

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання імені Є. О. Патона
Кафедра зварювального виробництва**

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри

(підпис) Віктор КВАСНИЦЬКИЙ

«__» _____ 2025 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
на тему: Технологія складання та зварювання промислової
вентиляційної заслінки**

Виконав:

студент IV курсу, групи ЗВ-11

Повх Богдан Валерійович

Керівник:

доцент, к.т.н., доцент,

Прохоренко Одарка Володимирівна

Консультант із розроблення стартап-проєкту:

доцент, к.е.н., Глущенко Ярослава Іванівна

Консультант з охорони праці

Зав. каф., д.т.н., професор

Левченко Олег Григорович

Рецензент:

доцент, к.т.н., доцент,

Коваль Віктор Вікторович

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2025 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання імені Є. О. Патона
Кафедра зварювального виробництва

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма – «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Віктор КВАСНИЦЬКИЙ

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Повху Богдану Валерійовичу

1. Тема проєкту «Технологія складання та зварювання промислової
вентиляційної заслінки»,
керівник проєкту Прохоренко Одарка Володимирівна, к.т.н., доцент, затверджені
наказом по університету від «26» травня 2025 р. № 1733-с
2. Термін подання студентом проєкту 9 червня 2025 р.
3. Вихідні дані до проєкту Ескіз зварного виробу (додається). Матеріал виробу –
сталь AISI 304. Забезпечення рівномірності зварних з'єднань та відсутності
недопустимих дефектів. Річна програма виготовлення виробу – 1 000 шт. Умови
виготовлення – цехові, температура експлуатації – від -40°C до +70°C

4. Зміст пояснювальної записки:

Виконати конструктивно-технологічний аналіз зварної вентиляційної заслінки. Обґрунтувати вибір способів зварювання. Вибрати зварювальні матеріали. Призначити зварні шви згідно нормативних документів. Розрахувати режими зварювання зварних швів і витрати зварювальних матеріалів, призначити параметри режимів зварювання. Вибрати устаткування для зварювання. Розробити технологічну послідовність складання-зварювання вентиляційної заслінки. Адаптувати вибране устаткування для складання і зварювання вентиляційної заслінки. Виконати компонування установки для зварювання швів вентиляційної заслінки.. Призначити способи контролю якості зварних швів вентиляційної заслінки. Спланувати розміщення засобів технологічного спорядження на виробничій площі. Скласти операційну карту процесу зварювання. Зробити загальні висновки до технологічного розділу дипломного проєкту. Розрахувати економічний ефект від впровадження розробленої технології у виробництво. Розробити заходи з охорони праці безпеки та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

1. Складальний кресленик вентиляційної заслінки. (1 А1).
2. Схема технологічного процесу виготовлення вентиляційної заслінки(1 А1).
3. Кресленик пристрою для складання під зварювання вентиляційної заслінки (1 А1).
4. Кресленик установки для зварювання поздовжнього шва вентиляційної заслінки (1 А1).
5. Кресленик установки для зварювання кільцевих швів вентиляційної заслінки (1 А1).
6. План виробничої площі для зварювання вентиляційної заслінки (1 А1).
7. Технологічна послідовність складання та зварювання вентиляційної заслінки (1 А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розроблення стартап-проєкту	Глущенко Я. І., доц.		
Охорона праці	Левченко О. Г., зав. каф.		

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Прим.
1	Аналіз літератури за темою проєкту	до 30 квітня	
2	Детальна розробка і обґрунтування проєктних рішень технологічної частини проєкту	до 15 травня	
3	Розробка стартап-проєкту	до 20 травня	
4	Розробка інженерних рішень з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	до 20 травня	
5	Оформлення графічного матеріалу	до 25 травня	
6	Оформлення пояснювальної записки і підготовка доповіді на захист	до 9 червня	

Студент

(підпис)

Богдан ПОВХ

Керівник

(підпис)

Одарка ПРОХОРЕНКО

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломного проєкту: 105 сторінок тексту, 19 рисунків, 20 таблиць, 35 джерел у бібліографії

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ВЕНТИЛЯЦІЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ, ВИРОБНИЦТВО, ОБЕРТАЧ, ДЕФЕКТ, ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ, ЗВАРНЕ З'ЄДНАННЯ, ЗВАРНИЙ ШОВ, ЗВАРЮВАННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ПАЛЬНИК, РОБОТИЗОВАНА УСТАНОВКА, СКЛАДАННЯ, СТАРТАП, ЯКІСТЬ, AISI 304.

У дипломному проєкті розроблено технологію складання та зварювання промислової вентиляційної заслінки з нержавіючої аустенітної сталі. Визначено конструктивні особливості, механічні властивості, хімічний склад матеріалу, його зварюваність і потоційні дефекти. Обрано метод зварювання в інертному газі 131(MIG) відповідно до вимог експлуатації виробу.

Підібрано високотехнологічне зварювальне обладнання: установка для зварювання поздовжнього шва, джерела живлення, горизонтальний двостояковий обертач і 5-осьовий зварювальний робот. Спроектовано виробничу площу з розміщенням устаткування, проїздів і компонування у споруді з одним прольотом та двома рядами колон.

Оцінено умови праці, ризики виробництва, розраховано вентиляцію, освітлення й мікроклімат на робочих місцях. Відповідно до правил, велика увага приділяється запобіганню безпеці та ризикам на робочому місці при використанні зварювального обладнання.

Останнім етапом було створення стартап-проєкту з залученням інвестицій, аналізом можливостей виходу на ринок та введенням проєкту в експлуатацію. SWOT-аналіз з аналогами, аналіз конкуренції та аналіз переваг продукту на ринку були рівнями.

ABSTRACT

Explanatory note of the diploma project: 105 pages of text, 19 figures, 20 tables, 35 sources in the bibliography

AUTOMATIZATION, VENTILATION, MANUFACTURING, PRODUCTION, TURNTABLE, DEFECT, POWER SOURCE, WELDED JOINT, WELD SEAM, WELDING, LABOR SAFETY, BURNER, ROBOTIC INSTALLATION, ASSEMBLY, STARTUP, QUALITY, AISI 304.

The diploma project developed a technology for assembling and welding an industrial ventilation damper made of austenitic stainless steel. The design features, mechanical properties, chemical composition of the material, its weldability and potocyanic defects were determined. The inert gas welding method 131 (MIG) was selected in accordance with the requirements of the product operation.

High-tech welding equipment was selected: a longitudinal seam welding unit, power sources, a horizontal two-column rotator and a 5-axis welding robot. A production area was designed with the placement of equipment, passages and layout in a structure with one span and two rows of columns.

Working conditions, production risks were assessed, ventilation, lighting and microclimate in workplaces were calculated. In accordance with the rules, great attention is paid to the prevention of safety and risks in the workplace when using welding equipment.

The last stage was the creation of a startup project with investment attraction, analysis of market entry opportunities and commissioning of the project. SWOT analysis with analogues, competition analysis and analysis of the product's advantages in the market were levels.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	8
ВСТУП.....	10
1 КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИРОБУ	11
1.1 Загальна характеристика виробу	11
1.1.1 Аналіз матеріалу конструкції.....	13
1.1.2 Аналіз зварних з'єднань.....	19
1.1.3 Вибір способу зварювання.....	23
1.1.4 Вибір зварювальних матеріалів	29
1.1.5 Підбір параметрів для зварювання	31
1.2 Технологічна послідовність складання та зварювання промислової вентиляційної заслінки	34
1.2.1 Перевірочний розрахунок горизонтального двостоякового обертача.....	38
1.3 Складальна оснастка	47
1.4 Вибір зварювального обладнання	49
1.4.1 Зварювання поздовжнього шва обичайки.....	49
1.4.2 Установка та комплектуючі для зварювання кільцевих швів.....	51
1.5 Контроль зварних з'єднань	55
1.6 План виробничої площі.....	55
2 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ	58
2.1 Опис ідеї стартап-проєкту.....	59

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Павх Б. В.</i>				<i>Технологічний аналіз виробу</i>		
<i>Перев.</i>	<i>Прохоренко О. В.</i>						
<i>Н.контр.</i>	<i>Лисак В. В.</i>				<i>КПІ ім. Ізоря Скіорського НН ІМЗ ім. Є. О. Патона</i>		
<i>Затв.</i>	<i>Квасницький В. В.</i>						

