процесі експлуатації самоскида, зокрема під час вивантаження вантажу.

2 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз конструкції заднього борта автомобіля КрАЗ-65055

Кузов вантажного самоскида КрАЗ-65055 виготовляють зі сталі підвищеної міцності. Він являє собою ковшеподібну зварну конструкцію, в передній частині якої (на передньому борту) розташований поміст. В задній частині кузова шарнірно кріпиться задній відкидний борт, ущільнений гумовою прокладкою. 3D-модель заднього борту автосамоскида КрАЗ-65055 представлена на рисунку 2.1.

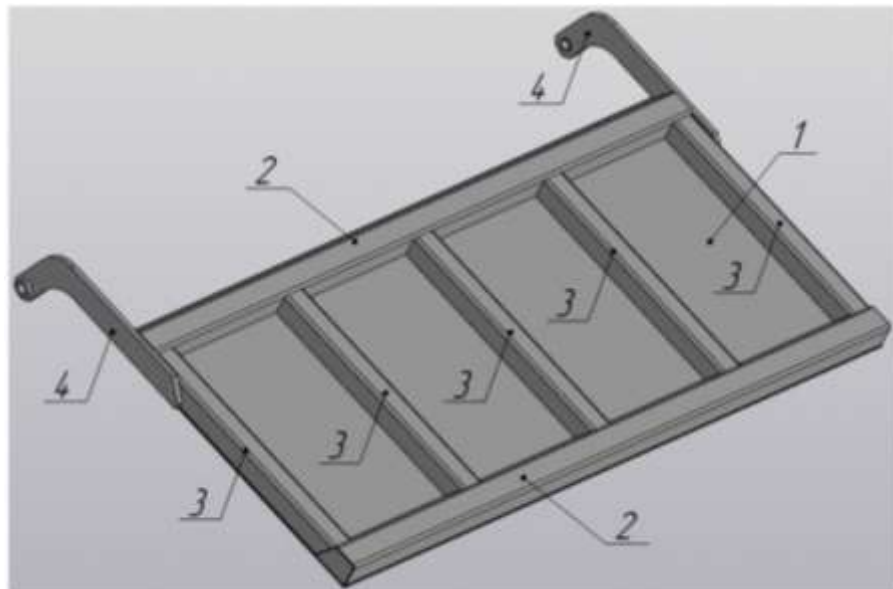
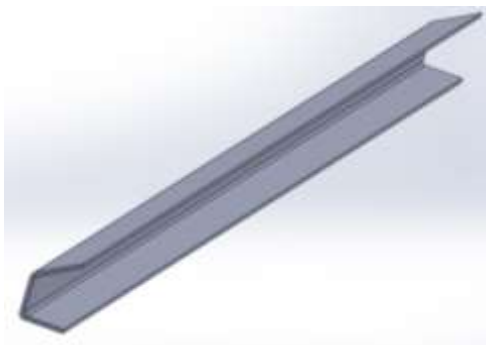


Рисунок 2.1 – Модель заднього борту автосамоскида

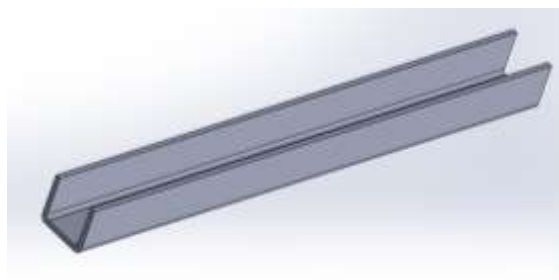
Задній борт (рис. 2.1) складається з наступних вузлів:

- 1 – основа-лист (1 шт.);
- 2 – поздовжні балки (2 шт.);
- 3 – ребра жорсткості (5 шт.);
- 4 – кріплення борту (2 шт.).

Основу борта вирізають з гарячекатаного сталюого листа 09Г2С12 розміром 8х2000х6000 мм. Розміри вирізаної заготовки мають становити 1055х2405 мм. З такого ж листа вирізаються заготовки, з яких методом холодного штампування виготовляють поздовжні балки та ребра жорсткості.



а)



б)



в)

Рисунок 2.2 - 3D-моделі деталей
борта автомобіля КрАЗ-65055

а - поздовжня балка;

2 – ребро жорсткості;

в – кріплення борта

Заготовки кріплення борта вирізають з листа 09Г2С12 розміром 1500х6000х20 мм [19].

Складальне креслення заднього борта показано на рис. 2.3.

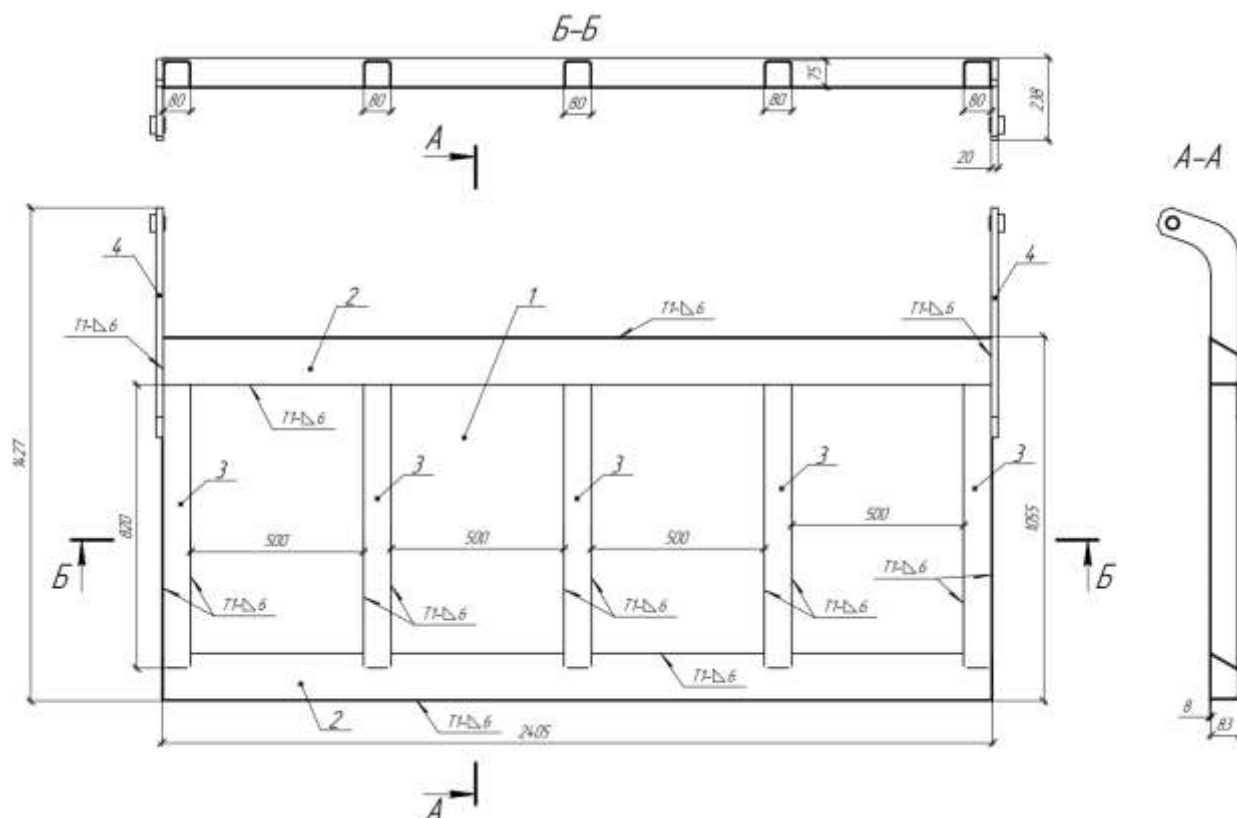


Рисунок 2.3 – Складальне креслення заднього борта автомобіля КрАЗ-65055

2.2 Характеристика матеріалу конструкції

Відповідно до [8], для виготовлення кузовів автосамоскидів використовується сталь 09Г2С. Вона відноситься до кремнемарганцевистих сталей. Наявність марганцю в таких сталях підвищує ударну в'язкість та холодноламкість, забезпечуючи задовільну зварюваність. Дозволяє отримати зварні з'єднання більш високої міцності при знакозмінних та ударних навантаженнях.

Термообробка значно покращує механічні властивості сталі, які, однак, залежить від товщини прокату. При цьому може бути досягнуто значне зниження порога холодноламкості. Хімічний склад та механічні властивості сталі 09Г2С наведені в таблицях 2.1 та 2.2, відповідно.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі за ДСТУ 7806:2015 [8]

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As	N
0,08- 0,12	0,5- 0,8	1,3- 1,7	Не більше						
			0,30	0,04	0,035	0,30	0,30	0,08	0,008

Таблиця 2.2 - Механічні властивості сталі 09Г2С за ДСТУ 7806:2015 [8]

Марка сталі	Механічні властивості сталі			
Сталь 09Г2С	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %
	350	500	21	55

Сталі цієї групи для виготовлення конструкції зазвичай застосовують у гарячекатаному стані та менше – після термообробки.

2.3 Аналіз конструкції зварних з'єднань

З аналізу складального креслення заднього борта автомобіля КрАЗ-65055 бачимо, що основним типом зварних швів, які використовуються під час складання металоконструкції є кутові та таврові шви. Розглянемо особливості їх конструкції докладніше.

Зварні кутові шви використовуються для з'єднання двох металевих виробів або профільних труб під кутом, меншим за 180° . Проте, дуже часто в конструкціях зварювані деталі розташовуються одна відносно одної під кутом в 90° . За такого розташування обидві полиці двотавра піддавалися однаковому навантаженню, що забезпечує більшу міцність конструкції [4].

Кутові зварні шви поділяють на декілька типів:

- напускові з'єднання;
- шов з примиканням країв в точці з'єднання;
- шов з прикладанням одного кінця до рівної площини (таврові);
- з'єднання з обробленням кромки і без неї.

