

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### Вдосконалення технології виготовлення елементів вихлопних систем легкових автомобілів

Рівень вищої освіти                      бакалавр  
Галузь знань                                13 «Механічна інженерія»  
Спеціальність                              132 «Матеріалознавство»  
Освітня програма «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

Шифр КРБМТВА 2522159. 000 ПЗ

Виконав студент 3-го курсу  
група МТВАс 22-2  
Шифр

  
Підпис

Ігор САГАЙДАК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник К.Т.Н., доц.  
Науковий ступінь, звання

  
Підпис

Олег БАБАК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

  
Підпис

Олег МАКОВКІН  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри ТАМ  
Назва

  
Підпис

Олександр ДИХА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата 9.06.25

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Навузь знань 13 «Механічна інженерія»

спеціальність – 132 «Матеріалознавство»

рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

світньо-професійна програма – «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри TAM

проф., д.т.н. Диха О.В.

20.02

2025 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Сагайдака Ігора Костянтиновича

Прізвище, ім'я, по батькові

Тема роботи «Вдосконалення технології виготовлення елементів вихлопних систем легкових автомобілів»

Виконавець роботи

Бабак Олег Петрович к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025р. № 23 (Д14)

Термін подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2025 року

Вихідні дані до роботи Матеріали переддипломної практики; робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно – технологічна документація по розбиранню, експлуатації, складанню і регулюванню вузла дослідження; вимоги з охорони праці і безпеки роботи при виконанні ремонтних робіт; техніко – економічні показники роботи підприємства.

Вихідні дані до роботи Лист розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) та аналіз вихідних даних та відомих технічних рішень; 2 Розробка технологічного процесу паяння; 3. Обґрунтування конструктивного рішення пристрою і способу для виведення вихлопних газів двигуна внутрішнього згорання; 4. Безпека та екологічність технологічного процесу; 5. Оцінка економічної ефективності проектної технології.

Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на екрані

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання\_----

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строки виконання	Прим
1	<i>Літературний огляд</i>	20.05.2025	
2	<i>Технологічний розділ</i>	25.05. 2025	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	30.05. 2025	
4	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	2.06. 2025	
5	<i>Оформлення презентації кваліфікаційної роботи</i>	5.06. 2025	
6	<i>Нормоконтроль кваліфікаційної роботи</i>	9.06. 2025	
7	<i>Підписання розділів. Затвердження дати захисту</i>	10.06. 2025	

Студент

  
Підпис

Ігор САГАЙДАК  
Ім'я, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

Олег БАБАК  
Ім'я, прізвище



## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Аналіз вихідних даних та відомих технічних рішень.....	7
1.1 Причини виникнення несправностей конструктивного елемента.....	8
1.2 Ремонт конструктивного елемента.....	8
1.3 Заміна конструктивного елемента.....	9
1.4 Складові випускної системи автомобіля.....	10
1.5 Принцип дії нейтралізатора.....	11
1.5.1 Аналіз властивостей матеріалу конструкції.....	12
1.5.2 Базовий технологічний процес виготовлення виробу.....	13
1.5.3 Аналіз можливих варіантів з'єднання напівкопусів виробу.....	15
1.5.4 Розглянемо технологію паяння.....	20
1.6 Завдання випускної кваліфікаційної роботи.....	22
2. Розробка технологічного процесу паяння.....	23
2.1 Вибір варіанта способу нагрівання корпусу нейтралізатора.....	23
2.2 Аналіз можливих систем присадних матеріалів.....	23
2.3 Технологічний процес паяння.....	25
2.4 Ремонт випускного колектора.....	27
2.4.1 Ознаки несправності та ремонт випускного колектора.....	29
2.4.2 Специфіка проведення ремонтних робіт випускного колектора.....	30
3 Обґрунтування конструктивного рішення пристрою і способу для очищення вихлопних газів двигуна внутрішнього згорання.....	32
3.1. Обґрунтування необхідності розробки способу і пристрою для очищення вихлопних газів.....	32
3.2. Вимоги, які ставляться до розробки.....	33

<b>КРБМТВА 25.22159. 000 ПЗ</b>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат
Розроб.		Сагайдак		5/16/25
Перевір.		Бабак		
Реценз.				
Н. Контр.		Маковкін		
Затверд.		Диха		
Вдосконалення технології виготовлення елементів вихлопних систем легкових автомобілів				
		Літ.	Арк.	Акрюшів
			4	77
ХНУ група МТВАс 22-2				

3.3. Будова і принцип дії пристрою для очищення вихлопних газів двигунів внутрішнього згорання.....	34
3.4. Розрахунок параметрів вихлопних газів.....	44
4. Безпека та екологічність проектного технологічного процесу.....	46
4.1 Технологічна характеристика об'єкту.....	46
4.2 Ідентифікація професійних ризиків.....	48
4.3 Методи та засоби зниження професійних ризиків.....	50
4.4 Забезпечення пожежної безпеки технічного об'єкту.....	52
4.5 Забезпечення екологічної безпеки технічного об'єкту.....	54
5 Оцінка економічної ефективності проектної технології.....	57
5.1 Вихідна інформація для виконання економічної оцінки пропонованих технічних рішень.....	57
5.2 Розрахунок фонду часу роботи обладнання.....	60
5.3 Розрахунок штучного часу.....	61
5.4 Заводська собівартість базового та проектного варіантів технології..	63
5.5 Капітальні витрати за базовим та проектним варіантами технології..	68
5.6 Показники економічної ефективності.....	71
Висновок.....	74
Список використаної літератури та джерел.....	75
Додатки.....	77

## Вступ

Наразі існує реальна загроза для навколишнього середовища через забруднення атмосфери вихлопними газами. Багато в чому цю проблему можна вирішити за допомогою системи вихлопних газів автомобіля. Розробки каталітичних нейтралізаторів для випускної системи автомобілів почалися ще в 60-х роках минулого століття. Наразі конструкційний каталізатор складається з герметичної металевої оболонки, всередині якої розташована керамічна стільникова конструкція. Як каталітичні перетворювачі, платина, родій і паладій є дорогими речовинами.

Каталітичні нейтралізатори складаються з керамічних стільникових конструкцій і напівкорпусів із металу. Після цього виконується зварювання б-ти точок з відбирання напівкорпусів, а потім матеріал передається на аргонодугове зварювання (TIG) за допомогою агресивного газу. Проблеми з цією технологією такі. Завдяки складній конструкції зварного шва виконання виконується вручну. Зварювальник втомлюється від постійних маніпуляцій пальником під час роботи. Крім того, якість зварювання безпосередньо залежить від досвіду та сумлінності зварювальника [1].

Зварювання напівкорпусів вимагає створення спеціалізованої установки чи робототехнічного комплексу [2]. При цьому такий недолік, як постійне використання обмеженої швидкості зварювання, не усувається.

З цієї причини мета випускної кваліфікаційної роботи полягає в тому, щоб підвищити продуктивність процесу з'єднання напівкорпусів каталітичного нейтралізатора.

					<i>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## 1. Аналіз вихідних даних та відомих технічних рішень

Одним із найважливіших компонентів вихлопної системи є вихлопний колектор. Нержавіюча сталь також може бути використана, оскільки ця сталь є більш міцною та довговічною. За відсутності каталізатора встановлюється безпосередньо до труби вихлопу та двигуна автомобіля.

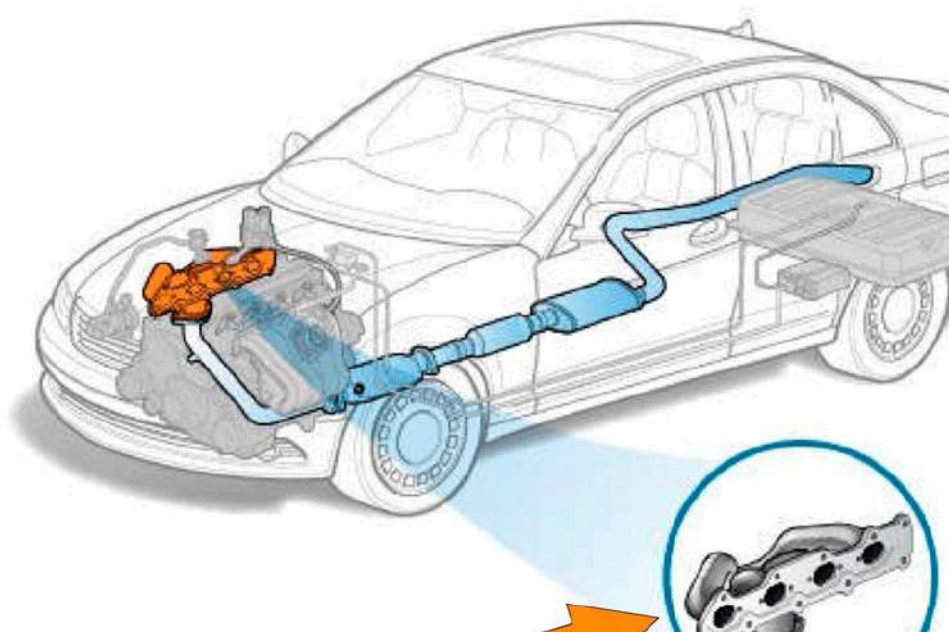


Рисунок 1 – Основні елементи випускної системи автомобіля

Завдяки тому, що колектор знаходиться близько до двигуна, його робота та вібрації можуть негативно вплинути на цілісність елемента вихлопної системи. Конденсат утворюється на стінках деталі після зупинки двигуна. Це головний ворог металу, оскільки іржа утворюється при видаленні конденсату

Використання професіоналів для регулярного технічного обслуговування вихлопної системи дозволяє швидко оновлювати вихлопні колектори. Крім того, ви можете відкласти час, необхідний для ремонту або повної заміни.

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Випускний колектор збирає вихлопні гази в єдиний потік. Який потім повинен транспортуватися до глушника, щоб вивести його за межі машини. У зв'язку з тим, що вплив на конструкцію з усіх боків, ремонт випускних колекторів може знадобитися в найнесподіваніший момент. Внаслідок особливостей роботи двигуна на цілісність колекторів ззовні впливає конденсат, а з внутрішньої сторони чиниться тиск.

### 1.1 Причини виникнення несправностей конструктивного елементу.

Випускний механізм приймає великі навантаження, серед яких значні перепади температур, механічні впливи та вібрації. Внаслідок цього йому потрібна особлива увага. Причинами поломок стають:

- неякісне паливо;
- порушення технологій під час ремонту у системі запалювання;
- перегрів двигуна;
- знос втулок, клапанів і т.д.

### 1.2 Ремонт конструктивного елементу

У процесі традиційного ремонту вихлопного колектора необхідно видалити іржуючі ділянки компонента вихлопної системи. Неправильне видалення іржі може призвести до утворення тріщини, яка може призвести до аварійної зупинки машини. Для швидкого ремонту використовується зварювання випускного колектора.

Ремонт починається з зняття захисту біля силового агрегату, який кріпиться трьома гайками, які відкручуються під час роботи. Перед зніманням захисту перевірте, чи не містить він різних забруднень, і очистіть їх, якщо є.

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Щоб полегшити відкручування кріплень, на яких тримається захист, вони змащуються маслом. Далі можна приступити до відновлення деталі..

### 1.3 Заміна конструктивного елемента

Існують випадки, коли навіть найпрофесійніше зварювання колектора не може виправити проблеми з роботою та цілісністю конструкції. У цих випадках єдине, що потрібно зробити, це повне заміщення елемента. Це дозволить системі відведення відпрацьованих газів працювати як раніше.

Згідно з практикою, краще довірити їх виконання професійним фахівцям СТО, навіть якщо вони мають відповідний досвід роботи та спеціальне обладнання. Вони розуміють тонкощі процесу. В іншому випадку ефективність вихлопної системи буде дещо сумнівною, а витрати на виконання робіт можуть перевищити очікувані показники.

У випадку заміни прокладки колектора перевірте, чи немає там забруднень або інших сторонніх предметів. Зачистіть всі болти та поверхню колектора, перш ніж змастити його олією. З оглядової ями це значно легше. Якщо лямбда-зонд прикріплений до цієї деталі, його слід від'єднати від роз'єму.

Після цього приймальні труби, які краще відкручувати зверху, можна видалити. Проведення робіт нижче потребуватиме усунення захисту. Приймальну трубу обов'язково потрібно заткнути. При відкручуванні гайок на колекторі ви повинні злити антифриз.

Зняття випускної деталі відбувається після зняття кріплення. У будь-якому випадку прокладка змінюється. Необхідно замінити шпильки, якщо вони просто вискочили або зламалися через перепади температури. Їх слід

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

висвердлити бічним дрилем. Після цього просушіть отвір. Новий фіксатор різьблення використовується для встановлення нових кріплень. Після цього використовується новий колектор. Деталь встановлюється на ті ж шпильки та гайки. Після завершення процесу всі запчастини встановлюються, і завдання вважається завершеним.

#### 1.4 Складові випускної системи автомобіля

Вихлопна система легкових автомобілів зазвичай складається з таких основних компонентів: вихлопних труб, каталітичного конвертера та глушників. Отже, вихлопна система знижує шум автомобіля та шкідливі викиди двигуна від бензину та іншого палива при згорянні [15].

Каталітичний конвертер порівняно недавно почали встановлюватись на автомобілі, рисунок 2.

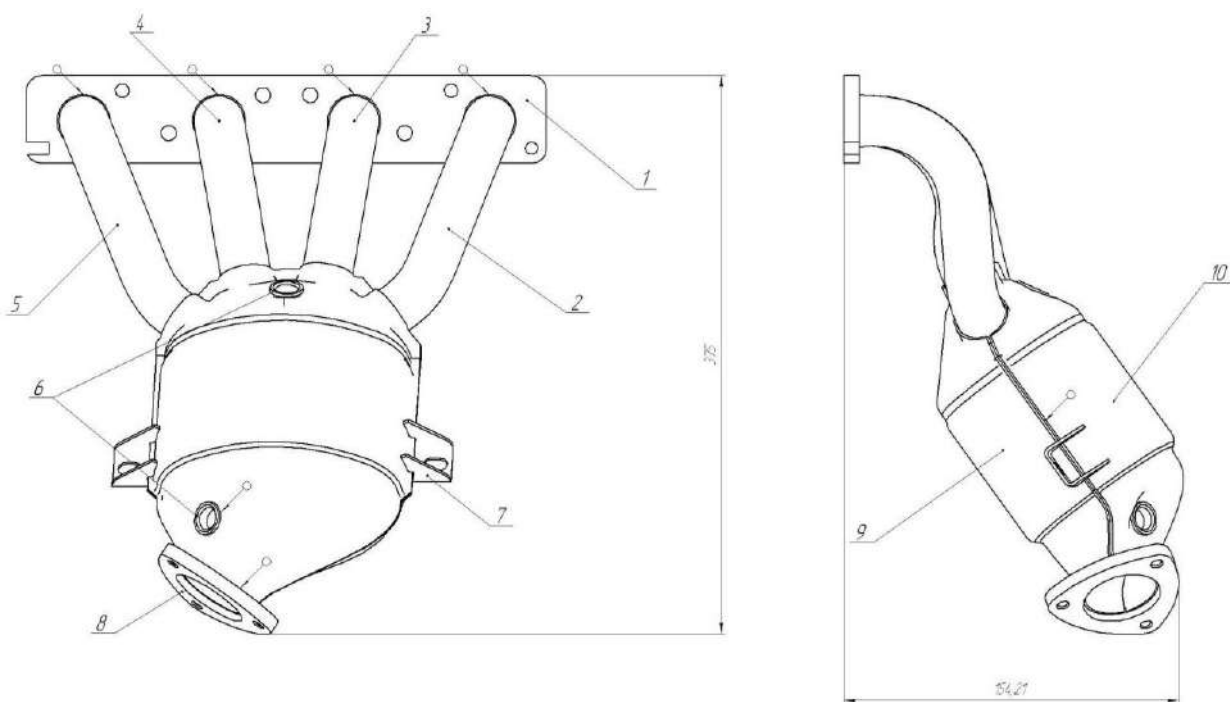


Рисунок 2 - Каталітичний нейтралізатор

1. Фланець приєднувальний; 2. Труба крайня права; 3. Труба середня

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

- права; 4. Труба середня ліва; 5. Труба крайня ліва; 6. Втулка; 7.Кронштейн кріплення; 8. Фланець приймальної труби глушника;  
9. Напівкорпус внутрішній; 10. Напівкорпус зовнішній

### 1.5 Принцип дії нейтралізатора.

Рисунок 3 показує, як вихлопні гази проходять через керамічні стільники, напілені на поверхні каталізатора, що призводить до спалювання чадного газу до діоксиду вуглецю, спалювання вуглеводнів і відновлення оксидів азоту.