2.2 Технологічний аудит ідеї проєкту	60
2.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту	62
2.4. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту	65
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	74
3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів (ШНВФ).....	74
3.2 Вимоги безпеки праці	76
3.2.1 Вимоги до технологічних процесів	76
3.2.2 Вимоги до персоналу	77
3.2.3 Вимоги до виробничих приміщень	78
3.2.4 Організація робочого місця	79
3.2.5 Вентиляція	80
3.3 Електробезпека	82
3.3.1 Загальні вимоги електробезпеки	82
3.3.2 Класи електротехнічних виробів та вимоги до експлуатації зварювального обладнання	83
3.3.3 Вимоги до експлуатації зварювального обладнання.....	85
3.4 Захист від теплового випромінювання.....	86
3.5 Захист від теплового випромінювання.....	88
3.6 Пожежна безпека.....	89
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	92
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	94
ДОДАТКИ	99

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ВТК – працівник відділу технічного контролю

ГДК – гранично допустима концентрація

ГДР – гранично допустимий рівень

ГТ – гарячі тріщини

ДБН – державні будівельні норми

ДНАОП – державні нормативи з охорони праці

ДСН – державні санітарні норми

ДСП – державні санітарні правила

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту

ЗТВ – зона термічного впливу

ІЧ – інфрачервоне випромінювання

МКК – міжкристалічна корозія

МОЗ України – міністерство охорони здоров'я України

ПВ – робочий цикл, питома тривалість вмикання

ТУ України – технічні умови, затверджені в Україні

ХТ – холодні тріщини

ЧПК – числове програмне керування

Ar – argon, аргон, інертний газ

СО – оксид вуглецю

DIN – Deutsches Institut für Normung, німецький інститут стандартизації

EN – European Norm, європейський стандарт

MAG – metal active gas, зварювання плавким електродом в активному газі

MIG – metal inert gas, зварювання плавким електродом в інертному газі

MMA – manual metal arc, ручне дугове зварювання

РА – welding position, нижнє положення при зварюванні

PB – welding position, горизонтальне положення на вертикальній площині

pWPS – preliminary welding procedure specification, попередня інструкція зварювального процесу

					ЗВ11.11.01.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

SAW – submerged arc welding, зварювання під флюсом

SWOT – strengths, weaknesses, opportunities, threats, метод стратегічного аналізу

TIG – tungsten inert gas, аргонодугове зварювання неплавким електродом

WPS – welding procedure specification, специфікація зварювального процесу

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Сучасне промислове виробництво висуває високі вимоги до ефективності, надійності та технологічності обладнання, що використовується в різних галузях – від важкої промисловості до харчових і медичних підприємств. Одним із важливих елементів у забезпеченні стабільної роботи вентиляційних систем є промислова вентиляційна заслінка, яка регулює потоки повітря, забезпечує температурний режим та очищення повітряного середовища.

Одним з основних критеріїв надійної роботи вентиляційної заслінки є якість її зварних з'єднань. У зв'язку з цим надзвичайно важливим є розроблення ефективної технології складання та зварювання, яка враховує не лише технічні характеристики матеріалів, а й особливості умов експлуатації виробу. В даному дипломному проєкті здійснюється розробка технології виготовлення вентиляційної заслінки з корозійностійкої сталі AISI 304, яка має підвищені вимоги до зварювання та складання. Метою цієї роботи є створення повноцінного технологічного процесу складання та зварювання вентиляційної заслінки, що охоплює аналіз конструкції виробу, вибір зварювальних матеріалів і способу зварювання, розрахунок параметрів режиму зварювання, визначення необхідного обладнання, а також планування виробничої ділянки. У проєкті виконується конструктивно-технологічний аналіз виробу, обґрунтований вибір методів зварювання, проводиться розрахунок витрат зварювальних матеріалів, розробляється послідовність складання та компонування устаткування. Також розглянуто питання організації контролю якості зварних швів, охорони праці на виробництві та електробезпеки.

Окремий розділ присвячено економічному обґрунтуванню впровадження розробленої технології, а також оцінці доцільності запуску стартап-проєкту на її основі, що дозволяє розглядати роботу як потенційну модель для комерціалізації інженерних рішень.

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

1 КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИРОБУ

Цей розділ призначений для опису технологічних рішень при виготовленні промислової вентиляційної заслінки. Описується технологія складання до зварювання, розрахунки параметрів зварювання, технологічні рішення щодо виробничого устаткування. Також буде надано обґрунтування щодо вирішення тих чи інших інженерних задач.

1.1 Загальна характеристика виробу

Промислова вентиляційна заслінка (див. рис. 1.1), пристрій, який призначений для контролю повітряного потоку у вентиляційній системі. Використовується на підприємствах з підвищеними вимогами до вентиляційних систем, здебільшого на важких підприємствах, хімічних заводах, медичних та харчових підприємствах.

Основні частини промислової вентиляційної заслінки виготовляються із корозійностійкої сталі AISI 304 [1] .

Сталь AISI 304 аустенітна корозійностійка сталь з низьким вмістом вуглецю, добре зварюється, низька схильність до міжкристалічної корозії. Також ця сталь має високу пластичність, що забезпечує стійкість до низьких температур за рахунок аустенітної структури металу.

Умови використання такої вентиляційної заслінки:

- агресивні хімічні речовини та аерозолі;
- вплив абразивних частинок на важких підприємствах;
- вимоги до санітарних норм в медичних та харчових підприємствах;
- температурні режими експлуатації промислової вентиляційної заслінки від -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$.

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		11

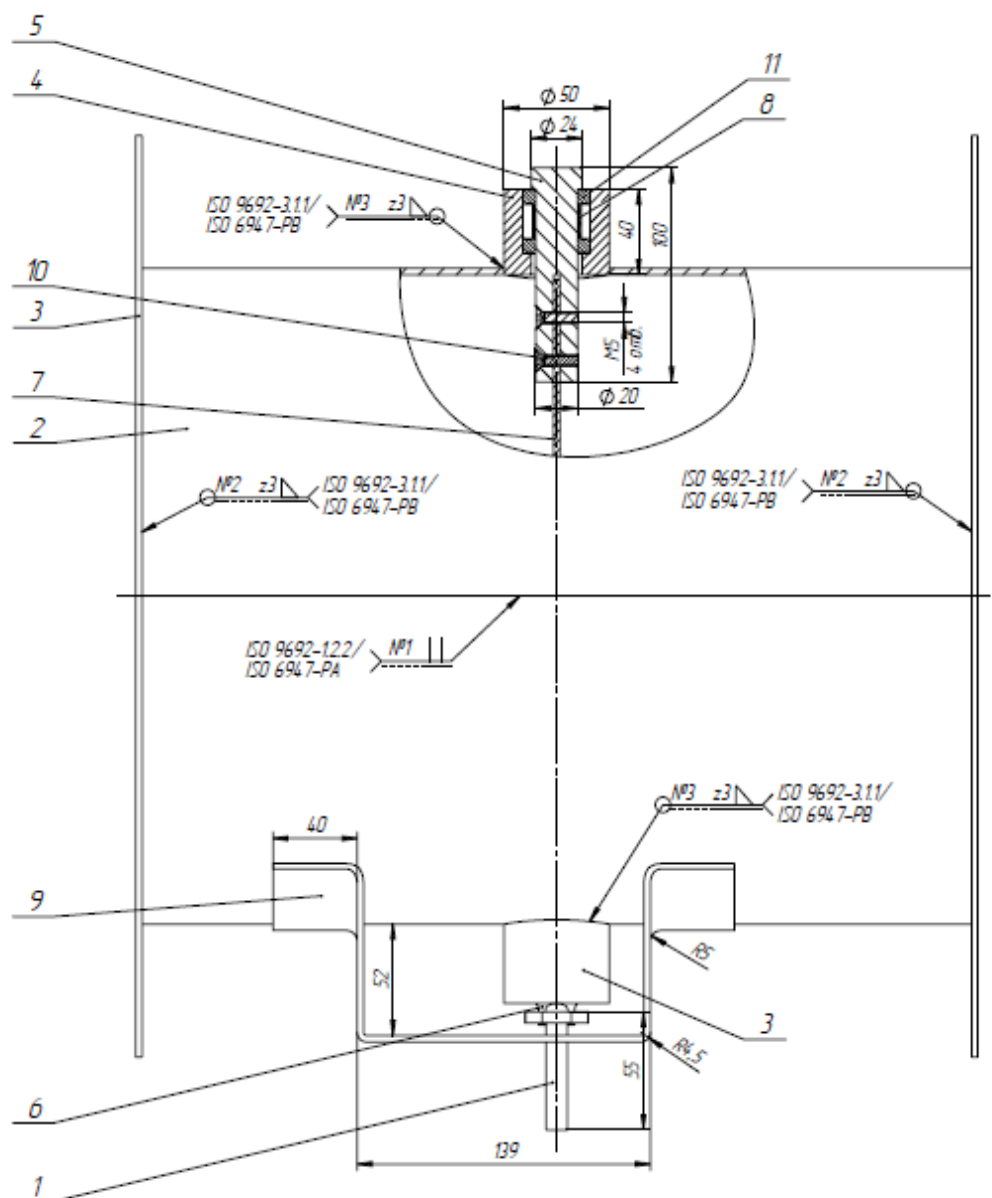


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд промислової вентиляційної заслінки

Основні елементи конструкції наведені у кресленику ЗВ11.11.01000 СК та у специфікації ЗВ11.11.01.00 СП (див. додатки).