Кутові зварні шви також розрізняють в залежності від способу їх накладання. Серед них розрізняють суцільні і переривчасті з'єднання. Також виділяються різновиди даних швів за довжиною: короткі (до 250 мм), середні (від 250 до 1000 мм) та довгі кутові шви протяжністю в 1000 мм і більше.

Перед початком виконання зварних швів, потрібно зробити підготовку сторін і стиків. Здійснюючи підготовку поверхонь для таврових з'єднань, слід враховувати, що одна із сторін конструкції, яка піддається зварюванню, утворює горизонтальну площину, а інша-вертикальну. Таким чином, між обома площинами утворюється прямий кут.

При Т-подібному (тавровому) з'єднанні, готувати кромку вертикальної площини треба виходячи з товщини листів, які зварюються. Якщо товщина металевих листів не перевищує 12 мм, то йому підготовку робити не потрібно. Якщо ж товщина деталей варіюється в проміжку від 12 до 25 мм, то на їх кромці потрібно зробити V – подібне підготовче обрізання (рис. 2.4). Якщо ж товщина заготовки, передбаченої для

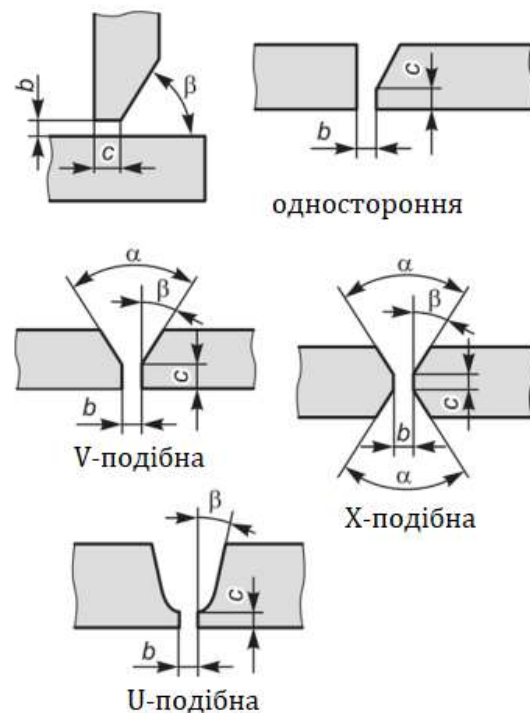


Рисунок 2.4 – Види підготовки кромки

вертикальної поверхні складає 25-40 мм, то в даному випадку треба виконувати U – подібні скоси кромek з одного боку. При товщині листа більше 40 мм, виконують скоси кромek з обох боків у вигляді букви V.

На відміну від таврового, напускові кутові з'єднання не вимагають ніякої підготовки кромek. Шви накладають на обидві сторони в кутах, що утворюються після того, як металеві листи будуть поєднані шляхом накладання один на одного.

У разі створення класичного кутового з'єднання (дві сполучені деталі з металу утворюють кут), потрібно обрізувати торець лише одного з елементів.

Процес кутового зварювання характеризується рядом відмітних особливостей. Розглянемо найбільш прийнятні способи, за допомогою яких здійснюється зварювання кутових з'єднань [5].

Якщо площина шва розташована внизу, то зварювати деталі краще за способом “у човник”. Такий метод дозволить отримати максимально якісний шов і він добре підходить для новачків у виконанні зварювальних робіт. Елементи виробу утворюють V – подібну форму, яка нагадує човен, звідси і назва методу.

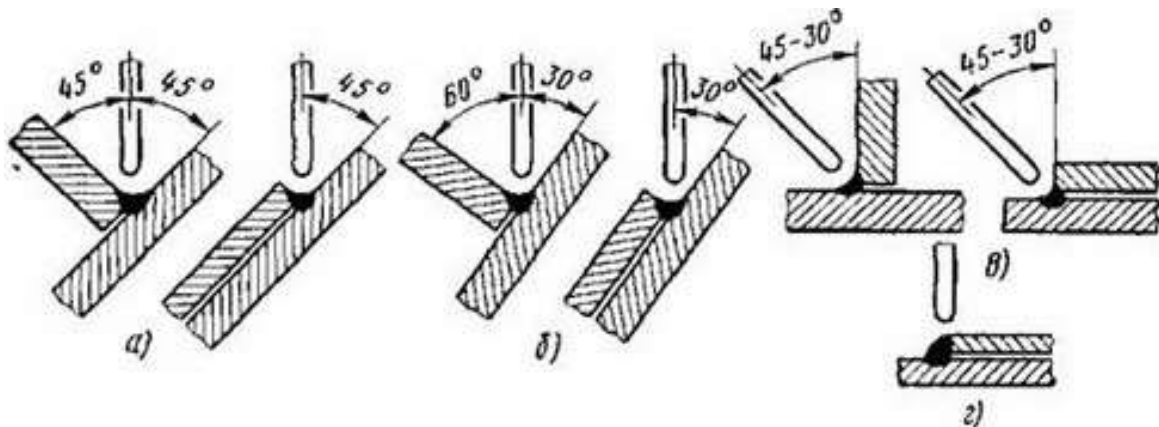


Рисунок 2.5 – Методи виконання кутових швів

а – в симетричний “човник”; б – в несиметричний “човник”; в – в кут;

г – з обплавленням кромek

При зварюванні “у човник” ризик утворення таких дефектів як: підріз кромek або непровар, практично зведений до нуля. Проте, такі умови для створення кутового шва, не завжди є можливими. Частенько, в місці з'єднання металевих виробів таврові зварні шви утворюються таким чином, що одна з

поверхонь знаходиться у вертикальному положенні, а інша - в горизонтальному. У подібній ситуації непросто отримати якісне з'єднання, оскільки у верхній частині кута і в горизонтальній площині шва деталь може не проваритися. На площині, розташованій вертикально, можуть з'явитися подрізи. Причиною їх виникнення може стати розплавлений метал, що стікає вниз.

Для того, щоб уникнути появи вищезгаданих дефектів, важливо вести електрод по лінії зварювання з легкими коливальними рухами.

Щоб виключити ризик непровару, збудження зварювальної дуги слід починати на відстані 3-4 мм від кромки катета на нижній горизонтальній площині. Після, дугу потрібно направити на верхню точку шва і затримати її там. Таким чином, можна отримаєте добре проварену деталь.

2.4 Перевірка міцності елементів кріплення борта до кузова

Елементи кріплення борта до кузова автомобіля – це г-подібні пластини 20x80 мм, виконані зі сталі 09Г2С. Ці пластини при варені до бокових ребер жорсткості борта, а за допомогою отворів у верхній частині вони кріпляться до бокових бортів кузова. Розрахункова схема приведена на рис. 2.6.

На елементи кріплення буде діяти навантаження, яке створюється вагою борта. Дане навантаження утворюється в момент відкривання борта, коли він перебуває у підвішеному положенні. Для визначення даного навантаження проаналізуємо креслення борта. Згідно з ним, вага зварної конструкції борта становить 164,8 кг, що створюватиме навантаження $G = 1,62$ кН.

Аналізуючи схему на рис. можна зробити висновок, що під дією навантаження G елементи кріплення будуть піддаватись

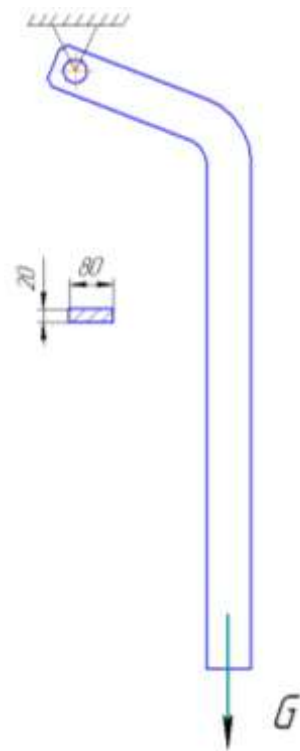


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема

деформації розтягу. Виходячи з цього міцність елементів кріплення борта будемо перевіряти за умовою міцності матеріалів на розтяг:

$$\sigma_p = \frac{G}{A} \leq [\sigma_p], \quad (2.1)$$

де G – навантаження, яке створюється вагою борта, Н;

A – площа поперечного перерізу елемента кріплення, мм²;

$[\sigma_p]$ – допустиме напруження розтягу матеріалу, МПа.

Знаючи поперечний переріз пластин елементів кріплення, площу їх поперечного перерізу можна визначити як:

$$A = a \cdot b = 20 \cdot 80 = 1600 \text{ мм}^2$$

Допустиме напруження розтягу для основного металу, можна визначити, знаючи характеристики матеріалу:

$$[\sigma_p] = 0,6 \cdot [\sigma_T], \text{ МПа} \quad (2.2)$$

де $[\sigma_T]$ – межа текучості основного металу (згідно з табл. 2.2 $[\sigma_T] = 350$ МПа) [26];

$$[\sigma_p] = 0,6 \cdot 350 = 210 \text{ МПа}$$

Враховуючи динамічні навантаження, які можуть виникати під час відкривання борта та вивантаження вантажу з кузова, вираз (2.1) можна записати наступним чином:

$$\sigma_p = \frac{G}{a \cdot b \cdot z} \cdot k_n \leq [\sigma_p], \quad (2.3)$$

де k_n – коефіцієнт, який враховує динамічні перевантаження;

z – кількість елементів кріплення, $z = 2$ шт.

Прийнявши $k_n = 1,5$, можна визначити зусилля розтягу:

$$\sigma_p = \frac{1,62 \cdot 10^3}{1600 \cdot 2} \cdot 1,5 = 0,76 \text{ МПа}$$

Тоді, умова міцності конструкції має вигляд:

$$0,76 \leq 210 \text{ МПа}$$

Як бачимо, розрахункові значення напруження розтягу в елементах кріплення борта є суттєво нижчими за допустимі, що підтверджує роботоздатність запропонованої конструкції та правильність вибору їх геометричних параметрів.