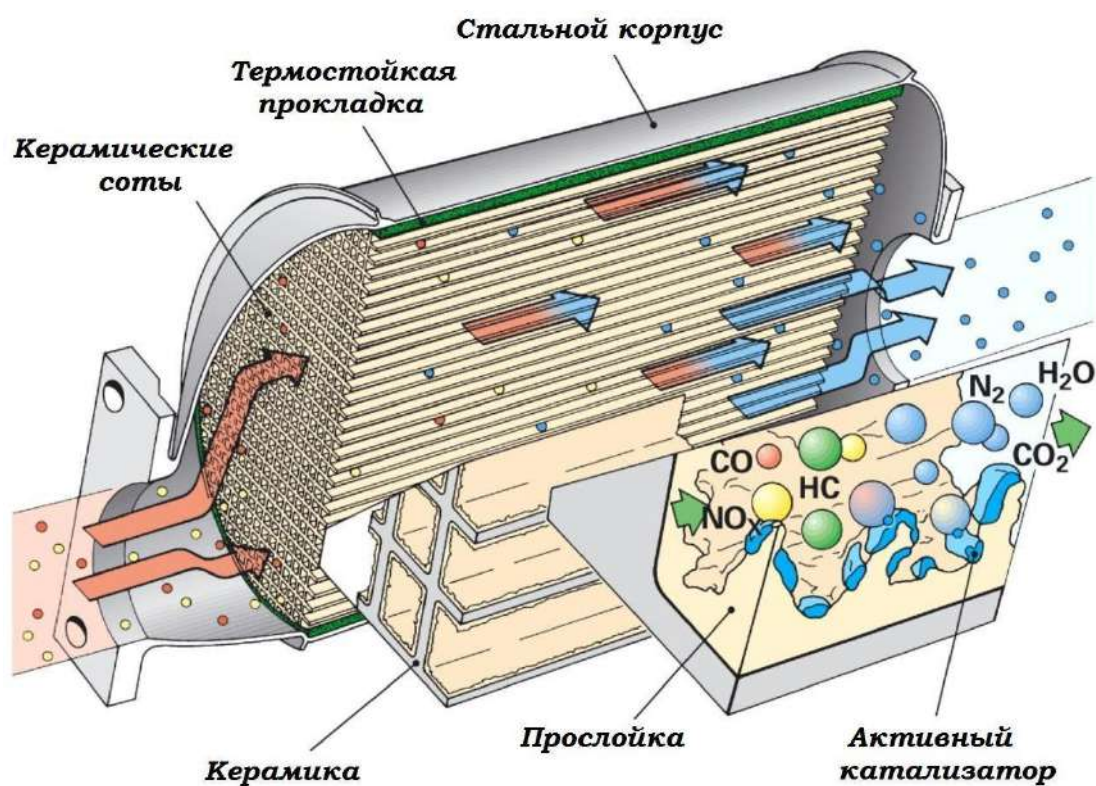


Рисунок 3 – Схема роботи пристрою

Чим менше токсичних речовин потрапить в атмосферу після запуску двигуна, тим швидше каталітичний нейтралізатор розігріється до робочої температури. Таким чином, варіант нейтралізатора встановлюється безпосередньо біля блоку циліндрів, як показано на рисунку.

### 1.5.1 Аналіз властивостей матеріалу конструкції

Корпус каталітичного нейтралізатора складається зі сталі AISI 439. Це феритна нержавіюча сталь AISI 439, яка не містить нікелю та стабілізована титаном. Сталь 08X17T (ДСТУ 5632-72) є її еквівалентом. Сталь AISI 439 не кородується в багатьох окисних середовищах, навіть у киплячих кислотах. Таблиця 1 показує збалансований склад сталі, який забезпечує високу стійкість як до загальної, так і до міжкристалітної корозії.

Сталь AISI 439 має титан і алюміній у поєднанні зі зниженим вмістом вуглецю, що робить її міцнішою та пластичнішою, порівняно з марками нікелю типу AISI 304. Це також означає, що сталь має більшу стабільність структури при нагріванні та зварюванні.

Таблиця.1 – Хімічний склад сталі AISI 439

склад %	вуглець	Марганець	P	S	Si	Cr	Ni	N	Ti	Al
по ASTM A240	0.07 макс.	1.0 макс.	0.04 макс.	0.03 макс.	1.0 макс.	17.0-19.0	0.5 макс.	0.04 макс.	1.10 макс.	0.15 макс.

Хороша пластичність і висока міцність цієї сталі дозволяють успішно застосовувати обробку тиском для формування деталей. Згідно з ДСТУ 5632-72, сталь марки 08X17T може бути рекомендована «як замітник сталі марок 12X18H10T та 12X18H9T». Сталь 439 має високу зварюваність завдяки стабілізації структури титаном і низькій концентрації вуглецю [15].

Крім того, нержавіючі феритні сталі стійкі до різних середовищ, які містять сірки. Це відрізняє їх від аустенітних нікельвмісних сталей типу «18Cr-10Ni». Таким чином, труби та вироби зі сталі AISI 439 можна

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

використовувати в установках, які перекачують різні види вуглеводнів, включаючи газ, нафту та нафтопродукти, а також у газопереробних і нафтопереробних установках [15].

Це важливе для нашого випадку, оскільки іноді моторне паливо містить невелику кількість сірки.

### 1.5.2 Базовий технологічний процес виготовлення виробу

Зважаючи на те, що компоненти запропонованого каталітичного нейтралізатора виготовлені з нержавіючої сталі, їхні частини з'єднуються ручним дуговим зварюванням в аргоні електродом, що не плавиться.

При цьому застосовують такі зварювальні матеріали як:

- зварювальний дріт Св-04Х19Н9;
- вольфрамовий електрод лантанований;
- аргон.

При цьому застосовують обладнання:

- джерело живлення зварювальної дуги ВДГУ-302;
- складальний стенд.

Типова технологія складання-зварювання каталітичного нейтралізатора включає наступні операції: вхідний контроль, зачистка, знежирення, складання, прихватка, обварка, контроль.

Перед початком зварювання перевіряється:

- наявність у зварювальника допуску до виконання даної роботи;
- якість напівкорпусів;
- стан кромки та прилеглих поверхонь;
- наявність документів, підтверджуючих позитивні результати контролю зварювальних матеріалів;
- стан зварювального обладнання або наявність документа, що підтверджує належний стан обладнання.

					КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

«Збирання є першою операцією базового технологічного процесу. Цей процес збирає блоки та напівкорпуси. Напівкорпуси виготовляють із сталі AISI 439 товщиною 2 мм. На ділянці надходять напівкорпуси в оборотній тарі, а потім оператор переміщує необхідну кількість з оборотної тари на операцію складання. Крім того, керамічні блоки можна придбати в оборотній тарі. По-перше, тара витягується з захисної упаковки, а потім блоки витягуються з індивідуального захисного пакування. Матеріал для пакування складається в спеціально виділеній оборотній тарі. Заборонено викидати будь-які інші виробничі відходи в цю тару. Крім того, заборонено складувати пакувальний матеріал у будь-яку іншу обігову тару на ділянці [15].

Робочі блоки каталітичного перетворювача складаються в складальні оснастки для спеціальних пристосувань через крихкість керамічних компонентів. Керамічні блоки витягуються з пристосування та обертаються прокладкою з зусиллям 25 Н під час складання. Збір включає наступні кроки:

1. У порожнину оснастки встановлюють напівкорпус.
2. Контролюють на предмет зсувів, після чого обтягнутий прокладкою керамічний блок встановлюють зверху.
3. Контролюють усунення і укладають другий напівкорпус.
4. Контролюють зазор та зміщення між напівкорпусами і не виймаючи з оснастки відправляють на операцію контактного зварювання.
5. На машині контактного зварювання МТ1928Л виконують на фланцях по 6 точок з кожного боку. Крапки повинні бути рівномірно розподілені по відбортунню. Сила зварювального струму 7000 А, час зварювання – 0,18 сек. Зусилля стискання приймають 20 кН.

«Операція додаткового контактного зварювання завершується операційним контролем. Зварні точки стежать за наявністю дефектів. Не можна допускати вм'ятин, пропали, непровари та тріщин [22].

Після операційного контролю корпус передають на дугове зварювання. Зварювання робиться руками. Це аргонодугове зварювання електродом, що

					<i>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

плавиться. Напівкорпуси, які були попередньо зварені контактним зварюванням, укладаються в оснастку, фіксуються, а потім аргонодугове зварювання фланців здійснюється вручну за допомогою електроду, що плавиться. Сила струму 180 А, напруга дуги 38 і швидкість зварювання 60 метрів на годину є можливими параметрами. Витрати на захисний газ 7 л/хв. Не можна дозволяти електроду рухатися далі ніж 0,5 мм [22].

Після зварювання фланців корпусу слід калібрувати.

Після операції калібрування патрубків підводять з переднім фланцем, а потім корпус зварюють з кільцем ущільнюючим і притискним фланцем [22].

Зварений корпус контролюється. Враховувалися візуальні вимірювання та перевірка герметичності. Не допускаються напливи, непровари, наскрізні пори та подрізи більше 0,15 мм.

У процесі перевірки герметичності використовується спеціальний стенд. На вхідний патрубок встановлюють заглушки, а вихідний патрубок приєднують до компресора. До тиску 0,4 МПа компресор нагнітає повітря. Після досягнення цього тиску вентиль перекривають, щоб встановити його падіння. Падіння тиску на хвилину не повинно перевищувати 0,04 МПа.

У технологічному циклі виготовлення також передбачено контроль геометрії звареного вузла. Цей тип контролю становить 1 відсоток від партії. Виріб укладають на спеціалізований стенд і перевіряють, чи відповідають отвори кріплення на кільцях кресленню.

### 1.5.3 Аналіз можливих варіантів з'єднання напівкопусів виробу

Якщо взяти до уваги класифікацію способів зварювання відповідно до ДСТУ 19521-74 «Зварювання металів», Це можна досягти за допомогою різних типів зварювання, наприклад дугового, електрошлакового, електронно-променевого, плазмово-променевого, іонно-променевого, у тліючого розряду, світлового, індукційного, газового, термітного та ливарного.

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Тим не менш, не всі види, наведені нижче, можуть бути використані для зварювання напівкорпусів каталітичного нейтралізатора. Наприклад, товщина не відповідає варіанту електрошлакового зварювання. Для реалізації варіанта електронно-променевого зварювання потрібна вакуумна камера, чий внутрішній простір перевищує розміри теплообмінника. Найкращим методом зварювання є дугове. Тим не менш, є кілька способів, за допомогою яких вона може бути реалізована.

Рисунок 3 показує варіант електродугового зварювання покритими електродами для зварювання нержавіючих сталей.

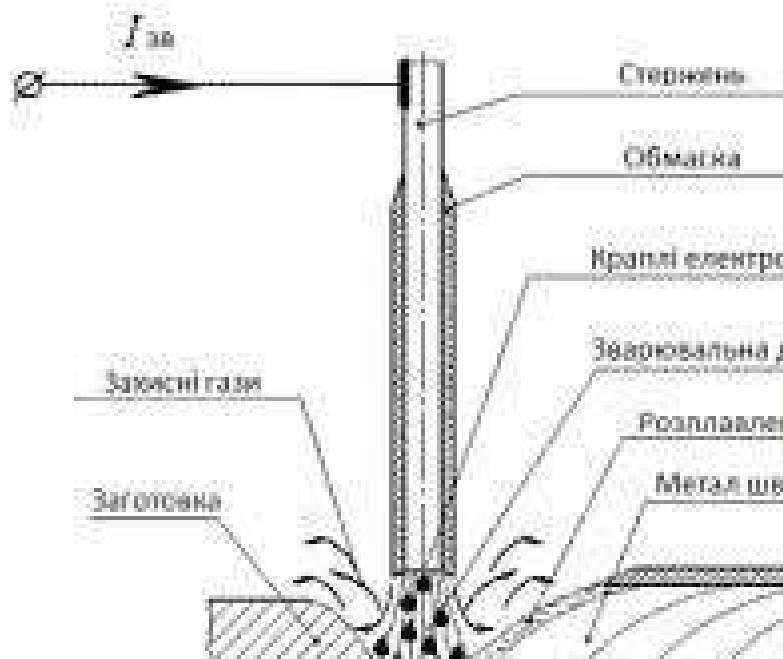


Рисунок 3 – Схема зварювання покритими електродами

Зварювання покритими електродами має багато переваг. Це простий процес, не потребує складного обладнання, дозволяє зварювати різні матеріали і є більш мобільним (можна працювати автономно) при зварюванні в будь-якому положенні [1].

Недоліки методу включали низьку продуктивність процесу зварювання та відсутність часткової або повної механізації процесу. Якість зварювання безпосередньо залежить від рівня підготовки зварювальника. Може залишитися

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

у шві непровари, якщо його не зачищають належним чином. Метал проходить значне проплавлення, що призводить до аномалій у складі електродного металу та частки основного металу [18].

Незважаючи на це, цей метод залишається найпростішим і найбільш поширеним у промисловості для отримання зварних з'єднань.

Механізація процесу подачі присадного матеріалу до зони горіння дуги вирішує проблеми зварювання покритими електродами, такі як низька продуктивність.

Механізоване зварювання виконується на постійному струмі з зворотною полярністю, як показано на рис. 3.

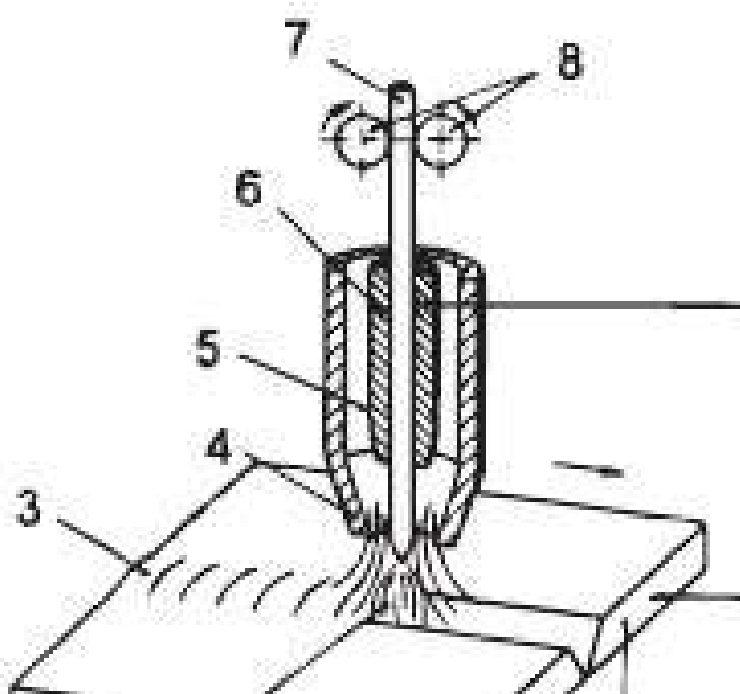


Рисунок 3 – Механізоване зварювання серед захисного газу

Умови роботи деталі визначають електродний дріт. Найчастіше це дроти, які містять більше кремнію та марганцю [16]. Це потрібно зробити, щоб переконатися, що хімічний склад основного металу та наплавленого валика зварного шва є однаковим. Внаслідок високої спорідненості до кисню кремній і марганець вигоряють. Габарити деталі, або товщина виробу, визначають швидкість зварювання.

Зварювання в захисному газі має багато переваг, таких як менше проплавлення основного металу, що призводить до більш однорідної структури шва, кращі експлуатаційні характеристики металу, ніж при наплавленні за допомогою покритих електродів, можливість виконувати процес у різних місцях, висока продуктивність і механізація [14].

Недостатності включають сильне розбризкування металу під високими струмами. Здування дуги та забруднення сопла пальника ускладнюють процес зварювання на відкритих ділянках. Пальник з водяним охолодженням необхідний для роботи з високими параметрами режиму зварювання.

Рис. 5 демонструє сучасний метод дугового зварювання металу, який називається плазмовим зварюванням. Полягає в тому, щоб нагріти з'єднані частини плазмового струменя. Стрічки та прутки можна використовувати як присадковий метал.