На обичайку (поз.2 рис. 1.1) надіваються фланці (поз. 3 рис 1.1) та виконуються прихватки, фланці виконують функцію кріплення до інших деталей одиниць вентиляційної системи. В обичайку встановлюються, за допомогою складальної оснастки (див. ЗВ11.11.03.000 ВЗ та ЗВ11.11.03.000 СП) підшипникові опори (поз. 4 рис. 1.1) на прихоплення, підшипникові опори виконують функцію утримання валів (поз. 5 і 6 рис. 1.1), які тримають заслінку (поз. 7 рис. 1.1) та

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ЗВ11.11.01.000 ПЗ

Арк.

12

дозволяють заслінці обертатись і забезпечувати відкривання чи закривання для регуляції повітряного потоку, після чого виконується розбирання оснастки та встановлення дистанційної проставки (поз. 8 рис.1.1) та підшипників (поз. 11 рис. 1.1). Виконується зварювання на автоматичній роботизованій установці (ЗВ11.11.04.000 ВЗ). Встановлюється привідний вал (поз. 5 рис. 1.1) в отвір підшипників в опорі, після чого на квадрат надягається ручка (поз. 1 рис. 1.1) та за допомогою шаблона виконується встановлення напрямного пазу (поз. 9 рис. 1.1) та виконується прихоплення, після чого зварюється на автоматичній роботизованій установці (ЗВ11.11.04.000 ВЗ).

1.1.1 Аналіз матеріалу конструкції

Для виготовлення промислової вентиляційної заслінки використовується корозійностійка сталь AISI 304 за ASTM A 240 [1]. Хімічний склад наведений в таблиці 1.1, механічні властивості наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі AISI 304 [1]

Елемент	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N
Вміст у %	до 0,07	до 0,75	до 2,0	до 0,045	до 0,030	від 17,5 до 19,5	від 8,0 до 10,5	0,10

З таблиці 1.1 можемо визначити, що сталь AISI 304 низьковуглецева вміст вуглецю до 0,25%, високолегована, вміст легуючих елементів (залежно від партії) може бути від 25,5% до 33%, що більше 10% вмісту легуючих елементів. Сталь корозійностійка оскільки вміст хрому (Cr) більший за 13%. Вміст нікелю обумовлює аустенітну структуру металу [1]. Високий вміст легуючих елементів, свідчить про те, що сталь високої якості.

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі AISI 304 [1]

Межа міцності (тимчасовий опір на розрив), МПа	515
Межа плинності, 0,2% МПа	205
Твердість по Брінеллю, НВ	170
Межа витривалості, Н/мм ²	240
Відносне видовження, %	40

Здатність сталі до зварювання – це її властивість до утворення надійного зварного з'єднання без виникнення дефектів. Здатність сталі до зварювання залежить від її хімічного складу та структури. Слід проаналізувати шкідливі домішки, визначити схильність до утворення ГТ та ХТ, утворення крихких структур та загартованих структур, це допоможе розрахувати режими зварювання, доцільність та температуру попереднього підігрівання.

Основні дефекти:

– гарячі тріщини: тріщини, які утворюються найчастіше в процесі зварювання, найчастіше викликані вмістом легкоплавких структур між кристалами сталі. Легкоплавкі структури утворюють домішки сірки (S) та фосфору (P), утворюючи легкоплавкі з'єднання за залізом (FeS, Fe₃P).

– холодні тріщини: тріщини, які утворюються через деякий час після зварювання. Викликано найчастіше тим, що під час зварювання утворились загартовані структури (мартенситні структури), причина виникнення таких структур високий вміст вуглецю та хрому.

– крихкість: крихкість може бути викликана високим вмістом в сталі сірки, фосфору та вуглецю, також крихкість може викликати розчинений в металі водень та азот.

– загартовані структури: здебільшого цей дефект спостерігається на вуглецевих сталях, з високим містом хрому та інших металів які здатні утворювати карбіди.

Для корозійностійких аустенітних сталей здебільшого притаманні гарячі тріщини.

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		14

Визначити схильність сталі до утворення гарячих тріщин можна за формулою:

$$HCS = \frac{C * (S + P + 0,04Si + 0,01Ni) \cdot 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V}$$

де HCS (Hot Cracking Susceptibility – сприйнятливість гарячих тріщин) – значення, що дозволяє оцінити ймовірність утворення гарячих тріщин у зварних швах сталей.

Для того, щоб визначити схильність сталі до ГТ потрібно розрахувати значення по вищенаведеній формулі, при цьому якщо $HCS < 4$, то метал не схильний до утворення ГТ, якщо $HCS > 4$, то з'являється схильність до утворення ГТ.

Отже підставимо значення в формулу, отримаємо такий результат:

$$HCS = \frac{0,07 * (0,030 + 0,045 + 0,04 * 0,75 + 0,01 * 8) * 10^3}{3 * 2 + 19,5 + 0 + 0} = 0,51$$

Отримано результат $HCS = 0,054$, що значно нижче за значення $HCS = 4$, і це свідчить про те, що дана марка сталі не схильна до утворення гарячих тріщин.

Холодні тріщини не притаманні корозійностійким аустенітним сталям, але можливе збільшення твердості через розчинений водень та азот в металі шва, що може викликати появу холодних тріщин.

Для більшої впевненості розрахуємо і цей показник, задля остаточного визначення схильності до утворення ХТ:

$$C_{\text{екв}} = C + \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Відповідно сталь може вважатись стійкою до утворення холодних тріщин, якщо $C_{\text{екв}} \leq 0,40\%$.

Підставивши значення у рівняння отримаємо результат:

					ЗВ11.11.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		15

$$C_{\text{екв}} = 0,07 + \frac{0,75}{24} + \frac{2}{6} + \frac{19,5}{5} + \frac{10,5}{15} = 5,04\%$$

Отримали значення $C_{\text{екв}}$ більше за 0,40%, це означає, що сталь теоретично схильна до утворення ХТ, але ризик цього дефекту залишається мінімальним через те, що в сталі AISI 304 низький вміст вуглецю (до 0,08%) високий вміст хрому (від 18% до 20%) та нікелю (від 8% до 10,5%), що слугує для стабілізації аустенітної (γ -Fe) фази, яка має гранецентровану кубічну (ГЦК) ґратку і відповідно розрахунок структури металу надано нижче (див. рис. 1.2), тому ця сталь не схильна до утворення ХТ.

Крихкість в сталях такого класу і структури проявляється дуже рідко, але можливе, через невиконання технології попередньої підготовки металу до зварювання, наприклад велика кількість вологи в металі та зварювальних матеріалах можливе потрапляння водню, і через це спровокувати крихкість та ХТ, поганий захист зварювальної ванни може спровокувати потрапляння азоту, що також погіршує властивості пластичності металу шва. Для запобігання утворення цього дефекту потрібно виконувати технологію підготовки сталі та зварювальних матеріалів, обирати захисний газ із найнижчим вмістом вологи чи водню, виконувати зварювання в умовах помірної або низької вологості повітря.

Пори – газові пухирі, що утворюються в металі зварного шва через утримання газів у рідкому металі шва, під час процесу кристалізації. Причина утворення: наявність водню в зоні розплавленого металу, азоту, про порушенні газового захисту зони зварювання та забруднень металу, які при високих температурах випаровуються також можуть спровокувати появу пор. Цей дефект значно знижує міцність та герметичність зварного шва.