2.5 Перевірка міцності з'єднання елементів кріплення з бортом

Елементи кріплення борта до кузова автомобіля приварені до борта тавровим швом Т1 з катетом 6 мм. Розрахункова схема зварного з'єднання наведена на рис. 2.7.

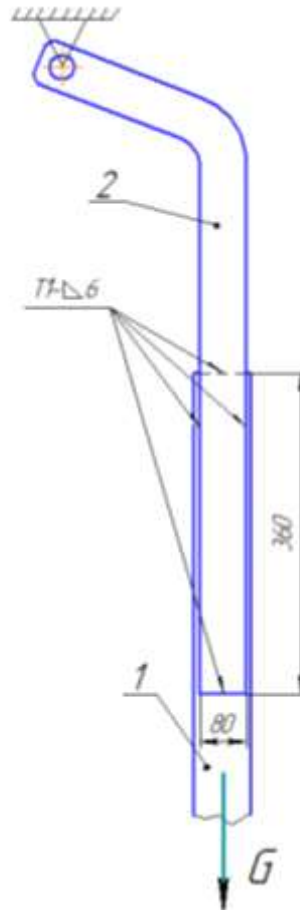


Рисунок 2.7 - Розрахункова схема зварного з'єднання

Такі шви розраховують на зріз за найменшою площею перетину, розташованою в бісекторній площині прямого кута поперечного перерізу шва:

$$\tau_{zp} = \frac{G}{(0,7 \cdot k \cdot l)} \leq [\tau_{zp}] \quad (2.4)$$

де τ_{zp} - розрахункове напруження зрізу в шві, МПа;

l - довжина шва, мм;

$[\tau_{zp}]$ - допустиме напруження шва на зріз, МПа.

$$[\tau_{zp}] = \frac{[\sigma_p]}{[s]}, \text{ МПа} \quad (2.5)$$

де $[s]$ - допустимий коефіцієнт запасу міцності ($[s] = 1,2 \dots 1,8$ для низьковуглецевих і $[s] = 1,5 \dots 2,2$ для низьколегованих сталей) [26].

Враховуючи значення, визначені за (2.3) визначимо:

$$[\tau_{зр}] = \frac{210}{1,5} = 140 \text{ МПа}$$

З рис. 2.7. встановимо:

$$l = (80 + 360) \cdot 2 = 880 \text{ мм}$$

Тоді, для двох елементів кріплення напруження зрізу у зварних швах становитиме:

$$\tau_{зр} = \frac{1,62 \cdot 10^3}{(0,7 \cdot 6 \cdot 880) \cdot 2} = 0,26 \text{ МПа}$$

Перевіримо умову міцності зварного з'єднання:

$$0,26 \leq 140 \text{ МПа}$$

Як бачимо, розрахункові значення напруження зрізу у зварних швах з'єднань елементів кріплення з бортом є суттєво нижчими за допустимі, що підтверджує роботоздатність запропонованої конструкції навіть при значних перевантаженнях в момент вивантаження кузова.

Висновки за розділом

За результатами аналізу конструкції заднього борта автомобіля КрАЗ 65055 визначено основні вимоги до конструкційних матеріалів, з яких його виготовляють. Розроблено конструкцію основних конструктивних елементів борта та підібрано необхідний сортамент прокатних матеріалів. Для запропонованої конструкції борта розглянуто необхідність підготовки кромки зварних деталей перед складанням та особливості їх геометрії. Конструктивні розрахунки підтвердили роботоздатність конструкції з точки зору виконання умов міцності.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Технологія виконання заготівельних операцій

Технологічний процес виготовлення заготовок для виробництва заднього борта автомобіля КрАЗ-65055 може включати наступні операції: правку, розмітку, різання, обробку кромek, згинання та очищення під зварювання.

Для виготовлення елементів заднього борту використовується лист гарячекатаний, який постачається згідно з ДСТУ 8540:2015 [9].

$$\text{ЛИСТ} \frac{\text{А} - \text{ПО} - \text{О} - 8 \times 2000 \times 6000 \text{ ДСТУ 8540: 2015}}{09Г2С \text{ ДСТУ 7806: 2015}}$$

Листи надходять у цех пачками та транспортуються на місце зберігання мостовим краном. Складаються великі листи на стелажах вертикально, а менші на підкладках у горизонтальному положенні.

Розмітку під різання виконують за шаблонами для невеликих заготовок та по лінійці для великих заготовок.

Різнання заготовок, включаючи відрізку та підготовку кромek, можна виконувати будь-якими способами, який забезпечують необхідну форму, розміри та якість різання. Тому найбільш раціональним способом різання та підготовки кромek є механічне або плазмове різання.

Для роздільного різання листового металу в умовах дрібносерійного виробництва вибираємо апарат для плазмового різання металу Tesla Weld CUT 160 N.

Даний апарат дозволяє різати метали товщиною до 55 мм (чистовий різ в ручному режимі - до 40 мм). В ньому присутня функція чергової (пілотної) дуги, що значно спрощує процес різання різного профільного металу. За рахунок цього підвищується продуктивність праці. Манометр на тильній стороні корпусу апарата дозволяє в реальному часі відстежувати робочий тиск плазмоутворюючого повітря, яке подається до плазморіза. Блок підготовки повітря також укомплектований вологовідділювачем. Живлення апарата

здійснюється від трифазної мережі. Підпал дуги активується натисканням кнопки на пальнику.



Рисунок 3.1 - Апарат для плазмового різання металу Tesla Weld CUT 160 N

Джерело живлення комплектується плазмотроном A141 з повітряним охолодженням та довжиною рукава 5,0 м. Органи керування дозволяють регулювати струм різання та час охолодження пальника, перемикає режим в 2Т та 4Т для довгих чи коротких різів, виконувати тестування подачі повітря та процесу різання [1].

У всіх випадках нормативними документами перед зварюванням передбачається ретельне очищення від бруду, іржі, окалини та масляних плям зварюваних кромок і зовнішньої поверхні з'єднуваних деталей на ширину не менше ніж 15 мм.

Усі місцеві виступи і нерівності, наявні на деталях, які перешкоджають їх з'єднанню відповідно до вимог креслень, слід усувати перед складанням методом очистки з формуванням плавних переходів за допомогою абразивного круга чи напилка. Обробка кромок елементів під зварювання може також виконуватися кисневою, повітряно-дуговою, плазмово-дуговою різкою з подальшою механічною обробкою поверхні різку з видаленням шару завтовшки не менше 1,5-2 мм. Поверхні кромок не повинні мати надривів та тріщин. Для обробки кромок у місці різання та зачистки поверхні перед зварюванням застосовується пневматична шліф ПІ-2203А VII.

Для гнуття заготовок з листа товщиною 8 мм вибираємо кривошипний преса-листогиб IP1334 із максимальним зусиллям 250 тон.

3.2 Вибір способу зварювання

Для виготовлення заднього борта, згідно з [4], доцільно вибрати спосіб механізованого зварювання в середовищі захисного газу. Розглянемо переваги та недоліки даного способу.

Зварювання в середовищі захисного газу (вуглекислий газ) є різновидом електродугового зварювання. Зварювання виконують з використанням дроту суцільного перерізу діаметром 1,0...2,0 мм, який подається через струмопровідний наконечник пальника. У зону зварювання через сопло пальника надходить захисний газ, струмінь якого, обтікаючи зварювальну дугу та зварювальну ванну, захищає розплавлений метал від впливу атмосферного повітря.

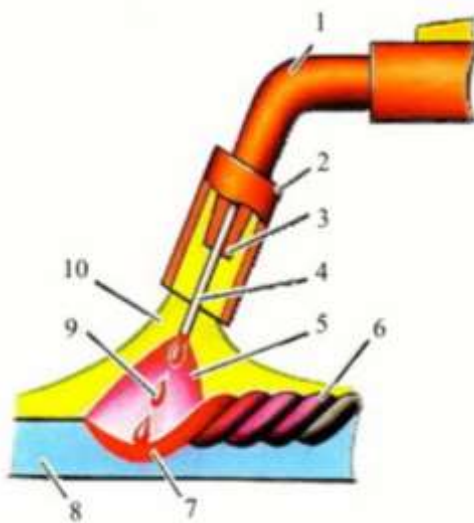


Рисунок 3.2 – Схема процесу зварювання

1 – пальник; 2 – сопло; 3 –
струмопровідний наконечник; 4 –
електродний дріт;

5 – зварювальна дуга; 6 – зварний шов;

7 – зварювальна ванна; 8 – основний
метал; 9 – краплі електродного металу;

10 – газовий захист

Електродний дріт подається безперервно в зону зварювання зі швидкістю подачі, згідно з режимом зварювання. Зварювання виконують на постійному струмі зворотної полярності.

Під час механізованого зварювання подача дроту відбувається автоматично, а пальник переміщається зварником вручну. Основними перевагами зварювання в середовищі захисного газу є:

- отримання високоякісних зварних з'єднань з різних металів при високій продуктивності завдяки застосуванню високої щільності струму ($100...200 \text{ А/мм}^2$);
- висока якість зварного шва;
- кращі умови праці для зварювальника;
- можливість візуального спостереження за процесом горіння дуги та утворення шва;
- можливість зварювання як нижніх, так і вертикальних і горизонтальних швів.

До недоліків відносять можливість здування струменя газу вітром або протягом, що погіршує захисну дію газу та якість шва, необхідність захищати робітників від випромінювання дуги та від небезпеки отруєння при зварюванні в замкнутому просторі. Крім того, зварювання у вуглекислому газі можлива тільки при постійному струмі і дає менш гладку поверхню шва, ніж зварювання під флюсом [27].

Задній борт автосамоскида має велику номенклатуру різних зварних швів середньої довжини, тому застосування автоматичного зварювання в умовах дрібносерійного виробництва економічно не доцільно. Тому вибираємо спосіб механізованого зварювання в середовищі захисного газу.