Зварювання деталей плазмовим струменем може відбуватися різними способами. Одним із варіантів є дуга прямої дії, коли дуга горить між вольфрамовим електродом і виробом; інший — дуга незалежної дії, коли дуга горить між електродом плазмотрону та присадковим дротом; і другий — дуга між вольфрамовим електродом і затвором арматури [12]. У випадку використання дуги прямої дії, яка дозволяє отримувати невелике проплавлення лише за допомогою низьких струм, продуктивність буде нижчою, ніж у менш продуктивних методах наплавлення [16].

Підвищені струми не повинні використовуватися, оскільки вони можуть значно проплавити метал напівкорпусів каталітичного нейтралізатора.

Переваги плазмового зварювання включають невелику зону термічного впливу на основний метал і високу концентрацію теплоти плазмового струменя.

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

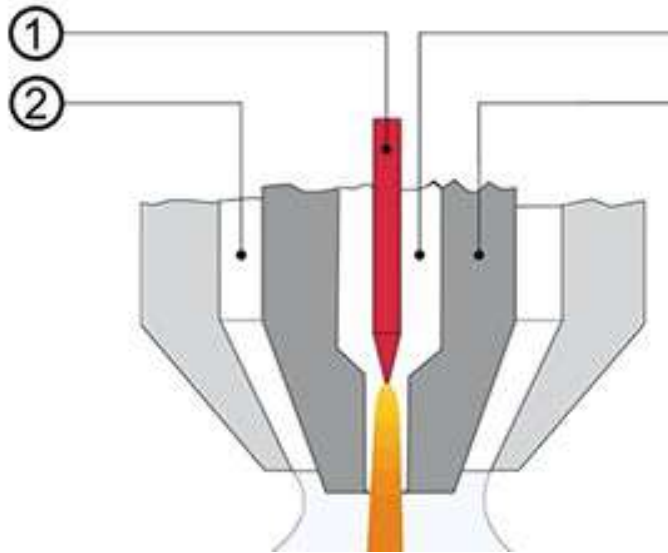


Рисунок 5 – Схема процесу плазмового зварювання

Проблема з цим методом полягає в складності технологічних процесів і обладнання.

Зварювання неплавящимся електродом в середовищі захисного газу широко використовується для зварювання нержавіючих сталей, легованих сталей і кольорових металів, на рис. 6.

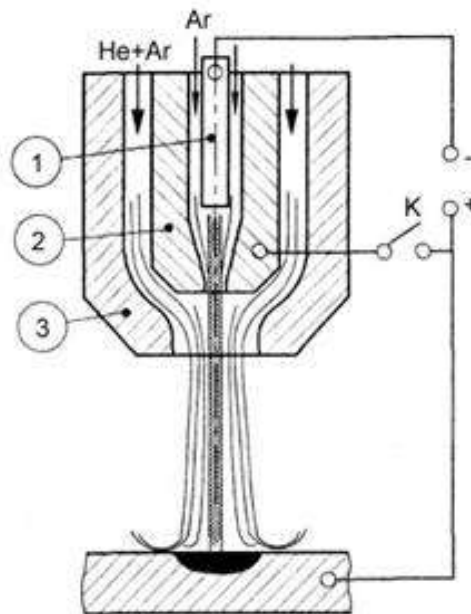


Рисунок 6 – Схема аргонодугового зварювання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ

Арк.

19

У базовому варіанті технологічного процесу використовується цей варіант. Валик формується теплом дуги електрода, що не плавиться, і присадки.

Як присадку під час зварювання використовують прутки, хімічний склад яких може збігатися або відрізнятися від хімічного складу основного металу. У деяких випадках застосовують присадки, щоб забезпечити міцність зварних швів компонентів, які знаходяться в небезпечних умовах, з різними навантаженнями та високими температурами. Завдяки зварюванню такими матеріалами деталі мають більший ресурс.

Зварювання цим методом не викликає бризок металу під час процесу. Він також має меншу кількість дефектів порівняно з іншими методами, меншу деформацію через невелику зону нагрівання виробу та кращу якість шва через застосування захисного газу [20].

Недоліками цього методу є такі: він не є надзвичайно продуктивним, протяги можуть пошкодити захист зварного шва, потрібно використовувати пальники з водяним охолодженням при високих силах струму, необхідно використовувати складне обладнання та тривале налаштування параметрів режиму зварювання.

Порівняльний аналіз різних способів зварювання дозволяє зробити висновок, що застосовувати спосіб зварювання з неплавящимся електродом у середовищі захисного газу є кращим. Але недоліки способу, такі як вимога високої кваліфікації зварювальника та висока трудомісткість, можна вирішити за допомогою автоматизації процесу зварювання. Це вимагає створення спеціалізованого обладнання або використання робототехнічного комплексу. Усі ці заходи є дорогими та витратними.

#### 1.5.4 Розглянемо технологію паяння.

Напівкорпісі можна повністю з'єднати за допомогою паяння за один

					<i>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

термічний цикл. Нахлесткові з'єднання — це тип з'єднання, оскільки вони кращі для паяння. Напівкорпус виробу виготовляють із сталі, що містить хром, як-от нержавіюча сталь AISI 439 без нікелю. Проблема з отриманням паяних сполук із сталей, що містять хром, полягає в тому, що плівка оксиду хрому заважає припою змочуватися та розтікатися по поверхні матеріалу, що з'єднується. Флюси, що містять буру, калій хлористий і борний ангідрид, необхідні для видалення плівки оксиду хрому під час високотемпературного флюсового паяння. Тим не менш, процес нанесення флюсу та його видалення підвищує загальну трудомісткість процесу виготовлення корпусу.

З іншого боку, пічне паяння у вакуумі можна здійснити без використання флюсів, наприклад, за допомогою припоїв, що містять активні компоненти. Можливість паяти сполуки на кількох напівкорпусах за один термічний цикл є ще однією перевагою використання пічного паяння. Таким чином, час, необхідний для вакуумування та нагрівання робочого простору печі, можна розділити на загальну кількість запаяних виробів. Час паяння перевищує час зварювання, якщо робочий простір вакуумної печі дозволяє розмістити не більше десяти паяних виробів.

Несправності в двигуні, неправильна робота каталізатора, необережна їзда по калюжах і сльоті, неправильне миття двигуна, агресивна манера водіння та багато іншого можуть бути причинами тріщин у двигуні. Часті поломки можуть бути результатом неякісних компонентів або бажання виробника скоротити термін служби автомобіля. Сучасні автоконцерни недооцінюють якість своїх автомобілів, часто виготовляючи комплектуючі з низькоякісного металу або допускаючи огріхи під час зборки. Якщо тріщини досягають довжини п'ять сантиметрів або більше, колектор потрібно зварити. Це пов'язано з тим, що колектор розколовся на кілька складових частин і шви лопнули.

					<i>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

## 1.6 Завдання випускної кваліфікаційної роботи

Мета випускної кваліфікаційної роботи: розробка методів ремонту колектора та підвищення продуктивності отримання з'єднання напівкорпусів каталітичного нейтралізатора.

Базова технологія включає аргонодугове зварювання присадним прутком. Зварювальник має робити це вручну.

Ручне дугове зварювання напівкорпусів здійснюється за допомогою звичайного зварювального обладнання, і для цього не потрібно створювати спеціальний пост.

Ручне дугове наплавлення має низку недоліків, включаючи низьку продуктивність і складні умови праці для зварювальників. Крім того, при ручному дуговому наплавленні складно досягти необхідної якості шва та часто виникають дефекти наплавлення.

Аналіз різних можливих способів усунення недоліків застосовуваної технології дугового зварювання не призвів до виявлення найкращого методу підвищення продуктивності. Запропоновано метод паяння.

Завдання випускної кваліфікаційної роботи включають вибір способу нагрівання; вибір припою; розробка технологічного процесу паяння; підбір нагрівального обладнання; розробка стратегій безпеки працівників; і розрахунок економічної ефективності заміни способу.

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

## 2. Розробка технологічного процесу паяння

### 2.1 Вибір варіанта способу нагрівання корпусу нейтралізатора

Для завершення процесу паяння необхідно підвищити температуру до температури, яка перевищує температуру повного розплавлення припою [22]. Нагрівання в печах є кращим варіантом нагрівання для досягнення мети роботи.

Нагрівання в розплаві солей або припою забезпечує високу продуктивність, але ці методи не рекомендуються через низку недоліків.

Для використання варіанту нагрівання в печах потрібно виконати спеціальне обладнання, яке забезпечує закріплення деталей, що піддаються пайці, і притискання їх для підтримки визначеної величини паяльного зазору.

Іноді при пічному паянні матеріали укладають у контейнери, щоб створити там захищене або активне газове середовище. Ця технологічна стратегія дозволяє використовувати печі з атмосферою, яка окислюється. Але такий тип нагріву не підходить для значного підвищення продуктивності.

### 2.2 Аналіз можливих систем присадних матеріалів

Оскільки температура роботи каталітичних нейтралізаторів коливається від 400 до 600 градусів Цельсія, використання низькотемпературного припою не рекомендується для з'єднання.

Напівкорпуси виробу виготовляють із сталі, що містить хром, як-от безнікелева нержавіюча сталь AISI 439. Проблема з отриманням паяних сполук із сталей, що містять хром, полягає в тому, що плівка оксиду хрому заважає припою змочуватися та розтікатися по поверхні матеріалу, що з'єднується. Флюси, що містять буру, калій хлористий і борний ангідрид, необхідні для видалення плівки оксиду хрому під час високотемпературного флюсового

					<i>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

паяння. Тим не менш, процес нанесення флюсу та його видалення збільшує загальну кількість часу, витраченого на виготовлення корпусу.

Пічне паяння у вакуумі було розглянуто раніше. Таким чином, можна використовувати безфлюсове паяння, наприклад припої з активними компонентами. Розглянемо системи міді-нікелі та міді-марганців.

Діаграма стану показує, що мідь і нікель утворюють ряд твердих розчинів. Легування хромом, марганцем, залізом, кремнієм і алюмінієм може підвищити міцність і стійкість мідно-нікелевих припоїв до високих температур [15]. У зв'язку з тим, що не відбувається помітного розчинення основного металу, припої Cu-Ni можуть паятися в нейтральних газах і вакуумі тонкостінних виробів [15].

Властивості сплавів мідь-марганець змінюються з часом через розпад  $\beta$ -фази. Таким чином, для паяння нержавіючих сталей практично не використовують подвійні сплави.  $\beta$ -фаза розпадається значно повільніше в потрійних сплавах. Нікель частіше використовується як припої для сплавів Cu-Mn-Ni, оскільки він зменшує окислення припоїв у рідкому стані та покращує змочування поверхні сталей, які є корозійностійкими [5]. Зупинка на припої ВПр-4 була зроблена після аналізу інших можливих припоїв. Сплав міді, марганцю та нікелю є основою припою. Залізо, мідь, фосфор, титан, кобальт і інші добавки додаються.

Таким чином, ми вибрали припій ВПр-4 для нашого продукту [15]. Хімічний склад припою ВПр-4 наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 містить хімічний склад припою ВПр-4, % мас.

Елементи	Мідь	Нікель	Залізо	Кремній	Марганець	Кобальт	Фосфор	Титан
Вміст	Основа	28-30	1,0-1,5	0,8-1,2	27-30	4,0-6,0	0,1-0,2	0,05-0,12.

Однією з переваг цього припою є те, що він не проникає між зернами основного металу та не розчиняє його [3,4]. Це важлива перевага, оскільки тонкостінний корпус каталітичного нейтралізатора.

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>			Арк.
								24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

На додаток до цього, промисловість виробляє цей припій у формі порошку. Застосування його як пасту може полегшити процес нанесення припою. Наприклад, змішавши акрилову смолу в розчиннику Р5. Таким чином, компоненти пасту, такі як розчинник і смола, безслідно випаровуються у вакуумі під час нагрівання.

Таким чином, для нашої продукції можна використовувати порошковий припой разом із складом, що складається з 10% акрилової смоли та 90% розчинника Р5. Порошок припою змішується на сполучному, щоб створити масу, яка відповідає вимогам консистенції [22].

Для нанесення пасту припою ВПр-4 можна застосувати точкові дозатори.

### 2.3 Технологічний процес паяння.

Операції вхідного контролю були адаптовані. На відміну від варіанта зварювання, операція складання змінилася, збираючи під пайку.

На поверхню, що паяється, наноситься шар припою. Для цієї операції ми використовуємо дозатор IVATO FG-61. Загалом укладаємо сорок виробів у пристосування для паяння. Переміщуємо пристрій у камеру вакуумної печі за допомогою вилкового навантажувача. Після цього камеру відкачуємо до глибини вакууму 10<sup>-2</sup>...10<sup>-3</sup> мм.рт.ст.

Після того, як глибина вакууму досягнута, включаємо нагрівання печі до температури плавлення припою 1050 °С і витримуємо 10 хвилин, а потім вимикаємо нагрівачі. Охолоджуємо матеріал у печі до температури кристалізації припою ВПр-4, яка становить 950 °С. Після досягнення температури 50–70 °С запускаємо інертний газ, щоб прискорити процес охолодження.

Вимірювання використовуються для контролю. Не можна допускати непропаїв і тріщин у паяних швах.

Контроль герметичності виконується так само, як і в основному варіанті

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

технології.

Якщо продукт задовольняє всі вимоги, деталі відправляють на складання.

У пункті 2.1. випускної кваліфікаційної роботи показано, що нагрівання у вакуумній печі є кращим при реалізації технологічного процесу паяння корпусу.

Ми вибираємо вакуумну піч опору VHGX серії. Дані печі широко використовуються через те, що вони універсальні. Для печей серії VHGX розміри робочої зони становлять від 400x400x600 мм до 1000x1000x1500 мм, а робочий вакуум становить від  $10^{-2}$  до  $5 \times 10^{-6}$  МПа [22].

У нашому випадку можливість подачі газу в побочий простір значно збільшує швидкість охолодження, що підвищує продуктивність процесу паяння [22].

Рисунок 6 показує, що для обраної печі VHGX з індексом 101015 максимальна вага садка становить 3000 кг. Розміри робочого простору печі, обраної для використання, дозволяють завантажити сорок паяних виробів. Загальна вага садки не перевищуватиме 300 кг, враховуючи всю необхідну оснастку [22].

«Форвакуумна група вакуумної системи електропечі складається з пластинчасто-роторного масляного насоса Oerlikon Leybold Vacuum з циркуляційним мастилом. Швидкість відкачування: 100 м<sup>3</sup>/год. Двороторний бустерний насос Oerlikon Leybold Vacuum [22].

Дифузійний насос Oerlikon Leybold Vacuum та підтримуючий пластинчасто-роторний двоступінчастий маслonaповнений насос тієї ж фірми входять до високовакуумної групи вакуумної системи електропечі.

					<i>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



Рисунок 6 – Електропіч VHGQ з індексом 101015

Оснащення для розміщення паяних виробів виконане з корозійно-стійкої сталі Х18Н10Т.

#### 2.4 Ремонт випускного колектора

Багато автолюбителів панікують, коли бачать, що шви випускного колектора лопнули або він розколовся навпіл. Якщо вашому двигуну не більше десяти років, не поспішайте купувати новий колектор, оскільки він може бути несправним. Якщо у вас є навички зварювання, його можна легко полагодити.

Зварювання колектора з використанням електродів проводиться в провітрюваному (але без протягу) гаражі. Крім того, можна заварити тріщину аргонном або використовувати газопорошкове наплавлення для наплавлення

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

чавуну. Ви повинні відмовитися від цієї роботи, якщо у вас недостатньо кваліфікації. Ми також розглянемо деталі ремонту для досвідчених майстрів.



Рисунок 7 – Відремонтований випускний колектор

У першу чергу слід засверлити краї тріщин або відкритих швів. Обробіть кромки по усій глибині, не використовуючи стандартну болгарку. Тепер тріщину можна заварити аргонодуговим зварюванням або наплавити газопорошковим наплавленням. Іноді колектори загоряються так сильно, що навіть найкращий зварювальник не може полагодити їх. Зверніть увагу на свої здібності та обміркуйте, чи не варто купити нову машину.

Після зварювання колектор має остигнути. Зварювальний кондуктор краще використовувати при нагоді на роботі. Після зварювання відшліфуйте поверхню колектора. Після ремонту необхідно повністю відновити всі площини

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

агрегату. Якщо це не зробити, шви знову лопнуть і будуть тріщини. Ремонт не потрібен, якщо у колектора немає прилягання. І не забувайте перевіряти геометрію отворів.

У досвідченого зварювальника ремонт одного випускного алюмінієвого, чавунного або сталевого колектора займає в середньому 2-5 годин, залежно від характеру поломки і умов роботи. Це за умови зварювання з аргоном або з електродами. Якщо застосовувати метод газопорошкового наплавлення, то ремонт може затягнутися на декілька днів, оскільки колектору потрібна мінімум доба на охолодження.