Знизити можливість виникнення газових пор в металі зварного можливо, для цього потрібно очищати метал від забруднень в зоні зварювання, виконувати зварювання в критих цехах, де не буде протягів, які можуть порушити формування газового захисту зони зварювання та потрапляння в зону зварювання азоту із атмосфери та використання зварювальних матеріалів, які попередньо пройшли

					ЗВ11.11.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16

осушення, також потрібно контролювати вологість в приміщенні задля зниження ймовірності потрапляння водню.

Розрахунок фазового складу металу.

Для того, щоб визначити структуру фазового складу для високолегованих сталей за діаграмою Шефлера, потрібно виконати розрахунок нікелевого та хромового еквіваленту.

Розрахунок еквіваленту нікелю:

$$Ni_{\text{екв}} = \%Ni + 30 \cdot \%C + 26 \cdot \%N + 0,5 \cdot \%Mn + 0,3 \cdot \%Cu$$

$$Ni_{\text{екв}} = 10 + 30 \cdot 0,08 + 26 \cdot 0 + 0,5 \cdot 2 + 0,3 \cdot 0 = 13,4 \%$$

В цій формулі враховується вплив нікелю, вуглецю, марганцю, азоту та міді на утворення аустенітної структури в металі шва. Нікель – це основний елемент, який утворює аустенітну структуру, тоді як вуглець і азот підсилюють цю властивість нікелю. Мідь і марганець виконують роль стабілізації аустеніту у зоні зварювальної ванни.

Для оцінки вмісту в металі зварного шва феритної структури, визначається хромовий еквівалент, який враховує вплив елементів, які сприяють утворенню феритної структури.

Розрахунок еквіваленту хрому:

$$Cr_{\text{екв}} = \%Cr + 2 \cdot \%Mo + 1,5 \cdot \%Si + 5\%Ti + 2\% \cdot Al + 1,5 \cdot W + \%V$$

$$Cr_{\text{екв}} = 20 + 2 \cdot 0 + 1,5 \cdot 1 + 5 \cdot 0 + 2 \cdot 0 + 1,5 \cdot 0 + 0 = 21,5 \%$$

У цій формулі враховується вплив хрому, молібдену, кремнію, титану, ніобію, алюмінію, вольфраму та ванадію на формування феритних фаз у зварному шві. Основним елементом утворення феритної структури виступає хром, в той час, як

					ЗВ11.11.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		17

інші легуючі елементи сприяють стабілізації феритної фази підвищуючи корозійну стійкість та жаростійкість металу зварного шва.

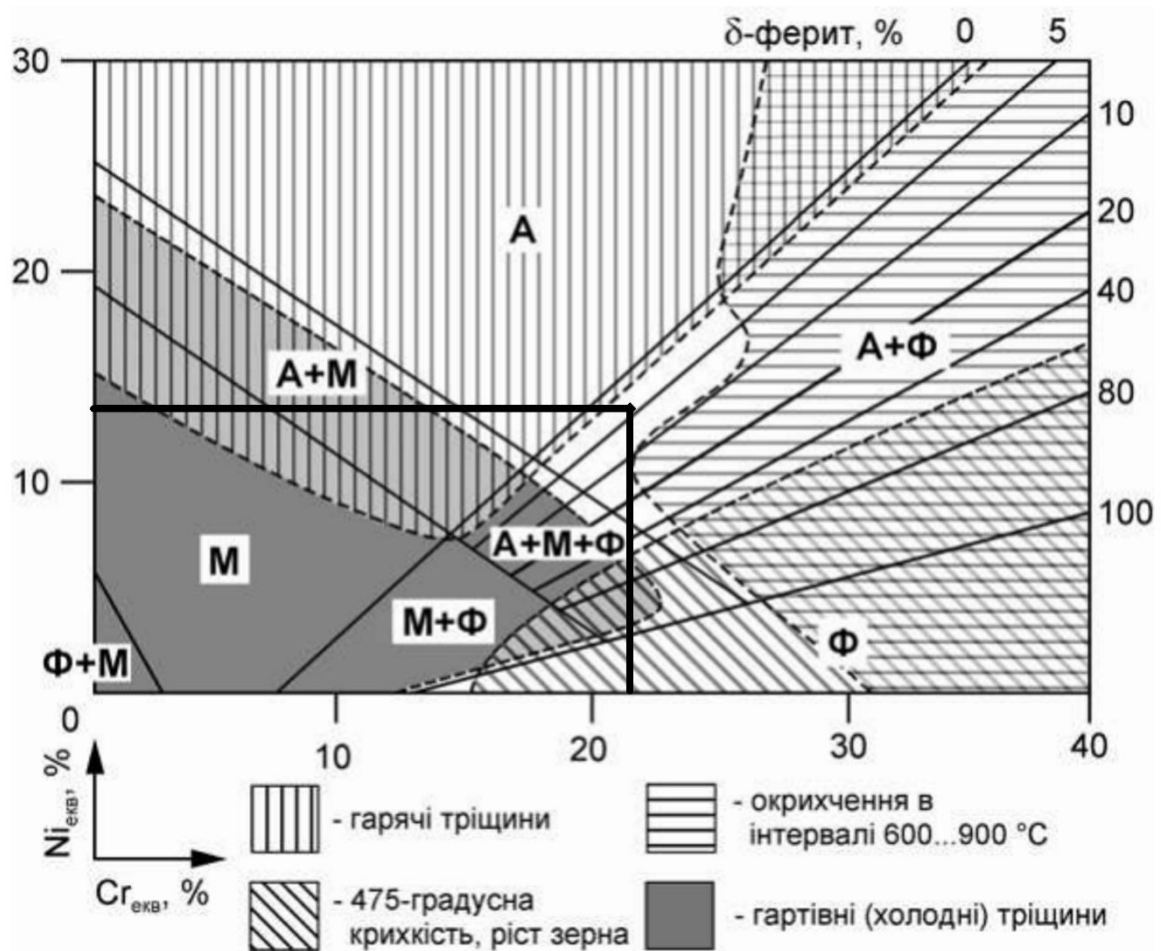


Рисунок 1.2 – Діаграма Шефлера для визначення структури AISI 304

Отже, в ході емпіричних розрахунків, було визначено, що структура сталі AISI 304 однофазна аустенітна.

Завдяки відсутності фазових перетворень під час охолодження сталь AISI 304 має стабільну однорідну структуру, що дозволяє отримати механічні властивості зварного шва близькі до механічних властивостей основного металу.

Для оцінки тріщиностійкості сталі AISI 304 виконується відношення еквівалентів хрому і нікелю за наступною формулою:

$$\frac{Cr_{\text{екв}}}{Ni_{\text{екв}}} = \frac{Cr + 1,37Mo + 1,5Si + 2Nb + 3Ti}{Ni + 0,31Mn + 22C + 14,2N + Cu}$$

$$\frac{Cr_{\text{екв}}}{Ni_{\text{екв}}} = \frac{20 + 1,37 \cdot 0 + 1,5 \cdot 1 + 2 \cdot 0 + 3 \cdot 0}{10 + 0,31 \cdot 2 + 22 \cdot 0,08 + 14,2 \cdot 0} = 1,74 \%$$

Сумарний вміст сірки і фосфору в сталі AISI 304 не перевищує (P + S) 0,075%, що в межах стандарту ASTM A 240 [1] та для європейського аналога цієї сталі X5CrNi18-10 за стандартом EN ISO 10088 [2].

Отже отримане співвідношення $\frac{Cr_{\text{екв}}}{Ni_{\text{екв}}} = 1,74\%$ перевищує поріг 1,5%, що свідчить про достатньо високу стійкість до утворення ГТ під час зварювання.

1.1.2 Аналіз зварних з'єднань

Зварювання корпусу промислової вентиляційної заслінки передбачає виконання чотирьох типів зварних з'єднань та 7 зварних швів (рис. 1.3).