3.3 Вибір зварювальних матеріалів

Згідно з рекомендаціями [5], зварювання необхідно виконувати зварювальним дротом з фізико-механічними властивостями, не нижчими ніж для дроту марки Св-08Г2С згідно ДСТУ EN ISO 14171:2015 [7], а у якості захисного середовища рекомендується використовувати вуглекислий газ вищого ґатунку.

При зварюванні у вуглекислому газі - активному окислювачі ванни - у складі дроту обов'язково, окрім інших легуючих елементів, повинні бути присутні розкислювачі - кремній і марганець (а іноді і титан). Тому для зварювання у вуглекислому газі можна використовувати тільки ті дроти, в складі яких містяться ці елементи, тобто в маркуванні мають бути позначення «Г» та

«С», наприклад Св-08Г2С, залежно від складу зварюваної сталі та вимог до механічних властивостей металу шва. Хімічний склад дроту представлений у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С [7]

С	Si	Mn	Cr, не більше	Ni, не більше	S, не більше	P, не більше
0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	0,20	0,25	0,025	0,030

Вуглекислий газ CO_2 не має кольору та запаху. Отримують його з газоподібних продуктів згоряння антрациту або коксу, при випаленні вапняку. Поставляється на дрібносерійні підприємства в зрідженому (рідкому) стані в балонах типу А місткістю 40 л із максимальним тиском 7,5 МПа. Для зварювання використовують зварювальну вуглекислоту вищого гатунку (чистота не менше 99,8 %). Його ефективно застосовувати під час зварювання низьковуглецевих, низьколегованих та деяких конструкційних та спеціальних сталей [23].

3.4 Розрахунок параметрів режимів зварювання

Як вже було сказано в розділі 2, задній борт автомобіля КрАЗ-65055 виготовляється з листів товщиною 8 мм. Під час виготовлення застосовують спосіб механізованого електродугового зварювання в середовищі вуглекислого газу згідно.

У конструкції заднього борта переважають кутові шви (Т1) з катетом шва 6 мм (рис. 3.3). Тому, виконаємо розрахунок параметрів режиму зварювання за методикою, описаною в [28].

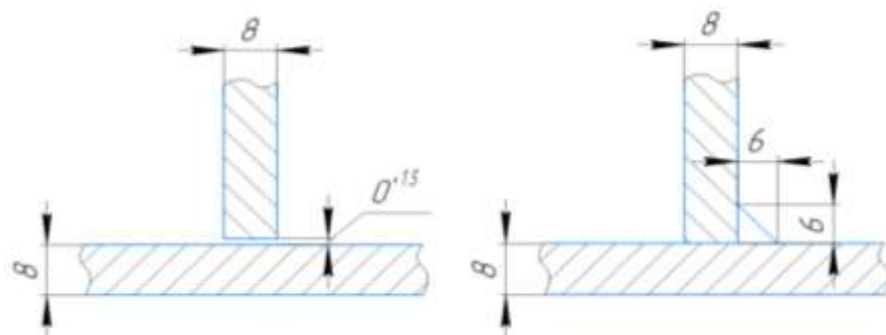


Рисунок 3.3 - Обробка країв та параметри шва

Оскільки ми задаємося значенням катета зварного шва, то можна визначити площу поперечного перерізу наплавленого металу:

$$F_H = \frac{k^2}{2} = \frac{6^2}{2} = 18 \text{ мм}^2 \quad (3.1)$$

де k - катет кутового шва, мм.

Силу зварювального струму можна визначити за формулою:

$$I_{зв} = \frac{3,14 \cdot d_d^2}{4} \cdot A, \text{ А} \quad (3.2)$$

де A – щільність зварювального струму, А/мм².

$$I_{зв} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 200 = 226 \text{ А}$$

Кінцево, для виконання процесу зварювання приймаємо $I_{зв} = 230 \text{ А}$.

Визначаємо оптимальну напругу зварювальної дуги:

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_d}} \cdot I_{зв} \pm 1, \text{ В} \quad (3.3)$$

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 230 \pm 1 = 27 \pm 1 \text{ В}$$

Для подальших розрахунків приймаємо напругу $U_d = 27 \text{ В}$.

Визначимо коефіцієнт форми провару:

$$\psi_{пр} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{зв}) \cdot \frac{d_d \cdot U_d}{I_{зв}}, \quad (3.4)$$

де K' – коефіцієнт роду струму, ($K' = 0,92$) [27].

$$\psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 230) \cdot \frac{1,2 \cdot 27}{230} = 2,1$$

Для механізованого зварювання значення $\psi_{пр}$ повинні становити 0,8...4,0. В нашому випадку, значення коефіцієнта знаходиться в даному інтервалі, отже, режими підібрані правильно.

Визначимо швидкість зварювання за формулою:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_H \cdot I_{зв}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_H}, \text{ м/год} \quad (3.5)$$

де α_H – коефіцієнт наплавлення.

Для визначення коефіцієнта наплавлення при механізованих способах зварювання в середовищі вуглекислого газу скористаємося виразом:

$$\alpha_H = \alpha_p \cdot (1 - \psi), \quad (3.6)$$

де ψ - коефіцієнт втрат, який визначається за формулою:

$$\psi = 4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2, \quad (3.7)$$

Підставимо відомі значення щільності струму, отримаємо:

$$\psi = 4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 150 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 150^2 = 11,6 \%$$

Для того щоб визначити коефіцієнт наплавлення нам необхідно розрахувати коефіцієнт розплавлення:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{I_{зв}} \cdot \frac{l_b}{d_d^2}, \text{ г/А} \cdot \text{год} \quad (3.8)$$

де l_b – довжина вильоту електрода, мм.

Величину вильоту електрода l_b приймаємо 1,5 см згідно з рекомендацією [28]. Тоді:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{230} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 13,95 \text{ г/А} \cdot \text{год}$$

Отже, коефіцієнта наплавлення згідно з формулою (3.6) буде рівний:

$$\alpha_n = 13,95 \cdot (1 - 0,116) = 12,3 \text{ г/А} \cdot \text{год}$$

Швидкість зварювання, яка визначається за формулою (3.5) становитиме:

$$V_{зв} = \frac{12,3 \cdot 230}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,18} \approx 0,56 \text{ см/с} = 20 \text{ м/год}$$

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту:

$$V_{п.д} = \frac{\alpha_p \cdot I_{зв}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{ел}}, \text{ м/ГОД} \quad (3.9)$$

де $F_{ел}$ - площа поперечного перерізу електрода, см^2 ;

γ – щільність електродного металу, г/см^3 .

$$V_{п.д} = \frac{13,95 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2}} \approx 10 \text{ см/с} = 360 \text{ м/год}$$

Розрахунок швів типу У4 виконуємо аналогічно до швів Т1, тому що катет шва також становить 6 мм. Результати розрахунків наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Загальні параметри режимів зварювання

Тип шва	Катет, мм	$I_{зв}$, А	U_d , В	$V_{св}$, м/ГОД	$V_{пд}$, м/ГОД	α_n , г/А·ГОД
Т1, У4	6	230	27	20	360	12,3

Отже зварювання швів Ті і У4 здійснюємо на однакових режимах.

3.5 Вибір зварювального обладнання

При виборі зварювального апарату необхідно виходити з наступних міркувань:

- потрібно забезпечувати необхідну для даного технологічного процесу силу струму та напруга дуги;
- джерело живлення має забезпечувати потрібний вигляд зовнішньої характеристики, щоб виконувати умови стабільного горіння дуги;
- зварювальний апарат має мати такі динамічні параметри, щоб можна було забезпечити нормальне збудження дуги та мінімальний коефіцієнт розбризкування.

Для виконання технологічного процесу зварювання, вибираємо зварювальний апарат EWM Saturn 301 MIG/MAG, оскільки він забезпечує необхідну силу зварювального струму з періодом включення ПВ 60%, чого у випадку виготовлення заднього борта в умовах дрібносерійного виробництва є достатньо [11].



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд зварювального апарата
EWM Saturn 301 MIG/MAG

Це сучасний зварювальний апарат з ергономічними ручками та максимальною мобільністю. Продумана конструкція його корпусу з покращеними повітроводами та електронним управлінням вентилятора дозволяє

збільшити тривалості включення та знизити кількість забруднень в апараті. Апарат має максимальну економічність та забезпечує мінімальну післязварювальну обробку швів завдяки можливості зварювання без бризок у зоні короткої та крапельної дуги при використанні аргону, газових сумішей та CO₂. Крім того він має дрібноступінчасте регулювання напруги, оптимізований зварювальний дросель з 2 виводами для різних матеріалів, 4-роликовий механізм подачі з великими роликами для надійної подачі дроту. Його органи керування дозволяють виконувати різні варіанти управління - від класичного до попередньо налаштованого однокнопкового.

Зварювальний півавтомат EWM Saturn 301 MIG/MAG можна використовувати для стандартного MIG/MAG зварювання короткою, змішаною або крапельною дугою з використанням аргону, газових сумішей та CO₂. У якості електрода в ньому використовують дріт з низьколегованої сталі, суцільні та порошкові дроти. Він є ефективним на металопереробних підприємствах, заводських ремонтних майстернях, ремонтних майстернях для транспортних засобів та сільськогосподарської техніки, виготовлення невеликих металоконструкцій, дрібному машинобудуванні, монтажних та допоміжних роботах одиничного та дрібносерійного виробництва.