#### 2.4.1 Ознаки несправності та ремонт випускного колектора

Випускний колектор, важлива частина вихлопної системи, постійно піддається значним навантаженням через високі температури та тиск. Трудомістка робота часто призводить до тріщин у корпусі та руйнування прокладки, що призводить до проблем для двигуна та дорогих ремонтів.

Таким чином, важливо вчасно проводити діагностику, замінити зношені деталі та купувати якісні запчастини, не економлячи на певних деталях.



Рисунок 8 – Етапи ремонту випускного колектора

Основними ознаками несправних деталей можна виділити:

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

- поганий запах в салоні автомобіля;
- переривисте звучання мотора, який злегка або сильно “троїть”;
- збої в роботі електроніки.

У деяких автомобілях тиск наддуву турбокомпресора значно зменшується.

Якщо вчасно звернутися за допомогою професіоналів, випускний колектор в цілому можна відремонтувати.

При невеликих дефектах можна заощадити на придбанні нової деталі, тому варто вибрати хорошу майстерню, де кваліфіковані досвідчені фахівці зможуть провести ремонт на високому рівні. Якщо поверхня викривлена на пару міліметрів, є невеликі тріщини та сколи, а також прогар у трубах, ви повинні негайно виправити це, щоб запобігти подальшому поширенню проблеми.

В деяких випадках навіть розколений корпус можна відновити. Щоб дізнатися, чи варто це робити і скільки коштуватиме послуга, вам потрібно негайно звернутися на СТО. Іноді простіше купити новий, високоякісний випускний колектор, ніж чекати ремонту, сподіваючись на тривалу експлуатацію, яка може бути марною.

#### 2.4.2 Специфіка проведення ремонтних робіт випускного колектора

Практично всі поломки усуваються зваркою, а технологія розрізняється в залежності особливостей матеріалу. Специфіка проведення ремонтних робіт полягає в наступному:

- чавун має відмінну міцність, але при цьому досить крихкий, що вимагає особливо обережної механічної обробки;

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

- перед початком зварки обов'язково слід розігріти деталь до потрібного рівня температури, яку потрібно підтримувати для правильного створення шва;
- закінчення робіт супроводиться повільним охолодженням, щоб обмежити появу нових тріщин, щілин, пошкоджень.

Заварити випускний колектор швидким і традиційним способом неможливо. Якщо це не вдасться майстру, результат буде жахливим і ремонт займе кілька тижнів.

Не варто вірити низьким цінам на ремонт і дешевим випускним колекторам, оскільки це може призвести до дорогих ремонтів і деталей, які прослужать лише короткий час.

					<i>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

### 3 Обґрунтування конструктивного рішення пристрою і способу для очищення вихлопних газів двигуна внутрішнього згорання

#### 3.1. Обґрунтування необхідності розробки способу і пристрою для очищення вихлопних газів

Пристрої для очищення вихлопних газів, розроблені для використання в двигунах внутрішнього згорання різних типів, таких як дизельні, карбюраторні та дизельні, з турбонаддувом або без нього. Розробка стосується конкретно пристроїв для очищення вихлопних газів транспортних засобів, які можуть видалити значну частину шкідливих газів з випускного колектора двигуна внутрішнього згорання.

Зростаючі занепокоєння щодо збереження навколишнього середовища як автомобілебудівників, так і всієї промисловості призвели до того, що існує фактичний стандарт, якому повинні відповідати автомобілі, вантажівки, фургони та інші транспортні засоби щодо допустимих викидів шкідливих речовин і пристроїв для очищення вихлопних газів. Наприклад, Асоціація європейських автомобілебудівників прагне, щоб викиди двоокису вуглецю (CO<sub>2</sub>) з двигунів автомобілів у Європі становили в межах 140 г/км (при середній витраті палива 5,6 л/100 км).

Усім відомо, що двигуни внутрішнього згорання виробляють велику кількість шкідливих газів, таких як чадний газ, вуглекислий газ, оксиди азоту, вуглеводні та тверді частки, відомі як чорний дим. Ці гази забруднюють атмосферу. Завдяки географічним особливостям деякі міста мають високі рівні забруднення.

В результаті каталізатори та інші пристрої для очищення вихлопних газів автомобілів стали життєво важливими, щоб зменшити токсичність вихлопних газів.

Більшість відомих у цій галузі пристроїв очищення вихлопних газів

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

складаються з блоку попереднього очищення, який обробляє чадний газ, і пристрою, який уловлює та обробляє окис азоту. Більшість цих пристроїв здатні значно зменшити кількість високотоксичних газів, таких як NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, S і так далі.

Деякі пристрої для очищення вихлопних газів вже розроблені. Однак жоден із них не досягає мети, поставленої розробкою, яка передбачала використання ламінарного обладнання для обробки потоку вихлопних газів для очищення газів, без використання засобу блокування виходу газу. Фактично, одна з переваг розробки, як описано нижче, є те, що вона збільшує потужність двигуна та зменшує витрату палива. Дослідження показали, що вищезгадана ламінарна обробка вихлопних газів досягає вказаного збільшення потужності. Усім відомо, що блокування вихлопних газів погано впливає на роботу двигуна. Традиційні каталізатори мають елемент, що фільтрує, який блокує вихід газу, створюючи турбулентний потік газів.

Отже, як і в більшості відомих технічних рішень, у пропонованій розробці не використовуються елементи типу каталізатора, стільникові структури з дорогоцінними металами та інші елементи для уловлювання частинок забруднення.

### 3.2. Вимоги, які ставляться до розробки

Конструкція пристрою для очищення вихлопних газів повинна відповідати таким вимогам:

- простота у виготовленні;
- надійність в роботі;
- використовувати інструменти і деталі;
- пристрій повинен знижувати викиди шкідливих речовин;
- відповідати вимогам пожежної і електробезпеки;

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

- простота і зручність у обслуговуванні;
- швидкість проведення обслуговування даного пристрою;
- можливість використання при проведенні поточних і капітальних ремонтах;
- не спричиняти шкідливий вплив на оточуюче середовище.

### 3.3. Будова і принцип дії пристрою для очищення вихлопних газів двигунів внутрішнього згорання

Розроблений пристрій використовує ламінарну обробку потоку газу, що виходить від двигуна. Жоден із компонентів пристрою не блокує вихід вихлопних газів безпосередньо; натомість він розділяє потік, відділяючи забруднені гази з різними фізичними та хімічними властивостями від газів, які не забруднюють довкілля. Потім вихлопні гази очищаються, як описано нижче.

Пристрій для очищення вихлопних газів призначений для зниження та/або видалення забруднюючих газів, що виходять від випускного колектора двигуна внутрішнього згорання дизельних або карбюраторних двигунів.

Запропонований пристрій для очищення вихлопних газів нейтралізує дим, що зменшує емісію шкідливих газів. Воно відокремлює незгорілі гази (НС, CO<sub>2</sub>, СО) від загального потоку та подає їх на вхід двигуна. Це зменшує витрату палива та збільшує потужність двигуна. Пристрій побудований таким чином, що він може змінювати фізичні характеристики потоку, змінюючи переріз трубопроводу, через який проходить газ, і змінюючи його швидкість при певній температурі.

Пристрій не потребує обслуговування, оскільки він не містить рухливих елементів, електричних схем, електронних або інших елементів, які можуть перешкоджати нормальному газовому потоку.

Розроблений пристрій працює з усіма типами транспортних засобів,

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

включаючи автомобілі, фургони, сміттєвози, легкі та важкі вантажівки, автобуси, трактори, дорожні машини та інші.

При випробуванні різних варіантів пристрою в відомих випробувальних центрах кількість твердих шкідливих домішок у вихлопних газах значно знизилася, іноді до 10 ppm (частин на мільйон) і навіть до 2 ppm без зміни двигуна.

Аналогічно викид газоподібних домішок значно знизився, досягнувши 0,04% CO, 0% CO<sub>2</sub> і 1,3% за об'ємом відповідно.

Гази, що поступають від двигуна, проходять через заспокійливу камеру пристрою для очищення вихлопних газів, де вони розширюються та перемішуються. Потім гази входять в центратор-емульгатор і поступають в ламінарну трубу, а потім проходять через вихрову камеру та вихлопну трубу.

Пристрій для очищення вихлопних газів двигуна внутрішнього згорання складається з трубопроводу, який подає вихлопні гази від випускного колектора двигуна до цього пристрою, перших і других фільтрів, глушника, вихлопної труби, буферної плити, дифузору, центратора, в якому потік газу вступає в контакт з двома зовнішніми холодними повітряними струменями, і вихрової камери яка містить частину забруднюючого газу, який подається в двигун як впускний газ, трубопровід, через який подається додатковий потік газу, і звідти газ подається до глушника і звідти у вихлопну трубу. Вихровий камера утримує канал двигуна, через який газ подається до нерухомих лопаток, де він розширюється, а потім потрапляє у форсунку, де він повертається на вхід двигуна.

Для підведення центрального потоку буферна плита розташована горизонтально з подовженим отвором, який з'єднаний з кількома зовнішніми отворами.

Після включення першої буферної плити та другого фільтру пристрій створює другу буферну плиту, подібну до першої буферної плити.

Центратор складається з циліндра, який у свою чергу включає поперечну

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

трубу, яка з'єднується з зовнішнім середовищем, і кільце з отворами, через які вводиться другий холодний повітряний потік.

Центратор з'єднаний з вихровою камерою трубою з трьох патрубків. Це робить потік забруднюючих гарячих газів більш безпечним.

Загальний вигляд пристрою для очищення вихлопних газів показано на рис. 3.1.

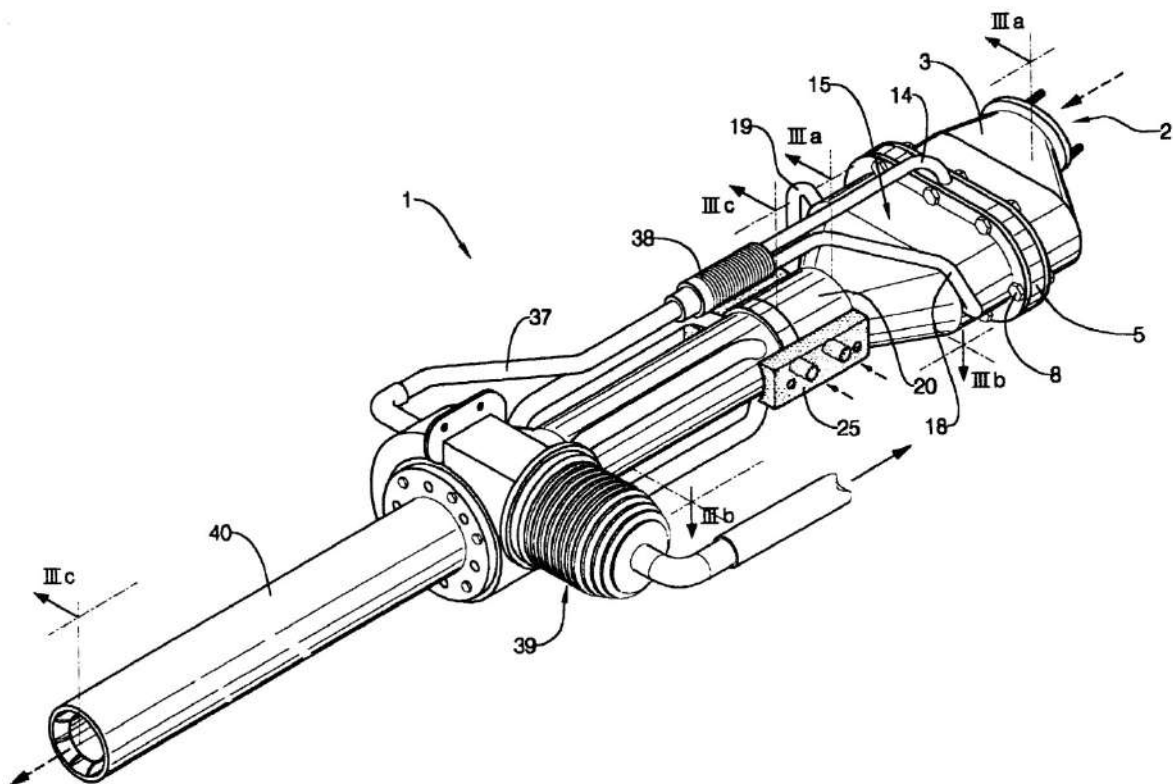


Рисунок 3.1 - Загальний вигляд пристрою для очищення вихлопних газів

На рис. 3.2 показаний перспективний вид, частково в розрізі, першої частини пристрою. На ньому показані заспокійлива камера, плити для очищення від часток вуглецю, фільтри та засоби для обробки забруднюючих газів з твердими частками.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ

Арк.

36

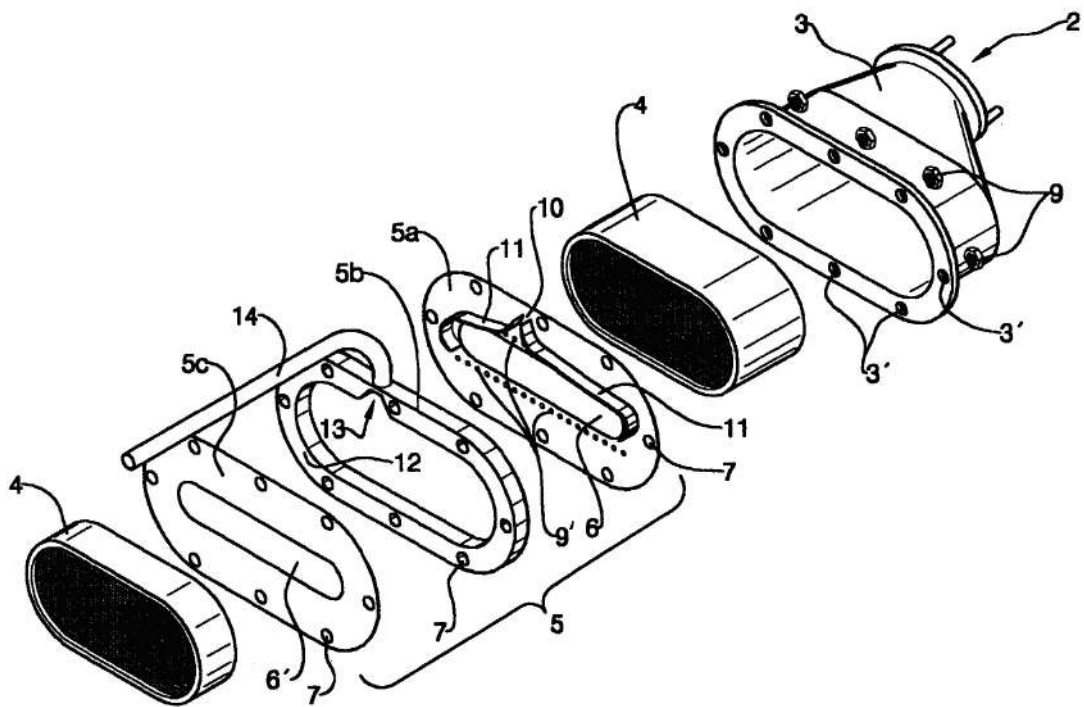


Рисунок 3.2 - Перспективний вид першої частини пристрою

На рис. 3.3 показано додатковий огляд середньої частини пристрою, який включає труби диверторів для забруднюючих газів, отвори для впускання повітря для охолодження потоку та конус з лопатками, який створює турбулентний потік.

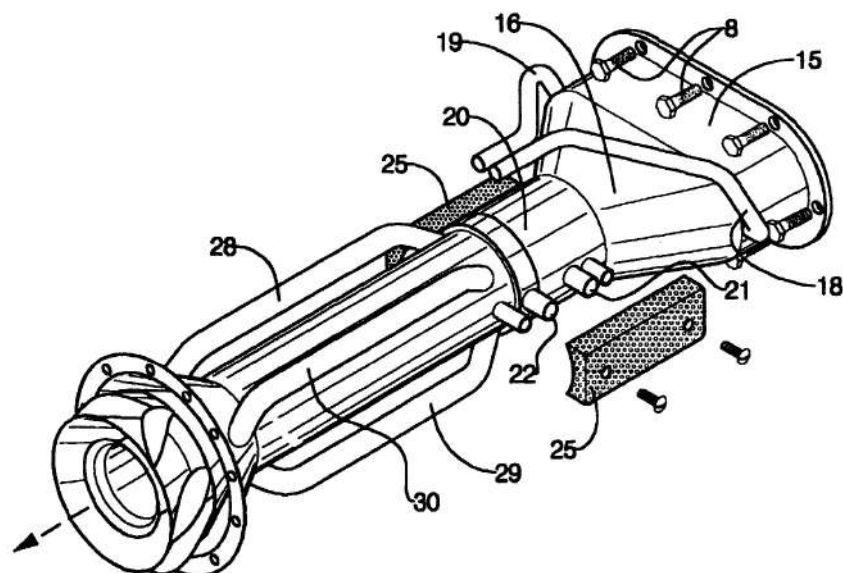


Рисунок 3.3 - Загальний вигляд середньої частини пристрою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ

Арк.