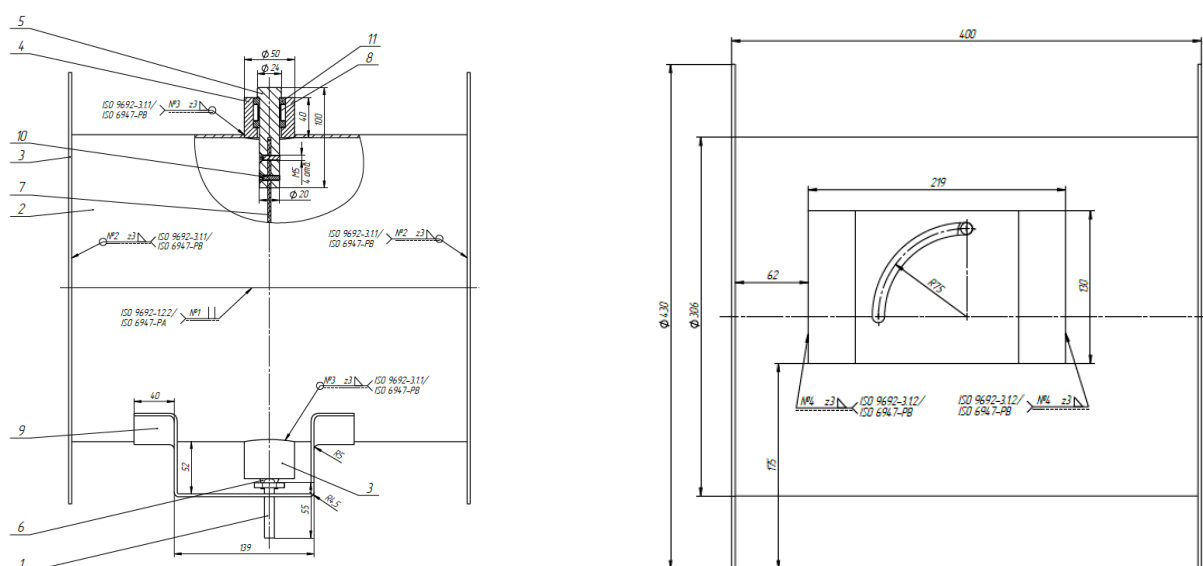


Рисунок 1.3 – Зварні шви промислової вентиляційної заслінки

Перший зварний шов, це поздовжній шов обичайки, стиковий прямолінійний. Розробка крайок не виконується, оскільки товщина основного металу до 4 мм, номер розробки крайок за ISO 9692-1 – 1.2.1 [3] .

Положення при зварюванні ISO 6947 – PA [4]. Довжина шва 400 мм. Детально зварний шов №1 зображений на рисунку 1.4.

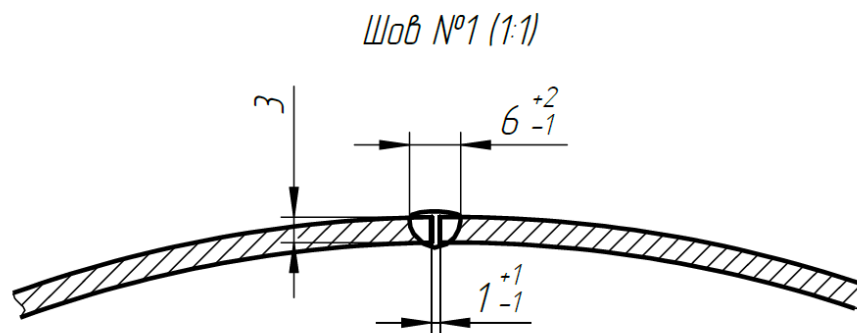


Рисунок 1.4 – Детальне зображення стикового поздовжнього шва обичайки №1

Другий шов – кутовий, з'єднує обичайку та фланець. Довжина шва 961 мм. Розробка крайок не виконується, зварювання виконується з однієї сторони. Номер зварного з'єднання за ISO 9692-1 – 3.1.1 [3]. Положення при зварюванні ISO 6947 – PB [4]. Детально зварний шов №2 зображений на рисунку 1.5.

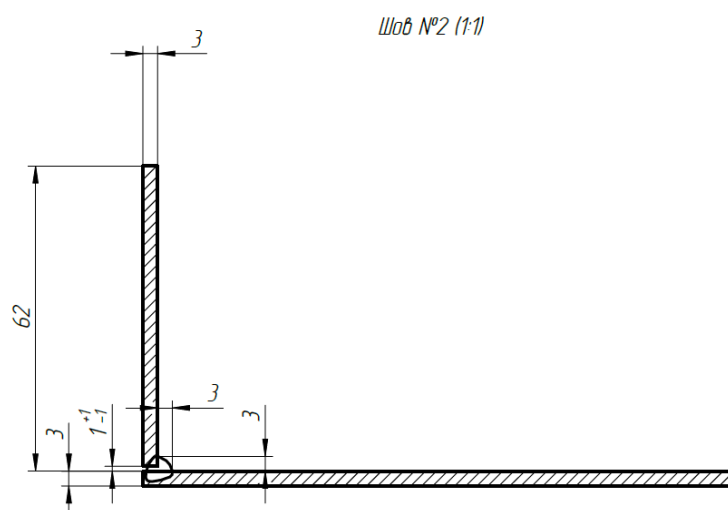


Рисунок 1.5 – Детальне зображення перерізу кутового шва №2

ЗВ11.11.01.000 ПЗ					Арк.
					20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Третій – кутовий зварний шов з'єднує підшипникові опори з обичайкою, оскільки товщина стінки підшипникової опори значно більша ніж товщина стінки обичайки, подальший підбір зварювального струму буде виконуватись для тоншого матеріалу. Довжина зварного шва 157 мм. Кутовий шов №3 за компонованням схожий на шов №2, (рис. 1.4). Положення при зварюванні ISO 6947 – PB [5]. Детальне зображення зварного шва №3 показане на рисунку 1.6.

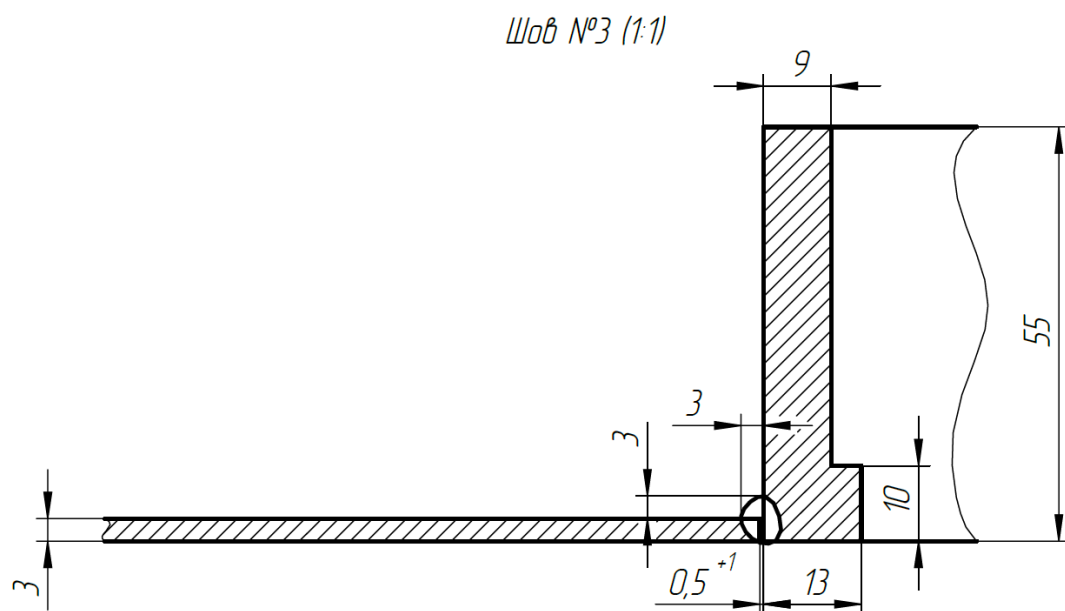


Рисунок 1.6 – Детальне зображення перерізу кутового шва №3

Четвертий – кутовий зварний шов з'єднує напрямний паз з обичайкою та забезпечує обмеження відкривання на 90°. Компоновання зварного шва №4 за ISO 9692-1 – 3.1.2 [4]. Довжина зварного шва 135 мм, положення при зварюванні за ISO 6947 – PB [5]. Детальне зображення перерізу зварного шва №4 показане на рисунку 1.7.