Загальні технічні характеристики апарата EWM Saturn 301 MIG/MAG наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики EWM Saturn 301 MIG/MAG [11]

Характеристика	Значення
1	2
Мережева напруга, В	380
Діапазон регулювання зварювального струму, А	30-300
Номінальний зварювальний струм, А (за ПВ, %)	300А (45%), 250А (60%), 190 (100%)
Частота струму в мережі, Гц	50/60
Мережевий запобіжник (плавкий інерційний запобіжник), А	3 x 25

1	2
Мережева напруга (допуски)	3 x 400 V (-15% - +15%)
Максимальна споживана потужність, кВт	12,8
Рекомендована потужність генератора, кВа	18
Стандарти	IEC 60 974-1 / IEC 60 974-5 / IEC 60 974-10/CE/S
Клас захисту	IP 23 (H)
Габарити	930 x 460 x 730
Вага, кг	100

3.6 Визначення норм часу на зварювання

Технічне нормування проводиться з метою встановлення необхідних витрат часу на виконання робіт у певних організаційно-технічних умовах за повного та ефективного використання коштів у виробництві та з урахуванням досвіду робітників.

Нормування процесу механізованого зварювання проводимо за методикою технічного нормування технологічних процесів у зварювальних цехах [5]. Розрахуємо основний час для кожного типу з'єднання (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Швидкість зварювання (на один стик)

Тип з'єднання	$V_{зв}$, м/год
Для $F_H = 30 \text{ мм}^2$	23
Для $F_H = 30 \text{ мм}^2$	10

Визначення основного часу на зварювання здійснюємо за формулою:

$$t_o = \sum \frac{60}{V_{зв}}, \text{ хв} \quad (3.10)$$

де $V_{зв}$ - швидкість зварювання шва для даного типорозміру, м/год.

Підставляємо значення у вираз (3.10) і отримуємо для механізованого зварювання:

$$t_o = t_{01} + t_{02} + t_{03} + t_{04} + t_{05} = 69 + 69 + 69 + 54 + 54 = 315 \text{ хв.}$$

Необхідні дані для розрахунку значень допоміжного часу, а також коефіцієнта $k_{об}$, отримані з [5] наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Допоміжний час, пов'язаний із зварюванням шва

Елементи роботи	$t_{д.з}$, хв
Зачищення кромки, що зварюються, від нальоту та іржі перед зварюванням	0,3
Зачищення зварного шва від окисних плівок	0,3
Зачищення навколошовної зони від бризок наплавленого металу	0,4
Огляд та промірювання шва	0,3
Видалення залишку дроту із головки пальника. Зміна катушки. Подання дроту до пальника автомата	0,1
Підтягування проводів	0,25
Повернення зварювальника у вихідне положення	0,15
Відкушування недогарків дроту	0,1
Разом	1,9

Розрахункові дані для допоміжного часу, пов'язаного з виробом та роботою обладнання представлено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Допоміжний час, пов'язаний з виробом та роботою обладнання

Елементи роботи	$t_{д.о}$, хв
Установка напівавтомата на початку шва, повернення, відключення	2,7
Встановлення, зняття та транспортування виробу	4
Зачищення навколошовної зони від бризок наплавленого металу	0,5
Закріплення, відкріплення	0,5
Переміщення зварювальника у вихідне положення	0,2
Таврування шва	0,21
Разом	8,11

Розрахункові дані для підготовчо-заключного часу, представлено у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Підготовчо-заключний час для механізованої зварювання

№ з/п	Зміст роботи	Складність роботи	
		проста	складна
1	Отримання виробничого завдання, документації, інструктажу майстра, отримання інструменту	4,0	6,0
2	Ознайомлення з роботою	3,0	5,0
3	Підготовка до роботи балона з газом, підключення та продування шлангів	4,0	4,0
4	Встановлення, налаштування та перевірка режимів зварювання	3,0	3,0
5	Підготовка робочого місця до роботи	4,0	7,0
6	Здача роботи	2,0	3,0

Для механізованого зварювання

$$t_{пз} = 4 + 3 + 4 + 3 + 4 + 2 = 20 \text{ хв.}$$

Розрахункові дані штучного часу представлено в таблиці 3.8 .

Таблиця 3.8 - Визначення штучного часу

Вихідні дані	Значення
Основний час на зварювання t_o , хв/м	93
Допоміжний час, пов'язаний зі зварюванням швом на 1 пог. метр шва за хв, $t_{д.з}$, хв	1,9
Загальна довжина швів l , м	$l_1 = 1,0; l_2 = 3,0; l_3 = 3,5;$ $l_4 = 4,5; l_5 = 1,0.$
Допоміжний час, пов'язаний з виробом та роботою обладнання $t_{д.о.}$, хв	7,41
Коефіцієнт $k_{об}$, який враховує витрати часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби	1,12

Визначення штучного часу зварювання провадиться за формулою:

$$T_{\text{шт}} = [(t_0 + t_{\text{д.з}}) \cdot l + t_{\text{д.о}}] \cdot k_{\text{об}}, \quad (3.11)$$

де t_0 – основний час на зварювання одного погонного метра шва, хв/м;

$t_{\text{д.з}}$ - допоміжний час, який залежить від довжини шва, в розрахунку на погонний метр, хв/м;

l - довжина зварювального шва даного типорозміру, м;

$t_{\text{д.о}}$ - допоміжний час, який залежить від зварного виробу і типу зварювального обладнання, хв/виріб;

$k_{\text{об}}$ - коефіцієнт, що враховує час обслуговування робочого місця та час на відпочинок та особисті потреби (при напівавтоматичному зварюванні $k_{\text{об}} = 1,12$).

Підставляємо значення у вираз (3.11), отримуємо:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{шт}1} + T_{\text{шт}2} + T_{\text{шт}3} + T_{\text{шт}4} + T_{\text{шт}5} = 34 + 85 + 98 + 94 + 27 = 338 \text{ хв.}$$

Для визначення кількості зварюваних бортів за зміну приймаємо тривалість однієї робочої зміни $T_{\text{зм}} - 8$ год.

Визначимо розмір партії:

$$n = \frac{T_{\text{зм}} \cdot 60}{T_{\text{шт}}}, \quad (3.12)$$

де $T_{\text{зм}}$ - тривалість однієї робочої зміни, год;

$T_{\text{шт}}$ – штучний час, хв.

$$n = \frac{8 \cdot 60}{338} \approx 1,4 \text{ шт}$$

Штучно – калькуляційний час на виконання робіт у дрібносерійному виробництві визначається за формулою:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n}, \text{ хв} \quad (3.13)$$

де n – кількість виробів, виготовлених за зміну.

$$T_{\text{шт.к}} = 338 + \frac{20}{1,4} = 352 \text{ хв.}$$

Отримані результати нормування процесу зварювання будуть використані під час обґрунтування економічної ефективності запропонованої технології.

3.7 Контроль та виправлення браку

Основна мета технологічного контролю полягає у забезпеченні випуску високоякісної продукції, що досягається шляхом проведення заходів щодо запобігання появі браку, тобто своєчасне виявлення дефектів та їх усунення.

Дефекти в з'єднаннях бувають двох типів: зовнішні та внутрішні. У зварних з'єднаннях до зовнішніх дефектів відносять напливи, підрізи, зовнішні непровари та несплавлення, поверхневі тріщини та пори. До внутрішнім приховані тріщини та пори, внутрішні непровари та несплавлення, шлакові включення та ін [12].

Якість зварних з'єднань забезпечують попереднім контролем матеріалів та заготовок, поточним контролем за процесом зварювання та приймальним контролем готових зварних з'єднань. Залежно від порушення цілісності зварного з'єднання при контролі розрізняють руйнівні та неруйнівні методи контролю.

При попередньому контролі основного та зварювальних матеріалів встановлюють, чи сертифікаційні дані задовольняють у документах заводів-постачальників вимогам до матеріалів відповідно до призначення та відповідальністю зварних вузлів та конструкцій. Оглядають поверхні основного матеріалу, зварювального дроту та покриттів електродів з метою виявлення зовнішніх дефектів. Перед збиранням та зварюванням заготовок, перевіряється чи відповідає їх форма та габаритні розміри встановленим, а також контролюється якість підготовки кромки та зварюваних поверхонь.

При поточному контролі перевіряють дотримання зварювальниками встановлених параметрів режиму зварювання та справність роботи зварювального обладнання. Оглядають зварні шви для виявлення зовнішніх дефектів та вимірюють їх геометричні розміри. Помічені відхилення усувають безпосередньо у процесі виготовлення конструкцій.

Готові зварні з'єднання в залежності від призначення та відповідальності конструкції піддають приймальному контролю: зовнішньому огляду для виявлення поверхневих дефектів і обміру зварних швів; випробуванням на щільність, магнітному контролю, просвічуванню рентгенівським та гамма-випромінюванням, ультразвуком для виявлення внутрішніх дефектів.

За зовнішнім виглядом зварний шов повинен відповідати наступним вимогам:

- поверхня шва повинна бути гладкою або рівномірно лускатою;
- висота посилення шва не повинна бути більше 0,5 мм;
- зварний шов не повинен мати напливів, незаварених кратерів, несплавлених кромок, пропалів та тріщин.

При цьому допускаються: підрізи основного металу глибиною не більше 0,4 мм, а підрізи, що перевищують вказівку вище норми, допускається виправляти заварюванням тонким швом тим же зварювальним дротом, що й основний шов. Допускаються бризки на зварному шві та навколошовній зоні у важкодоступних місцях [12].

Контроль зварних швів, недоступних для огляду після остаточного зварювання конструкцій, повинен проводитися до встановлення деталей, які закривають ці шви.

Неприпустимі дефекти зварного шва повинні бути видалені обробкою різанням (механічні або термічні способи) з наступним зачищенням поверхні до металевого блиску.

Виправлення дефектів в тому самому місці допускаються не більше двох разів. При подальшому виявленні дефектів виробу слід замінити новими. Неприпускаються дефекти швів при приварюванні косинок вузлів, призначених для транспортування.

Контролю зовнішнім оглядом підлягає кожен зварний шов. Метод дозволяє виявляти дефекти мінімального розміру, які виявляється при огляді та вимірюванні зварного з'єднання з використанням оптичних приладів із збільшенням до 10 разів.