37

Перспективний вид кінцевої частини пристрою, який включає вихрову камеру, циліндричну форсунку та глушник вихлопних газів, показано на рис. 3.4.

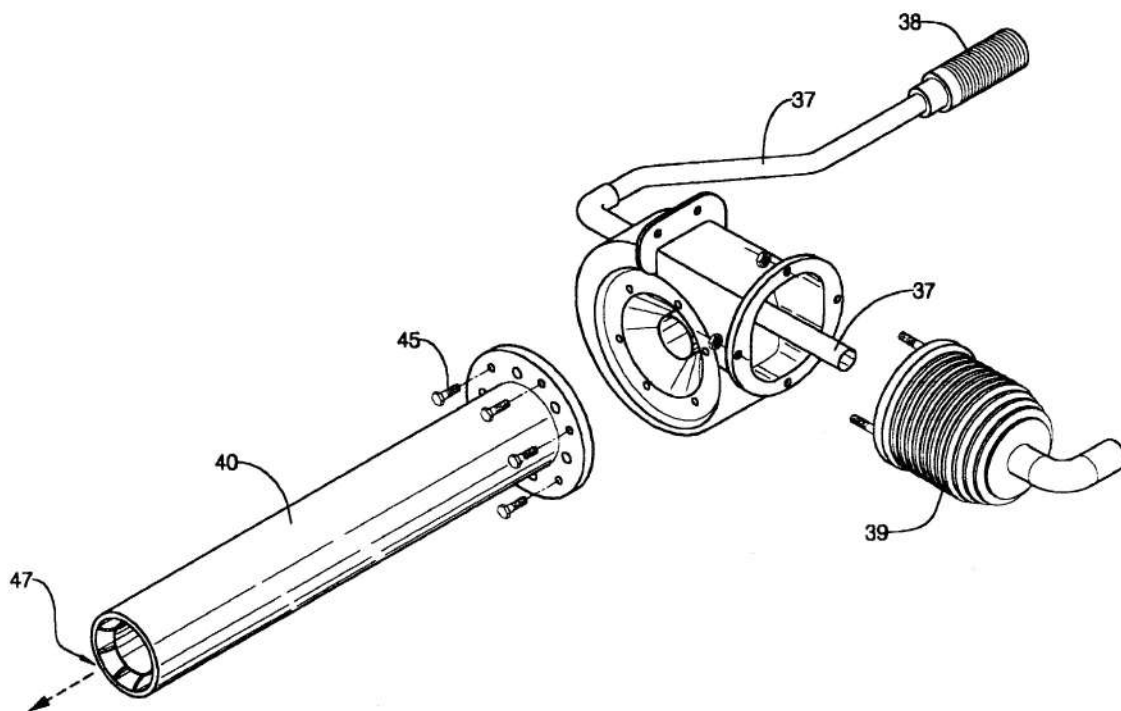


Рисунок 3.4 - Перспективний вид кінцевої частини пристрою

На рис. 3.5 приведено пристрій і його вид в розрізі по лінії IIIa - IIIa.

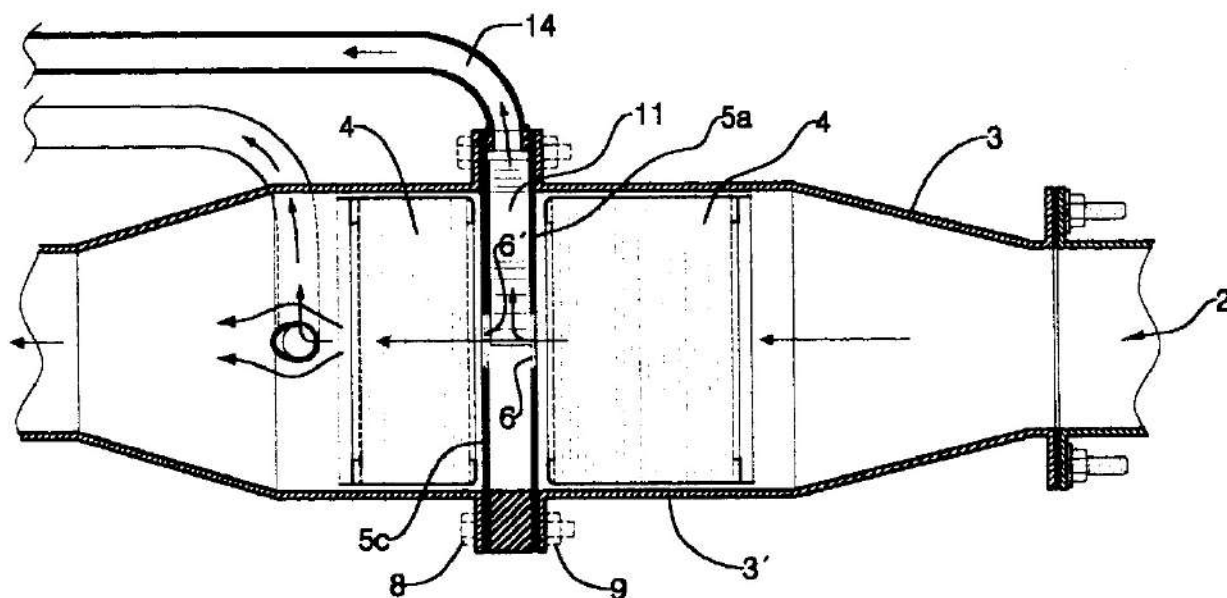


Рисунок 3.5 - Пристрій і його вид в розрізі по лінії IIIa - IIIa

					КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

На рис. 3.6 приведено пристрій і його вид в розрізі по лінії IIIб - IIIб.

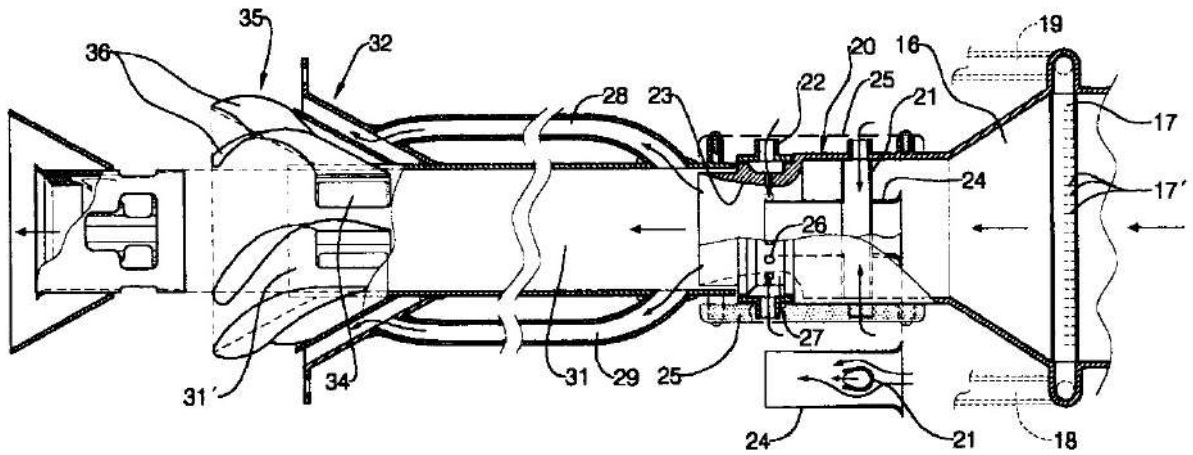


Рисунок 3.6 - Пристрій і його вид в розрізі по лінії IIIб - IIIб

На рис. 3.7 приведено пристрій і його вид в розрізі по лінії IIIс - IIIс.

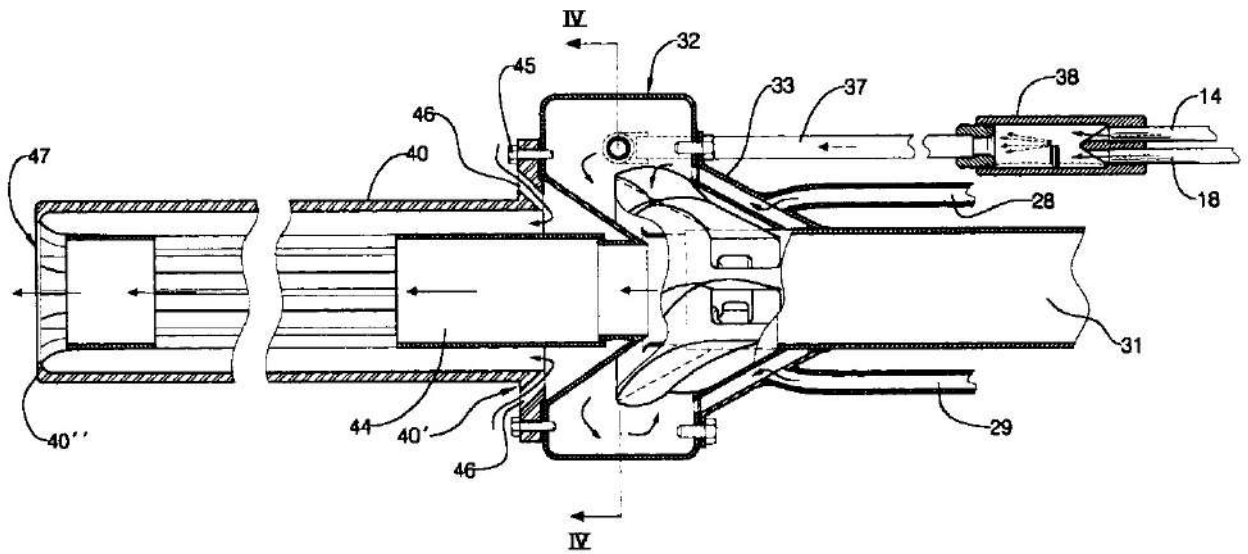


Рисунок 3.7 - Пристрій і його вид в розрізі по лінії IIIс - IIIс

На рис. 3.8 приведено пристрій і його вид в розрізі по лінії IV - IV.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ

Арк.

39

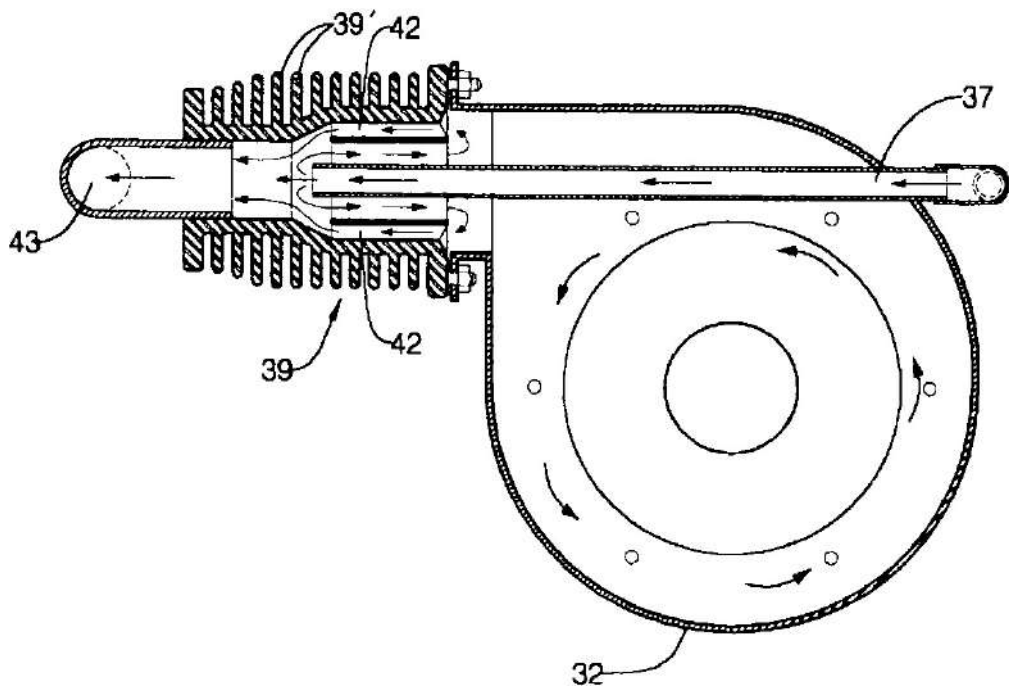


Рисунок 3.8 - Пристрій і його вид в розрізі по лінії IV - IV

На рис. 3.9 приведено пристрій і його вид з торця на циліндричну форсунку, встановлену перед вузлом, що направляє забруднюючі гази знову до двигуна.

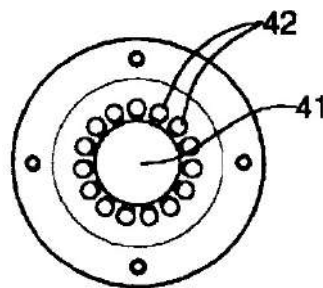


Рисунок 3.9 - Пристрій і його вид з торця на циліндричну форсунку

Для очищення вихлопних газів розробка включає вхідний отвір (2) для газів, що виходять з двигуна, який розташований з деяким зміщенням відносно подовжньої осі пристрою (1). Це дозволяє різним газам, що складають потік вихлопних газів від двигуна, діяти в бажаному напрямку.

Розширення, декомпресія та завихрення відбуваються в заспокійливій камері (3), яка є першим ступенем справжнього пристрою.

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Газовий потік зі зниженим тиском виходить із заспокійливої камери (3) і спочатку проходить через традиційний фільтр (4) і потім через роздільну плиту (5). Ця плита (5) включає першу плиту (5а), роздільний газохід (5b) і упор (5с). Буферна плита (5а) має подовжений центральний отвір (6), через який проходить газовий потік, декілька отворів (7) для фіксації плити (5) болтами в отворах (3') камери (3) за допомогою гвинтів (8) з гайками (9), декілька невеликих отворів (9'), що оточують центральний отвір (6) і два направляючі фланці (11), які оточують верхню частину отвору (6) і закінчуються в точці центрального колектора (10). Коли газовий потік стикається з плитою (5), частина твердих часток утримується в отворах (9'). Між буферною плитою (5а) і фіксатором (5с) за наявності фланців (11) і зовнішнього розділового трубопроводу (12) формується камера, в якій виконуються дві операції: центральний газовий потік продовжує виходить через отвір (6'), аналогічний вхідному отвору (6), а частина твердих часток, відокремлених від потоку в отворах (9'), водяної пари, що міститься в газі, і забруднюючих газів відводиться через ті, що направляють (11) до вхідного отвору (13) з розділового трубопроводу (14). Гази, що виходять з камери (3), стикаються з плитою (5а), і значна частина твердих часток, що міститься в газі, відводиться через отвори (9'). Як тільки газ проходить через отвори, сам газовий потік проходить через ті, що направляють (11) зовнішній області, які направляють їх до випускного колектора (10) і звідти через отвір (13) в трубопровід (14). Згідно з варіантами винаходи, які детально описані нижче, на цій стадії газ втрачає швидкість, його температура знижується, і інші забруднюючі гази, що містяться в газовому потоці, типу окислу азоту, піддаються тому ж самому процесу, що і тверді частки.

Газ, який виходить через отвір (6') на кінці плити (5), потрапляє в інший фільтраційний вузол (4), який знаходиться в камері (15). Він визначає частину, відому як блок газового налаштування. У цьому блоці є перша частина, подібна до частини (3'), яка переходить у вузький канал, який утворює воронку (16).

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Воронка (16) закінчується центральною круглою трубою дифузора (17). Газовий потік постійно змінюється завдяки цим постійним змінам перерізу. Незважаючи на те, що цей простий процес не може повністю розділити гази на різні шари, є шари, які є «багатими» деякими забруднюючими газами. Після окремої обробки кожного з цих шарів можна зменшити кількість забруднюючих газів, які виходять від двигуна, хоча їх повністю видалити неможливо.