Шов №4 (1:1)

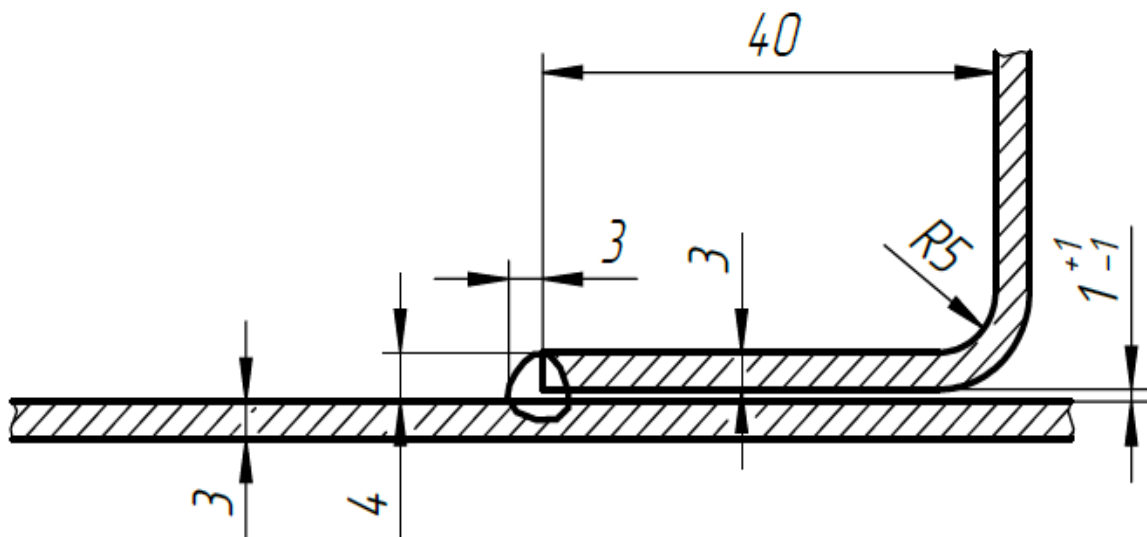


Рисунок 1.7 – Детальне зображення перерізу кутового шва №4

Розглянуті зварні шви, які виконуються для зварювання промислової вентиляційної заслінки. Для зручності сприйняття всі зварні шви подані в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технологічний аналіз зварних швів

№ з/п	Тип шва/ з'єднувані деталі	Тип з'єднання	Положення	Довжина, мм	№ з'єднання за ISO 9692-1	Кількість однакових швів
1	Стиковий шов обичайки	Стикове	Нижнє РА	400	1.2.1	1
2	Кутовий, фланець з обичайкою	Таврове	Нижнє РВ	961	3.1.1	2

Продовження таблиці 1.3

№ з/п	Тип шва/ з'єднувані деталі	Тип з'єднання	Положення	Довжина, мм	№ з'єднання за ISO 9692-1	Кількість однакових швів
3	Кутовий, підшипникова опора з обичайкою	Таврове	Нижнє РВ	157	3.1.1	2
4	Кутовий, напрямний паз з обичайкою	Напусткове	Нижнє РВ	135	3.1.2	2

1.1.3 Вибір способу зварювання

Сталь AISI 304, яка розглядається для виготовлення промислової вентиляційної заслінки не потребує високих вимог щодо способу зварювання. Виходячи з того, що для виробництва промислової вентиляційної заслінки необхідна автоматизація зварювальних процесів та як найвища продуктивність зварювального процесу.

Способи зварювання позначені за міжнародним стандартом ДСТУ EN ISO 4063 позначені в таблиці 1.4, де обрані переважно рекомендовані і рекомендовані способи зварювання для сталі AISI 304.

Таблиця 1.4 – Рекомендовані способи зварювання сталі AISI 304 [6]

Матеріал	Типові способи зварювання									
	Плавким електродом					Неплавким електродом				
	MMA	MAG	MIG	SAW	ESW	OFW	TIG	PAW	EBW	LBW
AISI 304	+	+	++	+	(+)	(+)	++	+	+	+

Примітка: «++» – переважно рекомендується, «+» – рекомендується, «(+))» – рекомендується обмежено.

В таблиці 1.4 розглянуто можливі способи зварювання для сталі AISI 304. В умовах автоматизованого виробництва досить великої кількості виробів на сам перед стоїть ефективність виробництва. Тому з переважно рекомендованих способів потрібно обрати той, який найбільше задовільнить потребу в ефективному зварюванні.

Найбільш раціональним методом зварювання для сталі AISI 304 є TIG (141) це вид зварювання неплавким вольфрамовим електродом в інертному газі (найчастіше аргон, ще може бути гелій, або суміш аргону з гелієм). Цей процес забезпечує точний контроль тепловкладення та локалізовану зону термічного впливу, що дозволяє зберігати аустенітну структуру металу й знижує ризик утворення карбідної сприйнятливості й міжкристалітної корозії. Інтенсивний захист зварювальної ванни аргоном ефективно запобігає окисленню хрому й нікелю, зберігаючи стабільний хімічний склад зварного шва. Завдяки високій якості зварних швів і мінімальній кількості дефектів, TIG – зварювання є оптимальним способом зварювання для високолегованих, корозійностійких сталей. Відсутній крапельний перенос присадного матеріалу, що знижує вірогідність потрапляння в зварювальну ванну шкідливих атмосферних газів, це запобігає утворенню пор.

Механізоване зварювання плавким дротом в інертних газах MIG (131) також показує добру ефективність при роботі з такими сталями як AISI 304. Перевага цього способу зварювання: висока ефективність та стабільна якість зварного шва.

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						24

Але потрібний контроль погонної енергії при зварюванні, щоб уникнути перегріву, можливе утворення гарячих тріщин та зменшення корозійної стійкості в зоні термічного впливу.

Автоматичне зварювання під флюсом SAW (121) – це автоматичне зварювання плавким електродом під флюсом, відзначається високою продуктивністю зварювання, високою швидкістю зварювання та глибиною проплавлення, однак висока вірогідність утворення карбідів хрому в ЗТВ, через занадто інтенсивне нагрівання. Для збереження хімічного складу металу зварного шва використовують легований зварювальний дріт, який вносить додаткові легуючі елементи в зону зварювання, також спеціальні флюси, але недостатній контроль зварювальних матеріалів, здебільшого флюсу, при перевищенні допустимої вологості буде утворення пористості металу шва та водневе окрихчення.

Ручне дугове зварювання покритим електродом MMA (111) [6] – спосіб який неможливо автоматизувати. Використання даного способу дуже обмежене через неможливість автоматизації, через низьку продуктивність та низькі якісні характеристики зварного шва. Для аустенітних корозійностійких сталей використовують електроди з рутиловим або основним покриттям з низьким вмістом вологи. Використовувати даний спосіб доцільно при одиничних або ремонтних роботах на монтажі, в місцях до яких неможливо дістатися з іншими способами зварювання.

Недоцільними способами зварювання є:

– MAG (135) – зварювання плавким електродом в активному газі (CO_2 або його сумішами), підвищує ризик окислення хрому і нікелю, що призводить до утворення оксидних плівок і зниження корозійної стійкості металу шва та ЗТВ.

– ESW (72) – електрошлакове зварювання, через високі температури сприяє утворенню карбідів та підвищує чутливість до МКК, потенційно погіршує корозійну стійкість.

– OFW (311) – газове зварювання, у виробництві не використовується, через велику зону термічного впливу, низьку продуктивність та не забезпечує достатньої якості зварного шва.

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

– PAW (15), EBW (51), LBW (52) – способи які дають високу якість зварного з'єднання, найнижчий тепловий вплив та дуже мала зона термічного впливу, але через високу ціну, складність обладнання та реалізації цих способів зварювання в розроблюваних умовах виробництва ці способи складно реалізувати. [6]

Для вибору остаточного способу зварювання використаємо таблицю 1.5, де вказані товщини основного металу, які може проварити кожен з способів.

Таблиця 1.5 – Приблизні товщини для кожного способу зварювання [6]

Кількість проходів	Діапазон товщин металу, зварюваного типовим способом зварювання			
	MMA	MIG	SAW	TIG
Один	від 1 мм до 4 мм	від 0,8 мм до 8 мм	від 2 мм до 20 мм	від 0,5 мм до 4 мм
Два	6 мм	12 мм	40 мм	6 мм
Багато	175 мм	120 мм	160 мм	20 мм

В цій роботі розглядається зварювання з товщиною основного металу 3 мм, в теорії для виконання зварювання можуть підійти всі способи зварювання, але в подальшому варто визначити особливості кожного процесу зварювання.

Автоматичне зварювання під флюсом SAW (121) відзначається високою швидкістю виконання й надійним глибоким проплавленням. Проте цей процес не забезпечує достатнього захисту шва від впливу атмосферного кисню, що є критично важливим при зварюванні високолегованих сталей, таких як AISI 304. Через це, під час зварювання можуть формуватися пори та оксидні плівки у шві, що значно погіршує корозійну стійкість з'єднання.

Велике тепловкладення, притаманне даному способу зварювання, що сприяє утворенню крупнозернистої структури у металі зварного шва та зоні термічного впливу, що призводить до зниження механічних властивостей, особливо ударної в'язкості та міцності, а також зростання ризику крихкого руйнування.