Для уникнення можливої появи дефектів у зварному шві застосовується попередній контроль. Метою попереднього контролю є перевірка якості вихідних матеріалів, підготовки заготовок, якості складання, зварювального обладнання, приладів та кваліфікації зварювальників. Якість основного металу визначається на підставі маркування та сертифікатів, які надійшли від заводу-постачальника металу.

Зварювальний дріт контролюється на відповідність вимогам ДСТУ EN ISO 14171:2015 [7] шляхом зовнішнього огляду, обміру та хімічного аналізу. Поверхня дроту повинна бути чистою, без окалини, іржі, бруду та мастила. Кожна партія дроту має бути забезпечена сертифікатом.

Вуглекислий газ контролюється на відповідність вимогам ДСТУ 4817:2007 (чистоту та вологість).

Контроль якості заготовок шляхом зовнішнього огляду та вимірів повинен проводитися до початку збирання.

Висновки за розділом

Запропонована в даному розділі технологія складання та зварювання заднього борта автомобіля КрАЗ-65055 може бути реалізована в умовах малих машинобудівних та ремонтних підприємств з одиничним або дрібносерійним типом виробництва. Підібране технологічне обладнання не потребує особливих навиків персоналу і є доступним на ринку. Обґрунтовані технологічні параметри процесу зварювання дозволяють виконувати технологічні операції з мінімальними затратами часу та максимальною продуктивністю.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Технологія зварювання, яка пропонується у кваліфікаційній роботі, передбачає використання зварювального апарату EWM Saturn 301 MIG/MAG для механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу. З погляду соціальної відповідальності, доцільно розглянути можливі шкідливі та небезпечні фактори, які можуть виникати при розробці технології або роботі з обладнанням, а також вимоги щодо організації робочого місця.

4.1 Аналіз потенційно можливих та небезпечних факторів, які можуть виникнути на робочому місці під час проведення досліджень

Для вибору факторів використовувався ДСТУ 2456-94 «Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки» [6]. Перелік небезпечних та шкідливих факторів, характерних для проектного виробничого середовища представлений у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Можливі небезпечні та шкідливі виробничі фактори на робочому місці на зварювальній ділянці

№ з/п	Чинники за ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007	Нормативні документи
1	2	3
1	Виробничі фактори, пов'язані з надмірно високою температурою матеріальних об'єктів виробничого середовища, які можуть спричинити опіки тканин організму людини	Внутрішні інструкції підприємства з техніки безпеки та охорони праці
2	Нерухомі ріжучі, колючі, обдираючі частини твердих, що розривають об'єктів	Внутрішні інструкції підприємства з техніки безпеки та охорони праці

3	Виробничі фактори, пов'язані з електричним струмом, що викликається різницею електричних потенціалів, під дію якого потрапляє працюючий	Правила влаштування електроустановок (ПУЕ)
4	Відсутність чи недолік необхідного штучного освітлення	ДБН В.2.5-28-2018 Природне та штучне освітлення, 2016
5	Підвищений рівень шуму	ДСТУ 2867-94 Шум. Загальні вимоги безпеки
6	Підвищений рівень загальної вібрації	ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні вимоги
7	Виробничі фактори, пов'язані з аномальними мікрокліматичними параметрами повітряного середовища на місцезнаходження працюючого	ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони
8	Монотонність праці, що викликає монотонію	Трудовий кодекс
9	Тривале зосереджене спостереження	Трудовий кодекс

4.2. Моделювання виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків

Кожна логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статистично залежними або незалежними.

Статистично залежні події - це такі, коли поява наступної події неможлива без виникнення попередньої. Якщо кожна з двох подій, що входять до однієї моделі, може з'явитися незалежно одна від одної, то такі події є

статистично незалежними. Як правило, у таких моделях незалежні випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні – послідовно. Причинно-наслідкові зв'язки зображені стрілками, які, крім того, ще показують напрямок протікання (перебігу) події [3].

Таблиця 4.2 - Логічна модель виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час зварювання

Вид роботи, виробничий підрозділ	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
1	2	3	4	5	6
Зварювання заднього борта автомобіля, зварювальна дільниця	НУ ₁ - порушення ізоляцій. НУ ₂ - відсутність заземлення.	НД - Поява струму на корпусі зварювального апарата	НС – Контакт зварювальника з корпусом зварювального апарата	Т - Ураження струмом зварювальника	Заземлення струмоведучих частин і якісна їх ізоляція
НУ ₁ → НУ ₂ → НД→ НС→ Т					
Зварювання заднього борта автомобіля, зварювальна дільниця	НУ- відсутність або несправність штучної вентиляції робочого місця	НД - знаходження працівника в загазованій зоні без засобів захисту	НС- вдихання оператором шкідливих газів	Т – отруєння оператора шкідливими газами З – виробниче захворювання	Обладнання робочого місця штучною вентиляцією
НУ→ НД→ НС→ Т (З)					
Зварювання заднього борта автомобіля, зварювальна дільниця	НУ – підвищений рівень яскравості світла тощо	НД - робота без засобів індивідуального захисту	НС – вплив спалахів дуги на органи зору зварювальника	З – виробниче захворювання	Робота в засобах інд. захисту (окулярах, захисному щитку тощо)
НУ → НД→ НС→ З					
Зварювання заднього борта автомобіля, зварювальна дільниця	НУ – висока температура деталей та заготовок і обладнання	НД - робота без спеціального одягу	НС – зварювальника гарячими поверхнями	Т – отримання опіків	Робота в спецодязі та рукавицях
НУ → НД→ НС→ З					

Логічна модель може стати основою для розробки графічної моделі виникнення травмонебезпечної чи аварійної ситуації.

4.3 Розробка заходів щодо зниження впливу шкідливих та небезпечних факторів

Виробничі фактори, пов'язані з надмірно високою температурою матеріальних об'єктів виробничого середовища, які можуть викликати опіки тканин організму людини. Джерело виникнення фактора: іскри та бризки розплавленого металу із зони зварювання. Типові професійні захворювання або травми, які працівник може одержати: місцеві опіки.

Розроблювані рішення, які забезпечують зниження впливу виявлених небезпечних та шкідливих факторів на працюючих: для запобігання тіла від опіків основним захистом є використання спеціального одягу та взуття. Костюм та рукавиці повинні бути справними. Костюм одягається з напуском штанів на взуття, щоб не залишалося незахищених частин тіла. Найбільш підходящим взуттям є черевики без шнурків з гладким верхом і застібкою ззаду або з гумовими розтягуючими боковинами. Користування рукавицями оберігає руки одночасно від опіків та від порізів об гострі кромки металу. Як захисні засоби від дії випромінювання дуги, крім спецодягу, використовуються маска або шолом. Очі захищаються від випромінювання спеціальними темними скельцями, світлофільтрами, вставленими в щиток або шолом, яким зварювальник захищає особу під час зварювальних робіт [20].

Нерухомі ріжучі, колючі, обдираючі частини, що розривають тверді об'єкти

Джерело виникнення фактора: кутошліфувальна машина (КШМ).

Типові професійні захворювання або травми, які працівник може отримати: рвані рани.

Розроблювані рішення, які забезпечують зниження впливу виявлених небезпечних та шкідливих факторів на працюючих: використання захисного кожуха для різального електроінструменту. Використання захисних масок, рукавиць та фартуха.

Виробничі фактори, пов'язані з електричним струмом, викликаним різницею електричних потенціалів, під дію якого потрапляє працюючий

Джерело виникнення фактора: зварювальний апарат EWM Saturn 301 MIG/MAG.

Типові професійні захворювання або травми, які працівник може одержати: електричні опіки; електричні знаки; металізація шкіри; механічні ушкодження; електроофтальмія; електричний удар.

Допустимі норми з необхідною розмірністю:

Заходи безпеки під час роботи та обслуговування апаратури згідно з ПУЕ:

- обов'язкове заземлення всіх блоків апаратури за допомогою кабелів заземлення, якими комплектується апаратура;

- місця підключення заземлення мають бути позначені знаками;

- величина опору контуру заземлення має перевищувати 4 Ом;

- перетин контуру заземлення має бути не менше 80 мм².

У нашому випадку приміщення належить до першої групи електробезпеки.

Розроблювані рішення, які забезпечують зниження впливу виявлених небезпечних та шкідливих факторів на працюючих: засоби колективного захисту (ЗКЗ):

- ізолюючі (ізолюючі штанги, ізоляційні кліщі, покажчики напруги, діелектричні рукавички, калоші та боти, ручний ізолюючий інструмент, діелектричні килими та ізолюючі підставки, сходи приставні та драбини ізолюючі склопластикові, гнучкі ізолюючі покриття та накладки для робіт у електроустановках до 1 кВ);

- неізолюючі (плакати та знаки безпеки, переносні заземлення, захист огорожі, сигналізатори наявності напруги).

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

- засоби захисту голови, засоби захисту очей та обличчя, засоби захисту органів дихання, засоби захисту рук, засоби захисту від падіння з висоти, одяг спеціальний захисний.

Основні ізолюючі ЕЗЗ до 1 кВ:

-ізолюючі штанги, ізолюючі кліщі, покажчики напруги, електровимірювальні кліщі, діелектричні рукавички, ручний ізолюючий інструмент.

Відсутність чи нестача необхідного штучного освітлення

Джерело виникнення фактора: дах будівлі.

Типові професійні захворювання або травми, які працівник може отримати: викликає підвищену втому та сприяє розвитку короткозорості [20].

Допустимі норми з необхідною розмірністю: вимоги до висвітлення приміщень промислових підприємств. Освітленість має бути не менше 50 лк.

Розроблювані рішення, які забезпечують зниження впливу виявлених небезпечних та шкідливих факторів на працюючих: додаткових заходів щодо висвітлення робочого місця зварювальника не потрібно.

Джерело виникнення підвищеного рівня шуму - зварювальна дуга та зварювальне джерело живлення.