Після виходу газів з фільтру (4), розташованого в камері (15) вони поступають в трубу дифузора (17), який має декілька прорізів (17'), через які частина газів розділяється на окремі потоки, після чого гази проходять через два окремі трубопроводи (18-19). Після того, як потік пройшов через конічну частину воронки (16), він з підвищеною швидкістю поступає в циліндричний центратор (20), який має два отвори для входу повітря, перше з яких сполучено з поперечним патрубком (21) для входу свіжого повітря і, подібно до трубки Вентурі, має частину (23), що звужується, яка є другим патрубком (22) для впускання повітря. Перший патрубок (21) є металевою трубою, яка проходить через трубу (24), розташовану в центраторі (20) по його осі, і свіже повітря вводиться в середину патрубків (22) створюється поданням середовища через патрубок (22) і зовнішніми отворами (26) кільця (27), що утворюють вузол по типу трубки Вентурі. Зовнішні кінці згаданих патрубків (21-22), через які поступає свіже повітря, закриті, що захищає отвори (25) від попадання чужорідних часток разом з повітрям від вузла фільтру.

У центрі потоку свіже повітря утримує більш забруднені гарячі гази з зовнішньої області, а гази з більшим вмістом кисню залишаються в центрі. Потік газів виходить з центра тора (20) у розділові патрубки (28-29-30). Там гарячіші (забруднені) гази передаються для подальшої обробки. Тим часом інша частина потоку проходить через циліндричну трубу (31) і закінчується у вихровій камері (32). Центральна труба (31) має кінець (31), а канали двигуна (34) відповідають фіксованій «турбіні» (35) з кількома лопатками (36). Гази, які

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

раніше були розділені трубою (31), частково проходять через згадані канали двигуна у вихрову камеру (32), а інші гази прямують до глушителя (40).

Згадана вище вихрова камера (32) включає перший конус (33), в який входять три згадані вище за патрубков (28-30) для виходу гарячих забруднюючих газів. Іншими словами, все раніше відокремлені забруднюючі гази поступають у вихрову камеру (32). Аналогічним чином, трубопровід (37), що відходить від дифузора (38), в який поступає вихід усіх розділових трубопроводів (14, 18 і 19), проходить через згадану вихрову камеру і далі в циліндричну форсунку (39), також як і гази з вказаної вихрової камери. Таким чином, різні газові потоки, відокремлені від центрального потоку газу, що поступає від двигуна, підводяться до вказаної форсунки, частина якої проходить через трубу (37), а решта проходить через вихрову камеру. Ця циліндрична форсунка (39) включає зовнішні тепловідвідні ребра (39') і центральний прохід (41), навколо якого є декілька прохідних отворів (42), через які циркулює газ, що поступає від трубопроводу (37), як показано лініями газового потоку. Коли потік газу виходить з циліндричної форсунки (39), він поступає через трубу (43) знову в двигун, де він з'єднується з повітряним потоком на вході в двигун. Фактично, вихлопні гази, що повторно поступають в двигун, змішуються з повітрям, щоб понизити виділення забруднюючих газів - ресурс, широко використовуваний в промисловості. Цей ресурс має логічно обмежений вплив на роботу двигуна, і польові випробування, проведені із розробленим пристроєм, показали, що потужність двигуна не лише не падає, але навіть збільшується разом зі зменшенням витрати палива.

У кінці справжнього пристрою знаходиться глушник (40), який складається з подовженого полого циліндричного елемента, який відповідає кінцю внутрішньої коаксіальної труби (44). Подовження центрального трубопроводу (31) з'єднується з вихровою камерою (32) гвинтами (45). Поруч із зазначеними гвинтами (45) розташовані отвори глушника (46), через які повітряний потік виходить через вихід і потрапляє в його внутрішню частину

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

(47).

З опису вище видно, що потік газу від двигуна проходить наступний шлях.

Газ двигуна потрапляє на вхід (2) через випускний колектор, а потім в заспокійливу камеру (3), де він розширюється. Потік газу проходить через фільтр (4) і з'єднується з плитою (5). На плиті частина потоку проходить через вихід (6'), а інша частина відводиться до дифузора (38) через трубу (14).

Газ потрапляє в камеру (15) після плити (5). Там частина газу відводиться до дифузора (38) через трубопроводи (18-19), а решта потрапляє в центр тор (20).

Через вхідні отвори (21 і 22) цей газ потрапляє в холодне зовнішнє повітря. Це створює ламінарний потік, який у центрі збагачений киснем, а по краях містить СО та інші забруднюючі гази. Одна частина цих газів потрапляє в форсунку (39) через трубопровід (37). Через патрубки (28–30) забруднюючі гази, які залишаються на стінці труби, передаються до форсунки (39) після проходження потоку через трубу (31). Ці гази спочатку підводяться до вихрової камери (32), де є лопатки (36) для створення турбулентності, а потім передаються до форсунки (39). Частина потоку, яка циркулює через трубопровід (31) і не розділяється через патрубки (28–30), підводиться до глушника (40) і звідти випускається в атмосферу навколо нього.

### 3.4. Розрахунок параметрів вихлопних газів

При  $\alpha < 1$  кількість окремих компонентів продуктів згоряння розраховуючи на 1 кг палива рівно:

оксиду вуглецю:

$$M_{CO} = 0,416 \times \frac{1-\alpha}{1+k} \times L_0;$$

де  $k$  - експериментальний коефіцієнт, що залежить від відношення вуглецю С и

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

водню Н у паливі, визначається по формулі:

$$k = 1,12 \times \sqrt{\frac{H}{C}} = 1,12 \times \sqrt{\frac{0,145}{0,855}} = 0,46;$$

$$M_{CO} = 0,416 \times \frac{1-0,95}{1+0,46} \times 0,516 = 0,0076 \text{ кмоль/кг};$$

вуглекислого газу:

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} - M_{CO} = \frac{0,855}{12} - 0,0076 = 0,0636 \text{ кмоль/кг};$$

водню:

$$M_{H_2} = k \times M_{CO} = 0,46 \times 0,0076 = 0,00304 \text{ кмоль/кг};$$

водяної пари:

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} - M_{H_2} = \frac{0,145}{2} - 0,00304 = 0,0694 \text{ кмоль/кг};$$

азоту:

$$M_{N_2} = 0,792 \times \alpha \times L_0 = 0,792 \times 0,95 \times 0,517 = 0,389 \text{ кмоль/кг};$$

кисню:

$$M_{O_2} = 0 \text{ кмоль/кг.}$$

Загальна кількість продуктів згоряння дизельного палива і бензину:

$$M_2 = M_{CO} + M_{CO_2} + M_{H_2} + M_{H_2O} + M_{N_2} + M_{O_2} = 0,0076 + 0,0636 + 0,00304 + 0,0694 + 0,388 = 0,531$$

Коефіцієнт молекулярної зміни горючої суміші:

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1} = \frac{0,531}{0,498} = 1,066.$$

Коефіцієнт молекулярної зміни горючої суміші для бензинових двигунів

$$\mu_0 = 1,02 \dots 1,12.$$

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

## 4. Безпека та екологічність проектного технологічного процесу

### 4.1 Технологічна характеристика об'єкту

Проектна технологія передбачає паяння каталітичного нейтралізатора в напівкорпусах. У процесі виконання операцій, пов'язаних із проектним технологічним процесом, можуть виникнути небезпечні та шкідливі виробничі фактори, вплив яких на персонал може призвести до небажаних наслідків.

«Небезпечним виробничим фактором називається такий виробничий фактор, який призводить до травми або іншого раптового погіршення здоров'я працівника в певних умовах» [20].

«Виробничий фактор, вплив якого на працівника в певних умовах призводить до захворювання або зниження працездатності, називається шкідливим виробничим фактором» [20].

Технологічний процес паяння пов'язаний з небезпеками, викликаними різними причинами, які можуть призвести до тимчасової або повної непрацездатності людини залежно від збігу обставин або інтенсивності впливу [5].

«Фізико-хімічні процеси, що виникають при дії високої температури на припій і оброблюваний матеріал, призводять до виділення шкідливих речовин (газів, парів, аерозолів) під час пайки» [20].

Таким чином, у цьому розділі випускної кваліфікаційної роботи слід виявити небезпечні та шкідливі елементи, пов'язані з запропонованою проектною технологією, і оцінити, наскільки можливо захистити їх за допомогою стандартних засобів і заходів. Далі слід розглянути, чи можна використовувати проектну технологію у виробництві.

Послідовне виконання операцій є частиною проектної технології, як показано в Таблиці 3,

1). Вхідний контроль включає виконання операцій за допомогою

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

інструментів, таких як штангенциркуль, мікрометр і стрілочний індикатор;

2) підготовча операція (для виконання операції застосовуються щітка металева, ганчір'я, ацетон);

3) складання напівкорпусів (для виконання операції застосовується спеціалізоване оснащення);

4) контроль якості (для виконання операції застосовується набір візуально-вимірювального контролю, набір для проведення капілярного контролю, а також засоби збільшення, лупа, наприклад).

Таблиця 3 – Технологічний паспорт технічного об'єкта

Складова технологічна процес операція та перелік виконуваних робіт	Посада працівника, який виконує технологічну операцію	Технологічне обладнання, застосовуване виконання операції	Допоміжні матеріали та речовини, що застосовуються для виконання операції
Вхідний контроль	Дефектоскопіст	штангенциркуль, мікрометр, індикатор стрілочний	Рукавиці
Підготовча операція	Слюсар-збирач	Щітка металева, стіл для підготовки до напилення	Рукавиці, ганчір'я, ацетон
Складання	Електрозварювальник	Спеціалізоване пристосування	Стиснене повітря,
Пайка	Електрозварювальник	Електропіч типу VHGQ	Рукавиці, кліщі ковальські
Контроль якості	Дефектоскопіст	набір візуально-вимірювального контролю, набір капілярного контролю, лупа	Пензлик, рідини №1 та №2

## 4.2 Ідентифікація професійних ризиків

Пошук і формулювання шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що супроводжують експлуатацію технологічного обладнання відповідно до операцій технологічного процесу, що розглядається, є частиною ідентифікації професійних ризиків. Основною причиною всіх травм і захворювань, пов'язаних із процесом праці, є негативний вплив тих чи інших факторів виробничого середовища та трудового процесу на організм людини, яка працює. Ця дія, яка може мати різні результати в різних ситуаціях, залежить від того, чи є в умовах праці фактор, який має властивості, які можуть бути шкідливими для організму людини, а також можливості його прямого чи опосередкованого впливу на організм [14].

Таблиця 4 – Ідентифікація професійних ризиків

Складова технологічна процес операція та перелік виконуваних робіт	Найменування небезпечного чи шкідливого фактора, дія якого в умовах виробництва може становити загрозу життю та здоров'ю персоналу	Перелік обладнання та інших об'єктів виробництва, що є джерелом небезпечного чи шкідливого фактора
1	2	3
Вхідний контроль	<ul style="list-style-type: none"> <li>- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях валів, інструментів та обладнання;</li> <li>- рухомі машини та механізми; рухомі частини виробничого обладнання;</li> <li>- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;</li> </ul>	штангенциркуль, мікрометр, індикатор стрілочний

Підготовча операція	<ul style="list-style-type: none"> <li>- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях валів, інструментів та обладнання;</li> <li>- рухомі машини та механізми; рухомі частини виробничого обладнання;</li> <li>- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;</li> <li>- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло</li> </ul>	Щітка металева, стіл для підготовки до паяння, рукавиці, ганчір'я, ацетон
---------------------	--	---

Продовження таблиці 4

1	2	3
Складання	<ul style="list-style-type: none"> <li>- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях валів, інструментів та обладнання;</li> <li>- рухомі машини та механізми; рухомі частини виробничого обладнання;</li> <li>- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;</li> <li>- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;</li> <li>- небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з надмірно високою чи низькою температурою матеріальних об'єктів виробничого середовища, які можуть спричинити опіки</li> <li>- інфрачервоне випромінювання;</li> <li>- ультрафіолетове випромінювання</li> </ul>	Спеціалізоване пристосування, стиснене повітря

Пайка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;</li> <li>- рухомі машини та механізми; рухомі частини виробничого обладнання;</li> <li>- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;</li> <li>- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;</li> <li>- небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з надмірно високою чи низькою температурою матеріальних об'єктів виробничого середовища, які можуть спричинити опіки</li> <li>- інфрачервоне випромінювання;</li> <li>- ультрафіолетове випромінювання</li> </ul>	Електропіч типу VHQQ
Контроль якості	<ul style="list-style-type: none"> <li>- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;</li> <li>- рухомі машини та механізми; рухомі частини виробничого обладнання;</li> <li>- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;</li> <li>- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини</li> </ul>	набір візуально-вимірювального контролю, набір капілярного контролю, лупа

#### 4.3 Методи та засоби зниження професійних ризиків

Таблиця 5 - Застосовувані для зменшення впливу негативних виробничих факторів засоби та методики

Найменування	Технічні засоби та методики,	Засоби
небезпечного чи шкідливого фактора, дія якого в умовах виробництва може становити загрозу життю та	застосування яких по відношенню до негативного фактора дозволить повністю усунути його або зменшити до прийняттого рівня	індивідуального захисту

здоров'ю персоналу		
1	2	3
Гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;	- розміщення у відведених місцях інформаційних плакатів та табличок; - проведення з персоналом інструктажу з техніки безпеки	Спецодяг.
Рухомі машини та механізми;	- застосування огорож, що обмежують проникнення персоналу у небезпечну зону; - розміщення у відведених місцях інформаційних плакатів та табличок	Спецодяг
Підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;	- застосування пристроїв для місцевого видалення забрудненого повітря; - застосування пристроїв загальнообмінної вентиляції робочого простору, що дозволяють забезпечити подачу чистого повітря ззовні	Засоби захисту дихальних шляхів
Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини	- організація захисного заземлення; - проведення періодичного інструктажу з техніки безпеки; - періодичний контрольний вимір ізоляції; 4) періодичний контрольний замір опору заземлюючого ланцюга	Спецодяг
Підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів	- проведення з персоналом інструктажу з техніки безпеки; - механізація та автоматизація основних та допоміжних операцій технологічного процесу	Спецодяг
Інфрачервоне випромінювання у робочій зоні понад безпечні значення	- застосування захисних екранів; - застосування огорож, що обмежують проникнення персоналу в	Спецодяг.

рівня інфрачервоної радіації	небезпечну зону	
Ультрафіолетове випромінювання в робочій зоні понад безпечні значень	- застосування захисних екранів; - застосування огорож, що обмежують проникнення персоналу у небезпечну зону	Спецодяг.
Токсичність застосовуваних розчинів №1 та №2	- розміщення у відведених місцях інформаційних плакатів та табличок; - зменшення часу впливу негативного фактора на оператора	Спецодяг.

#### 4.4 Забезпечення пожежної безпеки технічного об'єкту

Перелік заходів, які будуть розроблені з метою захисту персоналу та майна підприємства від небезпечних факторів, які можуть спричинити пожежу. Для досягнення цього мети необхідно визначити потенційно небезпечні елементи, які спричиняють пожежі, а також розробити стандартний підхід до усунення цих елементів. Пожежа може бути віднесена до класу «Е» на технічному об'єкті, що розглядається, якщо вона виникає через горіння речовин і матеріалів під напругою. Таблиця 6 описує небезпечні фактори, які можуть спричинити такі пожежі, що дозволить у подальшому розробити технічні пропозиції.

Пропоновані технічні засоби повинні бути достатньо ефективними проти аналізованих небезпечних факторів, які можуть спричинити пожежі. Це фінансування повинно базуватися на поточній нормативній документації та враховувати специфіку технологічного процесу, що розглядається.

Таблиця 6 – Ідентифікація класів та небезпечних факторів пожежі

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Найменування ділянки	Найменування обладнання	Класифікація на вигляд палаючої речовини	Найменування основних небезпечних факторів пожежі	Найменування вторинних небезпечних факторів пожежі
Ділянка, на якій здійснюється складання та паювання	Спеціалізований пристрій для збирання, електродіод типу VHGQ	Пожежі, що відбуваються за рахунок займання та горіння речовин та матеріалів на електроустановках, заживлених електричною напругою (E) [14]	Різка підвищення температури на ділянці та навколо нього; виділення при горінні токсичних продуктів та чадного газу; виділення аерозолів, що знижують видимість на ділянці та навколо нього	Короткі замикання на устаткування, що живиться високою електричною напругою; вплив на людей, що знаходяться в районі займання продуктів розкладання складів, що використовуються для пожежогасіння

Таблиця 7 – Технічні засоби забезпечення пожежної безпеки

Місткість з піском, переносні вуглекислотні вогнегасники.	Первинні засоби пожежогасіння
Спеціалізовані розривачки (викликаються)	Мобільні засоби пожежогасіння
Немає необхідності	Стационарні установки системи пожежогасіння
Немає необхідності	Засоби пожежної автоматики
Пожежний кран	Пожежне обладнання
План евакуації	Засоби індивідуального захисту та порятунку людей під час пожежі
Відро конусове, брут, лопата багнетна	Пожежний інструмент (механізований та немеханізований)
Кнопка оповіщення	Пожежні сигналізація, зв'язок та оповіщення.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ

Арк.