Також даний метод не забезпечить високої стабільності хімічного складу шва та зниження корозійної стійкості, через потрапляння до зони зварювання кисню із атмосфери, хоча даним методом можливо зварювати товщини в діапазоні від 2 мм до 20 мм, як зазначено в таблиці 1.5.

Ручне дугове зварювання покритим електродом ММА (111) – метод який може забезпечити достатню якість зварного шва. Але даний спосіб відзначається низькою продуктивністю, та не підлягає автоматизації у виробництві, що значно обмежує його застосування у серійному виробництві.

Крім того даний метод не оптимальний для виконання довгих швів, оскільки існує необхідність частої заміни електродів, очищення шлаку, що знижує продуктивність. Також згідно з таблицею 1.5 даний спосіб доцільний при зварюванні деталей до 4 мм за один прохід, але вище перераховані недоліки роблять цей спосіб зварювання недоцільним для використання.

Зварювання неплавким вольфрамовим електродом в інертному газі ТІГ (141) – забезпечує високу якість з'єднань і збереження корозійної стійкості високолегованих сталей завдяки локалізованому тепловому впливу. Це дозволяє уникнути перегріву металу, що особливо важливо при роботі з тонкостінним металом. Проте технологія має низьку продуктивність, особливо в умовах серійного виробництва. До того ж, впровадження автоматизованого режиму вимагає додаткового обладнання, що ускладнює технологічний процес та підвищує витрати.

Згідно з таблицею 1.5 ТІГ (141) доцільний для зварювання матеріалів завтовшки від 0,5 мм до 4 мм, що повністю відповідає товщині матеріалу з якого виготовлена промислова вентиляційна заслінка. Однак через низьку швидкість зварювання і низьку продуктивність, цей метод є недостатньо ефективним для виготовлення великої кількості однотипних деталей в умовах серійного виробництва.

Механізоване або автоматичне зварювання плавким електродом в інертних газах МІГ (131) є доцільним методом зварювання високолегованих сталей. Аргон, гелій або їх суміші забезпечують ефективний захист зони зварювання від

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		27

атмосферного кисню і азоту, що викликає утворення оксидних плівок і окрихчення, і як результат використання інертного газу, гарантує високу якість і корозійну стійкість зварного шва.

Переваги даного способу зварювання: висока продуктивність завдяки безперервній подачі дроту, достатньо концентрований потік енергії, що забезпечує глибоке проплавлення, легка автоматизація цього способу зварювання, оскільки існують готові рішення для подібних виробництв, що усуває людський фактор, і забезпечує якісний, міцний зварний шов.

Технологічні особливості: для покращення стабільності дуги, до інертного газу аргону додають від 2% до 8% діоксиду вуглецю (CO_2), також можливе додавання гелію, або кисню від 1% до 3%, це робиться задля того щоб підвищити електропровідність захисного газу, що в свою чергу покращує стабільність дуги, та прибирає її «виляння».

В цій роботі розглядається 4 типи зварних з'єднань. З'єднання №1 – поздовжній стиковий шов обичайки (поз. 2 – 3B11.11.01.000 СК), який зварюється в нижньому положенні РА, за стандартом ISO 6947 [4]. З'єднання №2 – кутовий шов, який з'єднує фланець з обичайкою (поз. 2, 3 – 3B11.11.01.000 СК), що виконується в горизонтально-вертикальному положенні РВ. З'єднання №3 – кутовий шов підшипникової опори (поз. 4, 2 – 3B11.11.01.000 СК), що з'єднує підшипникову опору та обичайку, зварювання виконується в горизонтально-вертикальному положенні РВ. З'єднання №4 – кутовий шов, напусткове з'єднання напрямного пазу (поз. 9, 2 – 3B11.11.01.000 СК), шов №4 фіксує на обичайці напрямний паз. Враховуючи хімічний склад сталі AISI 304, товщину основного металу 3 мм, середню та коротку протяжність зварних швів (найдовший 961 мм, від 250 мм до 1000 мм – середня протяжність, до 250 мм – короткі шви), положення з'єднань та автоматизацію процесу в умовах серійного виробництва, обрано автоматичне зварювання плавким електродом в інертному газі MIG (131) (табл. 1.6).

					<i>3B11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		28

Таблиця 1.6 – Спосіб зварювання, довжина та положення кожного шва

Номер зварного з'єднання	Положення при зварюванні	Товщина зварюваних деталей, мм	Довжина шва, мм	Спосіб зварювання
1	РА	3	400	131
2	PB	3	961	131
3	PB	3	157	131
4	PB	3	135	131

Отже, обрано спосіб зварювання, визначено положення, та приведено все до єдиної таблиці (табл. 1.6) для спрощеного розуміння яким способом та в якому положення виконується зварювання кожного шва. Для всіх зварних з'єднань обраний один спосіб зварювання, оскільки цей спосіб підходить для всіх поставлених задач.

1.1.4 Вибір зварювальних матеріалів

Правильний вибір зварювальних матеріалів обумовлює якість зварних швів, від правильного вибору зварювального дроту залежить якість зварного шва та його характеристики з корозійної стійкості та механічних властивостей.

Для зварювання сталі AISI 304 слід використовувати зварювальний дріт з більшим вмістом хрому ніж в основному металі, задля компенсації вмісту хрому який випаровується під час зварювання, саме цей процес і знижує корозійну стійкість, якщо не вносити в зварний шов додатковий хром, зварювальний дріт ER308L відповідно до ДСТУ EN ISO 14343 [7]. Дріт ER308L має нижчий вміст вуглецю порівняно з основним металом та підвищений вміст хрому, задля забезпечення достатнього вмісту хрому для корозійної стійкості зварного шва, знижений вміст вуглецю мінімізує утворення карбідів хрому по границі зерен і підвищує стійкість до МКК, хімічний склад зварювального дроту див. табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Хімічний склад зварювального дроту ER308L у % [2]

Марка дроту за EN ISO 14343	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
ER308L	0,03	від 0,30 до 0,65	від 1,0 до 2,5	0,03	0,03	від 19,5 до 22,0	від 9,0 до 11,0	0,75	0,75

Для захисту зони зварювання від окислення та задля збереження хімічного складу слід використовувати суміш газів аргону та вуглекислоти в пропорції 98% аргону (Ar) та 2% діоксиду вуглецю (CO₂), позначення за ISO 14175 [8] для обраної суміші буде наступним чином: ISO 14175-M12-ArC-2.

де M1 – основна група (оксидна суміш з аргонном); 2 – підгрупа (CO₂ у діапазоні від 0,5% до 5%); ArC – компоненти суміші (аргон + CO₂); 2 – номінальний вміст CO₂ у % (див. табл. 1.8).

Аргон забезпечує високий рівень захисту зварювальної ванни від атмосферних газів та утворення оксидів хрому і нікелю, вміст діоксиду вуглецю в суміші стабілізує зварювальну дугу, що сприяє кращому контролю зварювальної ванни, що покращує якість формування зварного шва, також знижує кількість бризок.

Таблиця 1.8 – Класифікація захисного газу для зварювання сталі AISI 304 об'єм у % [8]

Група	Підгрупа	CO ₂	O ₂	Ar	H ₂
M1	1	0,5 ≤ CO ₂ ≤ 5	—	баланс	0,5 ≤ H ₂ ≤ 5
	2	0,5 ≤ CO ₂ ≤ 5	—	баланс ^a	—
	3	—	0,5 ≤ O ₂ ≤ 3	баланс ^a	—
	4	0,5 ≤ CO ₂ ≤ 5	0,5 ≤ O ₂ ≤ 3	баланс ^a	—

Примітка: а – для цієї класифікації аргон може бути частково замінений гелієм

1.1.5 Підбір параметрів для зварювання

Режими зварювання – один із ключових чинників, що впливають на якість зварного з'єднання, особливо при роботі з нержавіючими сталями, наприклад AISI 304. У стандартній довідковій літературі рідко зазначені універсальні параметри, оскільки вони залежать від великої сукупності змінних факторів. Наприклад від габаритів конструкції, просторового положення, способу зварювання, наявності тепловідводів, температури навколишнього середовища так багато іншого.

Тому на початковому етапі, слід використати орієнтовні довідкові дані, а остаточні параметри режиму зварювання підібрати безпосередньо на виробництві.