Типові професійні захворювання або травми, які працівник може одержати: зниження чутливості органу слуху.

Допустимі норми з необхідною розмірністю: допустима норма рівня шуму. Максимальний рівень шуму, коливається в часі і переривається, не повинен перевищувати 50-55 дБа. Максимальний рівень імпульсного шуму не повинен перевищувати 125 дБа. Максимальний рівень шуму на робочому місці зварювальника не повинен перевищувати 75 дБа.

Розроблювані рішення, які забезпечують зниження впливу виявлених небезпечних та шкідливих факторів на працюючих: застосування засобів та методів колективного захисту за ДСТУ 7239:2011. На робочих місцях промислових підприємств захист від шуму повинен забезпечуватися будівельно-акустичними методами (застосування огорожувальних конструкцій будівель із необхідною звукоізоляцією; застосування звукопоглинаючих конструкцій; застосування акустичних екранів; застосування глушників шуму у системах вентиляції; віброізоляція технологічного обладнання). Застосування засобів індивідуального захисту згідно з ДСТУ 7239:2011.

Виробничі фактори, пов'язані з аномальними мікрокліматичними параметрами повітряного середовища на місцезнаходження працюючого

Джерело виникнення фактора: клімат внутрішнього середовища виробничих приміщень.

Типові професійні захворювання або травми, які працівник може отримати: вдихання забрудненого повітря може викликати професійні захворювання легень, бронхіти, токсичні, канцерогенну дію, а також впливати на репродуктивну функцію (у разі насичення повітря отруйними парами).

Допустимі норми з необхідною розмірністю: людина працездатна і добре почувається, якщо амплітуда температури навколишнього повітря – 18...20 ° С, відносна вологість - 40-60 %, а швидкість рух повітря - 0,1 -0,2 м/с .

Робота зварювальника з важкості праці відноситься до III категорії робіт, важка - витрати енергії становлять 291 - 349 Вт (251 - 300 ккал/год).

Розроблювані рішення, які забезпечують зниження впливу виявлених небезпечних та шкідливих факторів на працюючих: ефективним засобом нормалізації повітря у виробничих приміщеннях є вентиляція, яка є комплексом засобів, що забезпечують повітрообмін, тобто видалення забрудненого нагрітого вологого повітря та подача свіжого, чистого повітря, що відповідає нормативним нормам.

Приміщення, в яких проходить зварювання, мають бути оснащені припливно-витяжною вентиляцією не менше ніж з трикратним обміном.

Джерело виникнення психофізичних факторів: статичні та динамічні фізичні навантаження; нервово-психологічні навантаження.

Типові професійні захворювання або травми, які працівник може отримати: перенапруга нервової та кістково-м'язової систем організму, перенапруження зорових аналізаторів та виникнення нервово-емоційної напруги у зварювальників.

Розроблювані рішення, які забезпечують зниження впливу виявлених небезпечних та шкідливих факторів на працюючих: профілактика фізіологічного навантаження: механізація та автоматизація праці, раціоналізація робочої пози,

виробнича гімнастика, тимчасове перемикання на іншу роботу, навчання правильним методам та прийомам роботи, періодичні медичні огляди та ін.

Технологічні заходи – створення найбільш сприятливих технологічних умов зменшення стомлюваності (механізація, автоматизація).

Рационалізація трудового процесу (економічність, ритмічність, перерви, відпочинок тощо). Режим роботи відіграє важливу роль і визначається тяжкістю роботи: чим важча робота, тим перерви частіше та коротші. Протягом робочого дня необхідна велика перерва (обідня). Гарний ефект дає також виробнича гімнастика.

Висновки за розділом

В розділі розглянуто основні фактори та чинники, які впливають на безпеку праці у зварювальних цехах. За їх наявності, розроблено моделі виникнення травмонебезпечних ситуацій. З метою запобігання таким випадкам запропоновано заходи з покращення умов праці та підвищення якості дотримання вимог безпеки при виникненні різних джерел фізичного впливу на робітників.

5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ

Для оцінки економічної ефективності запропонованого рішення під час виготовлення заднього борта автомобіля КрАЗ-65055 з використанням доступних способів та засобів зварювання, які має в своєму розпорядженні підприємство з дрібносерійним типом виробництва оцінка здійснюється на основі поточних витрат [10].

Поточні витрати на зварювальні роботи складаються з таких пунктів:

- зварювальні матеріали;
- захисний газ;
- основна зарплата зварювальників;
- відрахування до позабюджетних фондів;
- електроенергія;
- ремонт обладнання.

Витрати на зварювальні матеріали визначимо за формулою:

$$З_{зм} = g_{нм} \cdot k_d \cdot Ц_d, \text{ грн} \quad (5.1)$$

де $g_{нм}$ – маса наплавленого металу, ($g_{нм} = 18,3$ кг/виріб);

k_d - коефіцієнт, який враховує відношення ваги дроту до ваги наплавленого металу ($k_d = 1,08$);

$Ц_d$ - ціна електродного дроту, ($Ц_d = 64,4$ грн/кг).

Підставляємо вибрані значення у формулу (5.1) і отримуємо:

$$З_{зм} = 18,3 \cdot 1,08 \cdot 64,14 = 1275,77 \text{ грн}$$

Витрати на захисний газ для механізованого зварювання розрахуємо з виразу:

$$З_{г} = g_{г} \cdot t_o \cdot l \cdot Ц_{г}, \text{ грн} \quad (5.2)$$

де g_r - норма витрати газу, ($g_r = 15 \text{ л/хв}$);

t_o - основний час на зварювання, ($t_o = 93 \text{ хв/м}$);

l - довжина зварного шва, ($l = 13 \text{ м/виріб}$).

C_r – ціна газу, ($C_r = 25 \text{ грн/л}$).

Підставляємо необхідні значення у (5.2) отримуємо:

$$Z_r = 15 \cdot 93 \cdot 13 \cdot 0,025 = 453,38 \text{ грн}$$

Визначення витрат на зароблену плату робітників визначимо за формулою:

$$Z_z = \frac{C_{мз} \cdot t_{шт}}{F_m \cdot 60}, \text{ грн} \quad (5.3)$$

де $C_{мз}$ – середньомісячна заробітна плата зварювальника, ($C_{мз} = 28000 \text{ грн}$);

F_m – місячний фонд часу роботи, ($F_m = 172 \text{ годин/місяць}$);

$t_{штк}$ – штучно-калькуляційний час на виконання операції, ($t_{штк} = 352 \text{ хв/виріб}$);

Підставляємо значення формулу (5.3) і отримуємо:

$$Z_z = \frac{28000 \cdot 352}{172 \cdot 60} = 955,04 \text{ грн}$$

Витрати на відрахування до позабюджетних фондів визначимо за формулою:

$$Z_v = \frac{Z_z \cdot k_{відр}}{100}, \text{ грн} \quad (5.4)$$

де $k_{відр}$ – відсоток відрахувань до позабюджетних фондів від основної та додаткової заробітної плати, ($k_{відр} = 30,2 \%$).

$$Z_v = \frac{955,04 \cdot 30,2}{100} = 288,42 \text{ грн}$$

Основні видані для визначення витрат на електроенергію представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку витрат електроенергії

Параметр	Значення
Напруга зварювання, В	29
Струм зварювання, А	300
Основний час зварювання, хв/м	93
Довжина зварного шва, м/виріб	13
Коефіцієнт корисної дії джерела живлення	0,8
Вартість 1 кВт-год електроенергії	8,4

Визначення витрат на електроенергію проводиться за формулою:

$$З_e = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000}, \text{ грн} \quad (5.5)$$

де U – напруга зварювання, В;

I – сила зварювального струму, А;

t_o – основний час зварювання, хв/м;

l – довжина зварного шва, м/виріб;

η – коефіцієнт корисної дії джерела живлення;

$Ц_e$ – вартість 1 кВт-год електроенергії, грн.

Підставляємо значення з табл. 5.1 у формулу (5.5) і отримуємо:

$$З_e = \frac{29 \cdot 300 \cdot 93 \cdot 13}{60 \cdot 0,8 \cdot 1000} = 219,13 \text{ грн}$$

Вихідні дані щодо розрахунку витрат на ремонт обладнання представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Вихідні дані для розрахунку витрат на ремонт обладнання

Параметр	Значення
Вартість обладнання, грн	244710
Коефіцієнт, який враховує витрати на ремонт	0,25
Штучно-калькуляційний час на виконання операції, хв/виріб	352
Річний фонд часу роботи обладнання, год	1973
Коефіцієнт, який враховує завантаження обладнання	0,8

Витрати на ремонт визначимо за формулою:

$$З_p = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \cdot k_p \cdot t_{шк}}{F_p \cdot k_3 \cdot 60}, \text{ грн ,} \quad (5.6)$$

де C_j – вартість обладнання, грн;

k_p – коефіцієнт, який враховує витрати на ремонт;

$t_{шк}$ – штучно–калькуляційний час виконання операції, хв/виріб;

F_p – річний фонд часу роботи обладнання, год;

k_3 – коефіцієнт, який враховує завантаження обладнання.

Підставляємо значення з табл. 5.2 у вираз (5.6) та отримуємо:

$$З_p = \frac{244710 \cdot 0,25 \cdot 352}{1973 \cdot 0,8 \cdot 60} = 227,39 \text{ грн ,}$$

Усі поточні витрати на виготовлення борта та сумарна собівартість зварювання зібрані в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 - Результати розрахунків витрат та собівартості зварювання

Параметр	Значення
Зварювальний дріт, грн	1275,77
Захисний газ, грн	453,38
Основна зарплата, грн	955,04
Відрахування в позабюджетні фонди, грн	288,43
Електроенергія, грн	219,13
Ремонт обладнання, грн	227,39
Сумарна собівартість, грн	3419,14

Висновки за розділом

Проведений техніко-економічний аналіз процесу виготовлення заднього борта автосамоскида КрАЗ-65055 показав, що без врахування вартості матеріалів та заготівельних робіт вартість механізованого зварювання становить 3419,14 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи була розроблена технологія складання та зварювання заднього борта автомобіля-самоскида КрАЗ-65055.