53

Повноцінний захист працюючого персоналу та майна підприємства від ймовірної пожежі забезпечується за умови проведення відповідних організаційних заходів, таблиця 8.

Таблиця 8 – Організаційні (організаційно-технічні) заходи щодо забезпечення пожежної безпеки

Найменування ділянки	Перелік заходів	Пред'явлені вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки, ефекти, що реалізуються
«Ділянка для пайки напівкорпусів каталітичного нейтралізатора» [29].	«Інструктаж працівників виробничої ділянки правилам запобігання загоранням та діям у разі займання, ділові ігри зі співробітниками по тематиці боротьби з пожежами» [29].	«На ділянці необхідно мати первинні засоби пожежогасіння в достатній кількості, повинні бути захисні екрани, що обмежують розліт іскор» [29].

#### 4.5 Забезпечення екологічної безпеки технічного об'єкту

У результаті впровадження запропонованого технологічного процесу разом із шкідливими та небезпечними виробничими факторами виникнуть небезпечні та шкідливі екологічні фактори.

Таблиця 9 — Визначення небезпечних і шкідливих екологічних факторів під час виконання технологічного процесу, що розглядається

«Аналізований технологічний процес» [29].	«Операції, які здійснюються в рамках аналізованого технологічного процесу» [29].	Чинники, негативно впливають на атмосферу	Чинники, негативно впливають на гідросферу	Чинники, що негативно впливають на літосферу
---	--	---	--	--

Пайка	«Контроль, підготовча операція, операція пайки, контрольні операції» [29].	«Виділені в процесі отримання вакууму у робочому обсязі печі частинки олії» [14]	«Хімікати, що використовуються в процесі капілярного контролю» [14].	«Пакувальний матеріал від присадних матеріалів, сміття побутовий та виробничий» [14].
-------	--	--	--	---

Таблиця 10 – Пропоновані заходи щодо боротьби з негативними екологічними факторами

Найменування технічного об'єкта	Зварювання
Заходи по виключення негативної дії на повітряну середу.	«Обладнання вентиляційної системи фільтрами, що дозволяють виконати збір та утилізацію шкідливих продуктів, що виділяються при горінні дуги» [14].
Заходи за винятком негативного дії на водне середовище.	Контролює витіки індикаторних рідин під час проведення капілярного контролю.
Заходи щодо зниження негативного антропогенного впливу на літосферу	«Установка на ділянці зварювання відповідних ємностей для збирання відходів виробничого циклу та при проведенні повторних інструктажів докладне роз'яснення необхідності складування відходів виробничого циклу у встановлені ємності» [14].

Розділ випускної кваліфікаційної роботи присвячений пошуку та оцінці шкідливих виробничих та екологічних факторів, які виникнуть, коли використовується запропонована технологія паяння виробу, що розглядається.

Вивчення характеристик технологічного процесу паяння дозволило визначити шкідливі та небезпечні виробничі компоненти. На основі цих аспектів запропоновано низку стандартних методів і інструментів, які можуть усунути небезпечний елемент або зменшити його вплив на персонал до прийняттого рівня.

Для того, щоб захистити персонал і майно підприємства від потенційних

пожеж, було розроблено список заходів, які необхідно виконати, щоб запобігти пожежам. Крім того, були визначені небезпечні фактори, а також запропоновані стандартні методи усунення цих факторів.

Аналіз екологічності запропонованого технологічного процесу показав, що застосування запропонованих рішень матиме негативний вплив на довкілля (атмосферу, гідросферу та літосферу).

У цьому розділі наведено рекомендації щодо зменшення впливу шкідливих екологічних факторів.

					<i>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		56

## 5 Оцінка економічної ефективності проектної технології

### 5.1 Вихідна інформація для виконання економічної оцінки пропонуваніх технічних рішень

У цій випускній кваліфікаційній роботі запропоновано використовувати сучасні досягнення зварювальної науки для з'єднання напівкорпусів каталітичного конвертера. Прийнято рішення використовувати вакуумну електропечь типу VHGG, яка призначена для паяння та термообробки в умовах вакууму.

Основним варіантом технології є дугове зварювання електродом, що не плавиться, методом MIG. Використання технології високотемпературного паяння у вакуумній печі є проектним варіантом технології.

Способом з'єднання напівкорпусів каталітичного конвертера, який використовується для заміни, можна значно підвищити продуктивність. Підвищення значної стабільності якості також підвищує продуктивність, оскільки зменшується час, необхідний для виправлення дефектів з'єднання. Згодом тривалість експлуатації каталітичного нейтралізатора збільшується.

Таким чином, у цьому розділі слід оцінити витрати на впровадження пропонуваніх технологічних рішень та потенційний економічний ефект при прийнятті у виробництво проектної технології паяння при нагріванні печі в умовах вакууму.

Для виконання економічних розрахунків слід навести вихідні дані за базовою та проектною технологіями, таблиця 11

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Таблиця 11 - Вихідні дані для виконання розрахунків з оцінки економічної ефективності проектної технології по відношенню до базової технології

Економічний показник	Прийняте в розрахунковій формулі літерне позначення показника	Одиниця виміру економічного показника	Значення економічного показника стосовно базової та проектної технологій	
			Базова технологія	Проектна технологія
1	2	3	4	5
Розряд зайнятого в виконанні технологічних операцій персоналу	$P_p$	-	V	IV
Розмір годинної тарифної ставки зайнятого в виконанні технологічних операцій персоналу	Сгод	Р/год	200	175
Добове кількість змін, передбачених для виконання технологічних операцій	$K_{см}$	-	1	1
Прийняті значення коефіцієнтів для розрахунку фонду заробітної плати:				
- доплат до основної заробітної платі	$K_{доп}$	%	12	12
- відрахувань на додаткову заробітну плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
- відрахувань на соціальні потреби	$K_{сн}$	%	34	34
- Виконання норми	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Вартість обладнання, яке використовується для виконання операцій технологічного процесу	$C_{про}$	руб.	15000	750000

Прийняте значення встановленої потужності устаткування виконання операцій аналізованого технологічного процесу	$M_{вуст}$	кВт	5	8
Прийняті значення коефіцієнтів для розрахунку витрат на обладнання :				
- норма амортизації обладнання	$Ha$	%	21,5	21,5
- Коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат	$K_{т-з}$	%	5	5
- коефіцієнт витрат на монтаж та демонтаж	$K_{мон}K_{дем}$	%	3	5
- вартість електричної енергії для живлення обладнання під час виконання технологічних операцій	$Ц_{е-е}$	Р/кВт	3,02	3,02

Продовження таблиці 10

1	2	3	4	5
- Коефіцієнт корисної дії обладнання для виконання технологічних операцій	ККД	-	0,7	0,85
Загальна площа під обладнання, що виконує операції аналізованого технологічного процесу	$S$	м <sup>2</sup>	11	11
Прийняті значення коефіцієнтів та показників для розрахунку витрат на площі:				
- вартість експлуатації площ	$З_{експ}$	(Р/м <sup>2</sup> )/рік	2000	2000
- ціна виробничих площ	$Ц_{пл}$	Р/м <sup>2</sup>	30000	30000
Прийняті значення норми амортизації виробничих площ	$Ha_{пл.}$	%	5	5
Прийняті значення коефіцієнта додаткової виробничої площі	$До_{пл}$	-	3	3
Прийняті значення коефіцієнта цехових витрат	$До_{цех}$	-	1,5	1,5

Прийняті значення коефіцієнта заводських витрат	Дозав	-	1,15	1,15
Прийняті значення коефіцієнта ефективності капітальних вкладень	Ен	-	0,33	0,33

## 5.2 Розрахунок фонду часу роботи обладнання

Для виконання основних і проектних технологічних процедур з'єднання напівкорпусів каталітичного конвертера необхідно використовувати обладнання та персонал. Для розрахунку заробітної плати та витрат на обладнання та виробничі площі потрібно визначити фонд часу роботи обладнання. Фонд часу роботи обладнання для базових і проектних варіантів технології буде однаковим.

У табл. 4.1 наведено значення параметрів і коефіцієнтів, які ми будемо використовувати, використовуючи наступні дані: загальне число робочих днів у календарному році  $D_r = 277$  днів, тривалість робочої зміни  $T_{см} = 8$  годин, кількість передсвяткових днів  $D_{п} = 7$  днів, і зменшення тривалості робочої зміни у передсвяткові дні  $T_{п} = 1$  год, прийняте для розглянутого технологічного процесу. Таким чином, ми розрахуємо фонд часу за допомогою залежності:

$$F_{н} = (D_r \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} \quad (1)$$

Розрахунки, виконані згідно з (1) після підстановки чисельних значень параметрів та коефіцієнтів з вихідних даних:

$$F_{н} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ год.}$$

Ефективний фонд часу зварювального обладнання, що застосовується для виконання операцій базового та проектного варіантів технологічного процесу, визначається з урахуванням відсотка планованих втрат робочого часу  $B = 7\%$ :

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$F_e = F_n(1 - B/100). \quad (2)$$

Розрахунки, виконані згідно (2) після підстановки чисельних значень параметрів та коефіцієнтів з вихідних даних:

$$F_e = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ год.}$$

### 5.3 Розрахунок штучного часу

Штучний час, що витрачається на виконання операцій технологічного процесу за базовим та проектним варіантами технології нанесення покриттів, визначаємо з урахуванням нормування праці та результатів аналізу технологічних карт. Штучний час  $t_{шт}$  є сумою витрат часу: машинного (виконання основних операцій технологічного процесу) часу  $t_{маш}$ ; допоміжного (виконання допоміжних та підготовчих операцій технологічного процесу) часу  $t_{всп}$ ; часу обслуговування (на поточний та дрібний ремонт обладнання)  $t_{обсл}$ ; часу  $t_{від}$  на особистий відпочинок працівників, задіяних у виконанні операцій технологічного процесу; підготовчо-заключного часу  $t_{п-з}$ :

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} \quad (3)$$

Машинний час для базової технології розрахуємо виходячи з довжини зварного шва, коефіцієнта наплавлення та величини зварювального струму.

Для визначення чисельних значень машинного часу скористаємося формулою:

$$t_0 = \frac{60 * M_{напл.мет} * l}{I_{ср} * \alpha_{маш}} \quad (4)$$

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Машинний час, розрахований для базового варіанта технології згідно (4), становитиме:

$$t_{\text{машб}} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,238}{1000}, \text{ГОД}$$

Для проектного варіанта технології розділимо загальний час роботи вакуумної печі на максимальну кількість деталей, які завантажуються за один термічний цикл.

$$t_{\text{машпр}} = \frac{1,2}{10} = 0,025 \text{ ча}_{\text{ХВ}}$$

Штучний час, розрахований для базового та проектного варіантів технології згідно (3), становитиме:

$$t_{\text{штб}} = 6,0 + 0,6 + 0,3 + 0,48 + 0,06 = 7,34 \text{ мин.} = 0,$$

$$t_{\text{штпр}} = 3,0 + 0,3 + 0,15 + 0,24 + 0,03 = 3,72 \text{ мин.} =$$

Річна програма Пг виконання зварювання може бути розрахована виходячи з розрахованого згідно з (2) ефективним фондом часу Fe та згідно з (3) штучним часом tшт:

Розрахунок економічної ефективності проектної технології виконуватимемо для річної програми Пг=16000 каталітичних нейтралізаторів на рік.

При цьому необхідна кількість поб. виконання операцій базового та проектного варіантів технологічного процесу обчислюється з урахуванням коефіцієнта Квн виконання норми (для базового та проектного варіанта технологій приймаємо Квн = 1,03):

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{N_{\text{пр}} \cdot t_1}{F_{\text{в}} \cdot 6} \quad (5)$$

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Необхідна кількість обладнання  $n_{\text{розр}}$  для базового та проектного варіантів технології, розрахована згідно (5), становить:

$$n_{\text{об.расчетнб}} = \frac{16000 \cdot 7,34}{2054 \cdot 60} = 0,9$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{16000 \cdot 3,72}{2054 \cdot 60} = 0,4$$

Розраховані значення згідно (5) використовуються для визначення необхідного обсягу обладнання  $n_{\text{пр}}$ , яке необхідно включити в технологічний процес як для базових, так і для проектних варіантів. На основі проведених розрахунків ми приймаємо по одній одиниці обладнання для кожного з двох варіантів технології — базового та проектного ( $n_{\text{пр}} = 1$ ). У разі складу коефіцієнт  $K$  при завантаженні обладнання:

$$k_3 = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об. прик}}} \quad (6)$$

Значення коефіцієнтів завантаження  $K_3$  для базового та проектного варіантів технології складають:

$$k_{3б} = \frac{0,95}{1} = 0,95$$

$$k_{3пр} = \frac{0,48}{1} = 0,48$$

#### 5.4 Заводська собівартість базового та проектного варіантів технології

З'єднання напівкорпусів каталітичного конвертера вимагає допоміжного зварювання. На підприємстві використовується комбінований технологічний процес зварювання балки з використанням методу ММА. Технологічний процес, заснований на способі паяння при нагріванні у вакуумі, характеризується витратою припою ВПр-4.

Обчислюємо витрати  $M$  на зварювальні матеріали, використовуючи

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

норму витрат  $H_p$ , ціну матеріалів  $C_m$  і коефіцієнт  $K_{tz}$  транспортно-заготівельних витрат:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{tz}, \quad (7)$$

Витрати на матеріали, розраховані згідно (7) для базового та проектного варіантів технології, становитимуть:

$$Z_{Mb} = 9,99 \text{ грн.}$$

$$Z_{Mnp} = 15,66 + 0,55 = 6,21 \text{ грн.}$$

Розрахуємо коефіцієнт доплати  $K_d$ , годинну тарифну ставку  $C_{\text{ч}}$  і штучний час  $t_{шт}$ , щоб визначити основну зарплату  $Z_{осн}$  працівників, які виконують операції за базовими та проектними варіантами технології:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k \quad (8)$$

Основна заробітна плата робітників для базового і проектного варіантів технології після підстановки значень формулу (8) становить:

$$Z_{оснБаз} = 0,122 \cdot 200 \cdot 1,79 = 43,67 \text{ грн.}$$

$$Z_{оснПр} = 0,062 \cdot 175 \cdot 1,79 = 19,42 \text{ грн.}$$

Обсяг додаткової заробітної плати  $Z_{доп}$  працівників, зайнятих у виконанні операцій за базовим та проектним варіантами технології, розрахуємо з урахуванням основної заробітної плати  $Z_{осн}$  та коефіцієнта  $K_{доп}$  додаткових доплат ( $K_{доп} = 12\%$ ):

$$Z_{доп} = \frac{K_{доп}}{100} \cdot Z_{осн} \quad (9)$$

Після підстановки значень додаткова заробітна плата  $Z_{доп}$  працівників, які

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

виконують операції за базовими та проектними варіантами технології, розрахована згідно (9):

$$З_{\text{ДОПБАЗ}} = 43,67 \cdot 12/100 = 5,24 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{ДОППР}} = 19,42 \cdot 12/100 = 2,33 \text{ грн.}$$

Фонд заробітної плати  $\Phi_{\text{ЗП}}$  обчислюється як сума основної  $З_{\text{осн}}$  та додаткової  $З_{\text{доп}}$  працівників, зайнятих у виконанні операцій за базовим та проектним варіантами технології:

$$\Phi_{\text{ЗП}_{\text{БАЗ}}} = 43,67 + 5,24 = 48,91 \text{ грн.}$$

$$\Phi_{\text{ЗП}_{\text{ПР}}} = 19,42 + 2,33 = 21,75 \text{ грн.}$$

Обсяг відрахувань  $O_{\text{сн}}$  із фонду заробітної плати на соціальні потреби визначаємо з урахуванням коефіцієнта  $K_{\text{сн}}$  відрахувань на соціальні потреби:

$$O_{\text{сн}} = \Phi_{\text{ЗП}} \cdot K_{\text{сн}} \quad (10)$$

Відрахування на соціальні потреби по базовому і проектному варіантів технології після підстановки (10) відповідних значень:

$$\text{Про}_{\text{сн}_{\text{БАЗ}}} = 48,91 \cdot 30/100 = 14,67 \text{ грн.}$$

$$\text{Про}_{\text{сн}_{\text{ПР}}} = 21,75 \cdot 30/100 = 6,52 \text{ грн.}$$

Сума витрат  $A_{\text{об}}$  на амортизацію та  $P_{\text{ее}}$  на електричну енергію є основою для визначення витрат  $Z_{\text{об}}$  на обладнання, яке використовується для виконання операцій за базовими та проектними варіантами технології:

$$Z_{\text{про}} = A_{\text{об}} + P_{\text{ее}}. \quad (11)$$

Величина  $A_{\text{об}}$  амортизації обладнання розраховується виходячи з ціни обладнання  $C_{\text{об}}$ , норми амортизації  $N_{\text{а}}$ , машинного часу  $t_{\text{маш}}$ , та ефективного фонду часу  $F_{\text{е}}$  з використанням залежності:

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МА}}{E_n \cdot 100} \quad (12)$$

Після підстановки відповідних значень (12) амортизація обладнання, яке використовується для виконання операцій за базовими та проектними варіантами технології, становить.