Для вирішення поставленого завдання було підібрано зварювальні матеріали, а саме листову сталь 09Г2С за ДСТУ 8540:2015 товщиною 8 та 20 мм. Даний матеріал володіє доброю зварюваністю, що дозволяє отримувати зварні з'єднання більш високої міцності при знакозмінних та ударних навантаженнях. Елементи конструкції з'єднуються між собою зварними швами Т1 і У4 з катетом шва 6 мм з розробкою кромки або без неї.

Розраховані необхідні режими зварювання та зроблено вибір зварювального обладнання. Для виготовлення заготовок пропонується використовувати апарат для плазмового різання металу Tesla Weld CUT 160 N. Складання і зварювання борта виконується зварювальним апаратом EWM Saturn 301 MIG/MAG згідно ДСТУ EN ISO 14171:2015 способом механізованого зварювання дротом Св-08Г2С діаметром 1,2 мм в середовищі вуглекислого газу. Запропонований зварювальний апарат дозволяє виконувати зварювання на струмі 230 А з коефіцієнтом включення джерела живлення 60 %, що є достатнім для його використання в умовах дрібносерійного виробництва.

Для процесу механізованого зварювання здійснено нормування основних технологічних операцій. Основний час виконання робіт становить 315 хв, а штучно-калькуляційний час – 352 хв.

За результатами конструктивних та технологічних розрахунків розроблено комплект технологічної документації на виготовлення заднього борта.

Проведений техніко-економічний аналіз запропонованої технології виготовлення заднього борта автосамоскида КрАЗ-65055 показав, що без врахування вартості матеріалів та заготівельних робіт вартість механізованого зварювання становить 3419,14 грн. З цього можна зробити висновок, що застосування механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу у запропонованій технології є економічно виправданим.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Апарат для плазмового різання металу Tesla Weld CUT 160 N. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.teslaweld.com/apparat-plazmennoy-rezki-tesla-weld-cut-160n>
2. Березін Л.Я., Хоменко М.М., Карпенко А.С. Засоби технологічного оснащення зварювального виробництва. Навчальний посібник. Чернігів: ЧДТУ, 2003. 142 с.
3. Городецький І. В, О. Тимочко. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: методичні рекомендації до виконання розділу у роботах ОКР "Магістр" студентами факультету механіки та енергетики. Львів: Львівський НАУ, 2011. 16 с.
4. Гуменюк І.В. Іваськів О.В., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: Підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
5. Драган С.В. Практикум зі зварювання: Навчальний посібник. Миколаїв: НУК, 2008. – 68 с.
6. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки. [Чинний від 1995-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1994. 48 с.
7. ДСТУ EN ISO 14171:2015 Зварювальні матеріали. Дроти електродні суцільні й порошкові та комбінації дріт електродний/флюс для дугового зварювання під флюсом нелегованих та дрібнозернистих сталей. Класифікація (EN ISO 14171:2010, IDT; ISO 14171:2010, IDT): http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82838.
8. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=64466.
9. ДСТУ 8540:2015 Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64878.

10. Економічна енциклопедія: У трьох томах. Т. 1. / Редкол.: ...С. В. Мочерний (відп. ред.) та ін. Київ: Видавничий центр "Академія", 2000. 864 с.
11. Зварювальний напівавтомат EWM Saturn 301 FKG. [Електронний ресурс]. Режим доступу: – <https://ek.ua/ua/EWM-SATURN-301-FKG.htm>.
12. Камель Г. І., Гасило Ю. А., Івченко П. С., Романюк Р. Я. Контроль якості зварювання. Т. 1. Неруйнівні методи контролю: навчальний посібник. Кам'янське: ДДТУ, 2018. - 241 с.
13. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. посібник. Київ: Арістей, 2006. – 272 с.
14. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. 6-те вид. Київ: Либідь, 2006. 400 с.
15. Коробочка О.М., Рудасьов В.Б. Прогресивні технології відновлення і ремонту кузовних деталей автомобілів. «Системні технології», 2002 р. 127 с.
16. Корсун М.Б. Автомобілі КрАЗ-65055, КрАЗ-65053, КрАЗ-64431. Інструкція з ремонту 65055-3902030-00 РР. [Електронний ресурс]. Режим доступу: – <https://sd95d2cbd361a0b8d.jimcontent.com/download/version/1529911872/module/14952100022/name/KRAZ%2065055-65053-64431%20Manual.pdf>
17. КрАЗ-65055 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%90%D0%97-65055>.
18. Лебедєв А. Т., Мигаль В. Д., Шевченко І. О., Шуляк М. Л. Автомобіль вантажний. Сучасні конструкції: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти ЗВО /; за ред. проф. А. Т. Лебедєва; ХНТУСГ. Харків: ТОВ «Планета-Прінт», 2021. 369 с.
19. Лист гарячекатаний. [Електронний ресурс]. Режим доступу: – <https://www.maxima-metall.com.ua/ua/lystovy-prokat/lyst-hariachekatanyi>.
20. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2011. - 557 с.
21. Платформа автомобіля КрАЗ-65055. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://selm.com.ua/parts_catalog/truck/17/675/23.

22. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я. Чабанний. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2007. 348 с.
23. Реноваційні технології зварювання і споріднених процесів. Конспект лекцій для студентів спеціальностей 7.05050401, 8.015050401 «Технологія та устаткування зварювання», 7.05050402, 8.050050402 «Зварювальні установки», 7.05050403, 8.05050403 «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» / Укладачі: С. М. Гетманець, Д. В. Степанов. Київ: НТУУ «КПІ», 2013. 109 с.
24. Самоскид КрАЗ-65055-040 6х4. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://banga.ua/pages/avtomobili-kraz/samosvaly/kraz-65055-040>.
25. Швець О.П. Вивчення обладнання для механізованого зварювання в середовищі захисних газів (MIG/MAG): методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2018 р. 19 с.
26. Швець О.П., Березовецький С.А., Шеремета Р.Б. Проектування та розрахунок зварних з'єднань. Методичні рекомендації до виконання практичної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування». Львів: ЛНАУ, 2020. - 10 с.
27. Швець О.П. Технології та обладнання зварювання металів і пластмас: Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи на тему «Зварювання сталей в середовищі вуглекислого газу» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування». Львів: ЛНАУ, 2020. - 10 с.
28. Шевченко М.П. Методичні вказівки по розрахунку режимів зварювання з дисципліни «Технологічні основи зварювання плавленням» для спеціальності 5. 05050401 «Зварювальне виробництво». Маріуполь, ДВНЗ «ПДТУ», 2019. 28 с.

ДОДАТКИ

																				7
										65055-8500030										
A	Цех	Діл	Опер	Код, назва операції						Позначення документа										
Б	Код, назва обладнання						см	Проф.	Р	УТ	КР	КОВД	ЕН	ОП	Кшт.	Т пз	Т шт.			
К/М	Назва деталі, складальної одиниці чи матеріалу						Позначення, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КІ	Н. випр.				
A 01	1	1	1	015	Складання п.1,2,3 і п.4						ISO 14171:2010									
Б 02	MIG/MAG, обладнання для зварювання																			
	MIG/MAG, обладнання для зварювання						1	18466	4	1	2									
М 03	Круги відрізні (1,6-2,0 мм) і абразивні (4-6 мм)						ДСТУ 21963-2002													
М 04	Зварювальний дріт 1,2 мм, вуглекислий газ вищий сорт						ДСТУ ISO 14171:2015, ДСТУ 4817:2007													
О 05	1. Зібрати конструкцію 1,2,3 та кріплення борта 4, закріпити в пристрої, витримуючи розміри, відповідно до карти ескізів																			
О 06	2. Зробити прихватки механізованим зварюванням в середовищі захисних газів довжиною 40-50 мм, крок 200 мм катетом 3 мм																			
Т 07	Маска сварювальника, щітка металева, вимірювальна металева лінійка-300 мм, лупа вимірювальна ЛВП-3-10, УШС 3																			
A 08	1	1	1	020	Зварювання заднього борта						ISO 14171:2010									
Б 09	MIG/MAG, обладнання для зварювання																			
	MIG/MAG, обладнання для зварювання						1	19905	5	1	2									
М 10	Круги відрізні (1,6-2,0 мм) і абразивні (4-6 мм)						ДСТУ 21963-2002													
М 11	Зварювальний дріт 1,2 мм, вуглекислий газ вищий сорт						ДСТУ ISO 14171:2015, ДСТУ 4817:2007													
О 12	Зварити задній борт механізованим зварюванням в середовищі захисних газів катетом 6 мм відповідно до карти ескізів																			
Т 13	Маска сварювальника, щітка металева, вимірювальна металева лінійка-300 мм, лупа вимірювальна ЛВП-3-10, УШС 3																			
A 14	1	1	1	025	Контроль ВІК						ISO 14171:2010									
О 15	Провести візуальний контроль зварного з'єднання. Тріщини недопустимі. Пори допускаються в кількості 2-3 шт діаметром не менше 10 мм. Підрізи допустимі глибиною до 0,2 мм. Напливи зачистити. Перевірити відповідність геометричних розмірів зварних швів відповідно ISO 14171:2010. Перевірити ширину шва, висоту підсилення.																			
Т 16	Вимірювальна металева лінійка-300 мм, лупа вимірювальна ЛВП-3-10, УШС 3, щітка сталеві																			
A 17	1	1	1	030	Контроль ЧЗК						ДСТУ EN 1330-2:2008									
Б 18	Ультразвуковий дефектоскоп						1	11830	6	1	2									
О 19	Перевірити зварні шви ЧЗК. Об'єм перевірки 100%																			
20																				
21																				
22																				
МК																	3			