Витрати на електроенергію  $Z_{EE}$  за базовими та проектними варіантами технології визначаються за допомогою встановленої потужності обладнання  $M_{уст}$ , цін на електроенергію  $Ц_{EE}$  для підприємств, часу роботи  $t_{маш}$  і ефективності обладнання:

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{о}}{КПД} Ц_{э-э} \quad (13)$$

Розраховані після підстановки (13) відповідних значень витрати на електричну енергію за базовим і проектним варіантами технології становлять.

Розраховані після підстановки у (11) відповідних значень витрати на обладнання за базовим та проектним варіантами технології становлять:

$$Z_{оббаз.} = 0,24 + 0,77 = 1,01 \text{ грн.}$$

$$Z_{обпроектні.} = 0,21 + 0,63 = 0,84 \text{ грн.}$$

Технологічна собівартість  $С_{тех}$  розраховується як сума витрат на матеріали  $M$ , фонду заробітної плати  $ФЗП$ , відрахувань на соціальні потреби  $ОС$  та витрат на обладнання  $З_{об}$ :

$$С_{ТЕХ} = M + ФЗП + ОСн + ЗОБ \quad (14)$$

Розрахована після підстановки (14) відповідних значень технологічна собівартість за базовим і проектним варіантами технології становить:

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 9,99 + 48,71 + 14,67 + 1,01 = 74,38 \text{ грн.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроктн.}} = 6,21 + 21,75 + 6,52 + 0,84 = 35,32 \text{ грн.}$$

Цехова собівартість Сцех розраховується з урахуванням технологічної собівартості Стех, основної заробітної плати Зосн та коефіцієнта Кцех цехових витрат:

$$Z_{\text{цех}} = Z_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (15)$$

Розрахована після підстановки (15) відповідних значень цехова собівартість за базовим і проектним варіантами технології становить:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 74,38 + 1,5 \cdot 43,67 = 74,38 + 65,50 = 139,88 \text{ грн.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроктн.}} = 35,32 + 1,5 \cdot 19,42 = 35,32 + 29,13 = 64,45 \text{ грн.}$$

Заводська собівартість Сзав розраховується з урахуванням цехової собівартості Сцех, основної заробітної плати Зосн та коефіцієнта Кзав заводських витрат:

$$Z_{\text{зав}} = Z_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (16)$$

Розрахована після підстановки у (16) відповідних значень заводська собівартість за базовим та проектним варіантами технології становить:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 139,88 + 1,15 \cdot 43,67 = 139,88 + 50,22 = 190,10 \text{ грн.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроктн.}} = 64,45 + 1,15 \cdot 19,42 = 64,45 + 22,33 = 86,78 \text{ грн.}$$

Таблиця 11 містить розрахункові значення складових економічних показників заводської, цехової та технологічної собівартості для технологічного процесу зварювання напівкорпусів, який застосовується на підприємстві, розроблений у ВКР і запропонований до впровадження.

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Таблиця 11 - Калькуляція технологічної, цехової та заводської собівартості з'єднання напівкорпусів

Найменування економічного показника	умов. пізнати.	Калькуляція, грн	
		Застосований	Пропонований
1. Витрати основні матеріали	<i>М</i>	9,99	6,21
2. Витрати зарплатню	<i>ФЗП</i>	48,71	21,65
3. Відрахування на соц. потреби	<i>Проч</i>	14,67	6,52
4. Витрати обладнання	<i>Зпро</i>	1,01	0,84
5. Технологічна собівартість	<i>Зтих</i>	74,38	35,32
6. Цехові витрати	<i>Рцех</i>	65,50	29,13
7. Цехова собівартість	<i>Зцех</i>	139,88	64,45
8. Заводські витрати	<i>Рзав</i>	50,22	22,33
9. Заводська собівартість	<i>Ззав</i>	190,10	86,78

#### 5.5 Капітальні витрати за базовим та проектним варіантами технології

Залишкова вартість обладнання та коефіцієнт завантаження обладнання, розрахований для базового варіанта технології, беруться до уваги, щоб визначити капітальні витрати СоВ для базового варіанта технології (6):

$$K_{\text{заг. б.}} = Ц_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{\text{з.б.}} \quad (17)$$

Залишкову вартість Ц<sub>об.б.</sub> обладнання для базового варіанта розраховуємо з урахуванням ринкової вартості обладнання Ц<sub>перв</sub>, терміну служби обладнання Т<sub>с</sub> та норми амортизації на обладнання:

$$Ц_{\text{об.}} = Ц_{\text{перв}} - (Ц_{\text{перв}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_A / 100). \quad (18)$$

Залишкова вартість обладнання, розрахована після підстановки (18)

відповідних значень, становить:

$$Ц_{\text{Об.Баз.}} = 15000 - (15000 \cdot 2 \cdot 21,5/100) = 8550 \text{ грн.},$$

$$K_{\text{ОбщБаз.}} = 1 \cdot 8550 \cdot 0,027 = 230 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати Кобщ. ін. для проектного варіанта технології розраховуємо як суму вкладень у обладнання Коб. ін., вкладень у виробничі площі Кпл. пр., супутніх вкладень Ксоп:

$$K_{\text{заг. пр.}} = K_{\text{про. ін.}} + K_{\text{пл. ін.}} + K_{\text{соп.}} \quad (19)$$

Капітальні вкладення Коб. ін. обладнання для виконання операцій за проектним варіантом технології розраховуються з урахуванням ціни обладнання Цоб. пр., коефіцієнта транспортно-заготівельних витрат КТЗ та коефіцієнта завантаження обладнання КЗп за проектним варіантом:

$$K_{\text{пр.пр.}} = Ц_{\text{про.}} \cdot K_{\text{ТЗ}} \cdot K_{\text{Зп.}} \quad (20)$$

Величина капітальних вкладень в обладнання після підстановки (20) відповідних значень складає:

$$K_{\text{Об.пр.}} = 750000 \cdot 1,05 \cdot 0,012 = 9450 \text{ грн.}$$

Супутні капітальні вкладення Ксоп. за проектним варіантом технології розраховуються з урахуванням витрат на демонтаж Кдем базового обладнання та витрат на монтаж

$$K_{\text{соп.}} = K_{\text{дем.}} + K_{\text{монт.}} \quad (21)$$

Витрати на демонтаж Кдем та монтаж Кмонт розраховуємо з урахуванням вартості обладнання Цб та Цпр за базовим та проектним варіантами,

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

коефіцієнтів  $K_d$  та  $K_m$  на демонтаж та монтаж обладнання:

$$K_{\text{дем}} = C_{\text{про. б.}} \cdot K_d, \quad (22)$$

$$K_{\text{монт}} = C_{\text{про. ін.}} \cdot K_m. \quad (22)$$

Супутні капітальні вкладення при проектному варіанті технології, розраховані після підстановки (21), (22) і (23) відповідних значень:

$$K_{\text{дпм}} = 1\ 15000 \cdot 0,05 = 750 \text{ грн.},$$

$$K_{\text{монт}} = 75000 \cdot 0,05 = 3750 \text{ грн.},$$

$$K_{\text{соп}} = 750 + 3750 = 4500 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати для проектного варіанту, розраховані після підстановки (19) відповідних значень:

$$K_{\text{общ.пр}} = 9450 + 4500 = 54450 \text{ грн.}$$

Додаткові капітальні вкладення  $K_{\text{доп}}$  розраховуємо виходячи з капітальних витрат  $K_{\text{заг.пр.}}$  та  $K_{\text{общ.б.}}$  для проектного та базового варіантів технології:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{заг.пр.}} - K_{\text{загаль.}} \quad (24)$$

$$K_{\text{доп}} = 54450 - 230 = 52154 \text{ грн.}$$

Величину питомих капітальних вкладень  $K_{\text{уд}}$  розраховуємо з урахуванням річної програми  $\Pi_r$ :

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{обі}}}{\Pi} \quad (25)$$

Після підстановки (25) відповідних значень:

$$K_{\text{удБаз.}} = 230/500 = 0,46 \text{ грн. / Од.};$$

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

$$K_{удПроктн.} = 52154/500 = 10,43 \text{ грн. / Од.}$$

## 5.6 Показники економічної ефективності

Розрахунок зниження трудомісткості  $\Delta t_{шт}$  під час впровадження у виробництво проектної технології виконаємо з урахуванням штучного часу  $t_{шт.б.}$  та  $t_{шт.пр.}$  за базовим та проектним варіантами:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штб} - t_{штпр}}{t_{штб}} \cdot 1 \quad (26)$$

Розрахункове зниження трудомісткості згідно (26) склало:

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,122 - 0,062}{0,122} \cdot 100\%$$

Розрахунок підвищення продуктивності праці  $\Pi_T$  при впровадженні у виробництво проектної технології виконаємо з урахуванням розрахованого вище зниження трудомісткості  $\Delta t_{шт}$ :

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (27)$$

Розрахунковий підвищення продуктивності праці згідно (27) склало:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

Розрахунок зниження технологічної собівартості  $\Delta C_{тех}$  під час впровадження у виробництво проектної технології виконується за формулою:

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \quad (28)$$

Розрахункове зниження технологічної собівартості згідно (28) становило:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{74,38 - 35,32}{74,38} \cdot 100\%$$

Розрахунок умовно-річної економії Прож (очікуваного прибутку), яка може бути отримана при прийнятті проектної технології, виконаємо так:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \quad (29)$$

Очікуваний прибуток (умовно річна економія) після підстановки в (29) відповідних значень склала:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (190,10 - 86,78) \cdot 16000 = 51660 \text{ грн.}$$

Термін окупності  $T_{\text{ок}}$  додаткових капітальних вкладень визначимо так:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{ДОІ}}}{\text{Э}_{\text{у.г.}}} \quad (30)$$

Термін окупності після підстановки в (30) відповідних значень становив:

$$T_{\text{ок}} = \frac{5215}{51660} \approx$$

Річний економічний ефект  $\text{Е}_{\text{г}}$ , одержуваний після прийняття проектної технології визначимо так:

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$E_{г} = E_{уг} - E_{н} \cdot K_{доп} \quad (31)$$

Річний економічний ефект після підстановки (31) відповідних значень склав:

$$E_{г} = 51660 - 0,33 \cdot 5215 = 49880 \text{ грн.}$$

У проекті технології передбачено використання газотермічного наплення шнурів.

Зменшення трудомісткості на п'ятдесят відсотків, підвищення продуктивності праці на сто відсотків і зниження технологічних витрат на п'ятдесят два відсотки були отримані завдяки виконанню економічних розрахунків.

При впровадженні проектної технології умовно-річна економія складає 51 660 грн.

Впровадження проектної технології має річний економічний ефект у розмірі 49 580 грн. Капіталові витрати окупляться за 0,5 року.

Вище зазначене свідчить про високу економічну ефективність технології проектування.

					<b>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

## Висновок

Мета цієї випускної кваліфікаційної роботи полягає в тому, щоб підвищити продуктивність процесу отримання з'єднання напівкорпусів каталітичного нейтралізатора.

У результаті аналізу конструктивних особливостей нейтралізатора, умов експлуатації та основних технологічних процесів виготовлення було виявлено недоліки в процесі виготовлення. Технологія ручного дугового зварювання електродом, що не плавиться, використовується в середовищі аргону з низьким рівнем механізації та автоматизації. Результати аналізу різних варіантів з'єднання напівкорпусів каталітичного нейтралізатора показали, що найкращим варіантом є використання технологічного процесу паяння.

Завдання випускної кваліфікаційної роботи сформульовано на основі аналізу стану питання щодо зварювання тонколистових конструкцій з нержавіючих сталей.

На відміну від основного корпусу, де всі шви зварюються вручну аргонодуговим зварюванням, напівкорпуси можна з'єднати за допомогою вакуумного пічного паяння. За рахунок того, що всі шви виконуються одночасно, і пайка відразу сорока виробів за один термічний цикл, це зменшує трудомісткість процесу виготовлення. Крім того, за рахунок зменшення напруг в металі та деформацій якість продукції покращується.

Для впровадження розробленої технології було підібрано нагрівальне обладнання, включаючи вакуумну піч з високою температурою.

Результати бакалаврської роботи повинні принести річний економічний ефект у розмірі 49580 грн. Мета досягнута.

					<i>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

## Список використаної літератури та джерел

1. Альошин Н.П., Щербинський В.Г. Контроль якості зварювальних робіт. К: Вища школа. 1986. 167 с.
2. Альошин Н.П. Фізичні методи неруйнівного контролю зварних з'єднань. К: Машинобудування. 2006. 368 с.
3. Бурлов В.В., Парпуц І.В., Парпуц Т.П. Корозійне розтріскування зварних швів нафтопереробного обладнання, виконаного з шаром, що плакує зі сталі 08Х13 // Корозія: матеріали, захист. 2004. № 7. С. 22-35.
4. Гостюшин А. В. Енциклопедія екстремальних ситуацій. Х: Вид. "Дзеркало", 1995. 288 с.
5. Грінін А. С., Орехов Н.А. Екологічний менеджмент: навч. посібник для вузів. Х.: ЮНІТІ-ДАНА, 2001. 206 с.
6. Єгорова Г.Г., Кручиніна Н.В. Механічне зварювальне обладнання: Каталог. К.: 1980. 68 с.
7. Кайдалов А.А.. Електронно-променеве зварювання та суміжні технології. К.: Екотехнологія, 2004. 40 с.
8. Каспарова О.В., Балдохін Ю.В. Нові уявлення про механізм міжкристалітної корозії нержавіючих сталей // Захист металів. 2007. Том 43. №3. с. 256-261.
9. Лашко С.В., Лашко Н.Ф. Паяння металів. - К: Машинобудування, 1977. – 328 с.
10. Лашко С.В., Лашко Н.Ф. Паяння металів. - к: Машинобудування, 1988. – 376 с.
11. Радзієвський Г.Г. Ткаченко О.М. Високотемпературна вакуумна паяння в компресоробудуванні. К.: Екотехнологія, 2009. 400 с.
12. Рібаков В.М. Дугове та газове зварювання: Навч. для середовищ. ПТУ. - 2-ге вид. перероб. К: Вищ. школа, 1986. 208 с.
13. Довідник з паяння / За ред. І.Є.Петруніна. - К: Машинобудування,

					КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

2003. - 480 с.

14. Cresswell RA Gases and gas mixtures в MIG i TIG welding // Welding and Metal Fabrication. - 1972. - 40, № 4. - P. 114-119.

15. Dilthy U., Reisingen U., Stenke V. та ін. Schutgase zum MAGM - Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. - 1995. - 47, № 2. -

16. S. 118–123.

17. Dixon K. Shielding gas selection для GMAW steels // Welding and Metal Fabrication. - 1999. - № 5. - P. 8-13.

18. Evans G. Microstructure and Properties of Ferritic Steel Welds Containing Ti and B. // Welding Journal. 72 (8). 1996. P. 251-260.

19. Lucas, W. Choosing a shielding gas.

20. Shiliang W., Weiping H., Bogang T. Improving Toughness of Weld Metal by Adding Rare Earth Elements. // Welding International 3. 1986. P. 284-287.

21. Salter, GR, Dye SA Selecting gas mixtures for MIGwelding // Metal Constr. i Brit. Weld. J. 1971. № 6. P. 230-233. B.M.

					<i>КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ</i>	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					КРБМТВА 25. 22159. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77