Для стартової точки налаштування дані наведені в таблиці 1.9:

Таблиця 1.9 – Параметри зварювання для стикового шва №1

Товщина основного металу, мм	Діаметр дроту, мм	Зварювальний струм, А	Напруга дуги, В	Швидкість подачі дроту м/хв	Швидкість зварювання, м/хв	Витрати газу, л/хв
3	1,2	200	24	7,6	від 0,10 до 0,15	15

Наведені в таблиці 1.9 параметри є лише орієнтовними та не включають в себе тип переносу присадного матеріалу, в даному випадку описано для крапельного переносу на короткій дузі. Також не включається положення при зварюванні і тип з'єднання, тому для кожного зварного з'єднання розроблюваної конструкції, параметри будуть дещо відрізнятись.

Для кутових швів, в таблиці 1.10 наведено свої значення параметрів зварювання.

Таблиця 1.10 – Параметри зварювання для кутових швів №2, 3, 4 (на основі табл. 1.9)

Товщина основного металу, мм	Діаметр дроту, мм	Зварювальний струм, А	Напруга дуги, В	Швидкість подачі дроту м/хв	Швидкість зварювання, м/хв	Витрати газу, л/хв
3	1,2	від 110 до 140	від 19 до 22	6,6	від 0,06 до 0,09	15

Розрахуємо катет зварного шва для кутових швів. Катет розраховується виходячи з товщини основного металу та типу з'єднання.

$$K_{max} = 1,2 \cdot K_{min} = 1,2 \cdot 3 = 3,6 \text{ мм}$$

$$K_{min} = S_{min} = 3 \text{ мм}$$

де k – катет зварного шва, мм;

S_{min} – товщина металу, мм.

Виліт електроду розраховується для всіх зварних з'єднань за наступною формулою:

$$L_B = 10 * d_e \pm 2 * d_e \text{ мм}$$

де d_e – діаметр електроду;

L_B – виліт електроду.

Підставивши значення в формулу отримаємо довжину вильоту електроду від струмопідводу до зварювальної ванни:

$$L_B = 10 * 1,2 \pm 2 * 1,2 = 12 \pm 2,4 \text{ мм}$$

На основі даних таблиць 1.9, 1.10, 1.3 та ISO 9296 можемо сформувати таблицю попередніх параметрів для операційної карти зі зварювання. Попередні параметри для всіх швів наведені в таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 – Параметри зварювання для зварних з'єднань №1, №2, №3, №4

№ з'єднання	Тип з'єднання (ISO)	Діаметр дроту, мм	Струм, А	Напруга, В	Швидкість подачі дроту, м/хв	Швидкість зварювання, м/хв	Витрати газу, л/хв
№ 1	Стикове 1.2.2	1,2	200	24	7,6	0,10	15
№ 2	Таврове 3.1.1	1,2	140	22	6,6	0,09	15
№3	Таврове 3.1.1	1,2	140	22	6,6	0,09	15
№4	Напусткове 3.1.2	1,2	140	22	6,6	0,09	15

Отже, було виконано підбір режиму зварювання із довідників для кожного з зварного з'єднання. Але на виробництві параметри можуть дещо відрізнятися від вказаних через те, що можливі занижені напруги в мережі, великої довжини подовжувачів, температур в приміщенні і інших факторів, які можуть впливати на зварювальне обладнання. В таблиці 1.11 вказані лише орієнтовні параметри від яких слід відштовхуватись при налаштуванні.

1.2 Технологічна послідовність складання та зварювання промислової вентиляційної заслінки

Складання та зварювання промислової вентиляційної заслінки передбачає виконання складальних операцій та зварювання з готових деталей із забезпеченням якості зварних з'єднань та геометричних розмірів готового виробу.

Складання та зварювання починається з транспортування необхідних заготовок зі складу заготовок. Обґрунтування такого підходу до виробництва зазначається значною кількістю виготовлюваних одиниць, при цьому краще розподілити операції заготівельні і складально-зварювальні, задля забезпечення більшої якості та продуктивності виготовлення.

Перша операція складання та зварювання обичайки (поз. 2 – ЗВ.11.11.01.000 СК див. додатки) корпусу вентиляційної заслінки. Зі складу зігнута обичайка з вирізаними отворами потрапляє на стіл складання де виставляється потрібна геометрія, зазор під зварювання та прихоплюються вивідні планки механізованим 131 способом. Далі по ланцюгу, підготовлена під зварювання обичайка, доставляється на пост автоматичного зварювання (рис. 1.8) поздовжнього шва обичайки, де виконується зварювання автоматизованим 131 способом, після виконання зварювання слідом йде слюсарна обробка: відрізання вивідних планок та зачищення прихоплень від цих планок.

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
						34
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

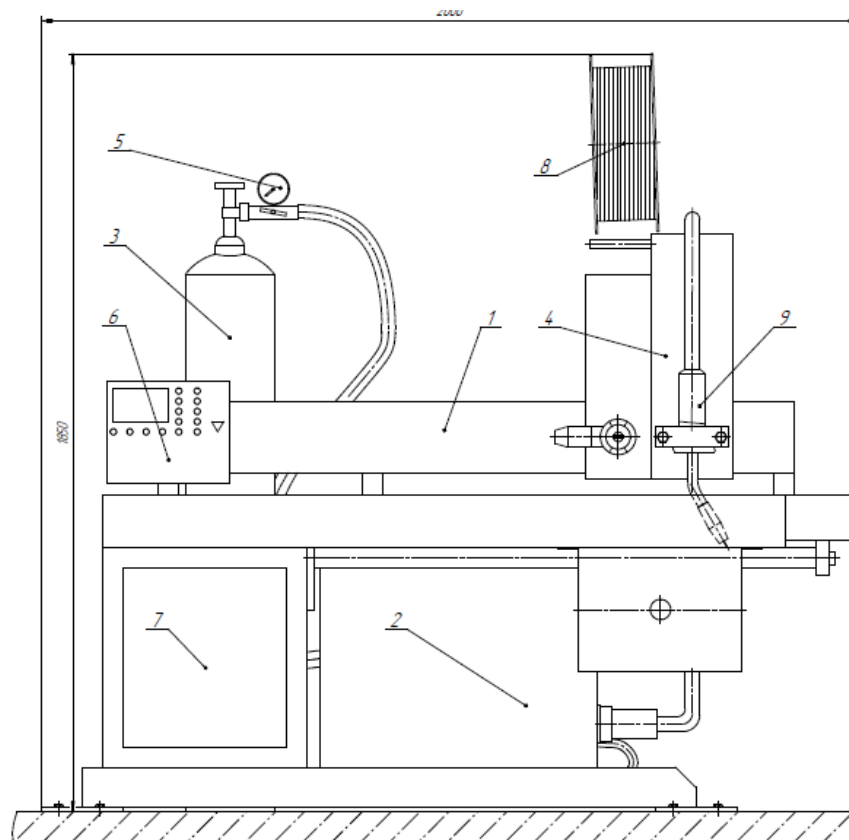


Рисунок 1.8 – Установка для автоматичного зварювання поздовжнього шва
обичайки

Після операції зварювання обичайки, вона транспортується в зону складання та зварювання на роботизованій установці. Також в цю зону зі складу заготовок доставляється у відповідній кількості поз. 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 – ЗВ.11.11.01.000 СП. Складання починається з фіксації фланця на столі зварника в зоні роботизованого зварювання, фланець 3, розміщується на столі зварника та фіксується притискачами, в отвір фланця встановлюється обичайка 2 в рівень з фланцем та виконується прихоплення механізованим 131 способом зварювання. За допомогою складальної оснастки, яка виконана на листі з шифром ЗВ11.11.03.000 ВЗ (детальний опис складальної оснастки наведено в підрозділі 1.3), на обичайку встановлюються підшипникові опори.

Виконання складання оснастки:

– встановити центрувальну вставку (поз.4 – ЗВ11.11.03.000 ВЗ);

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ЗВ11.11.01.000 ПЗ

Арк.
35

– насадити підшипникову опору (поз. 4 – 3B11.11.01.000 СК) на центруючу вісь (поз.2 – 3B11.11.03.000 ВЗ), просунути в отвір на обичайці та в отвір центрувальної вставки (поз.4 – 3B11.11.03.000 ВЗ), насадити другу підшипникову опору, як показано на рисунку 1.9;

– закрутити та підтиснути пробку М10 (поз.3 – 3B11.11.03.000 ВЗ).

Після складання оснастки, виконати прихоплення підшипникових опор механізованим 131 способом зварювання та розібрати складальну оснастку у зворотному порядку. Встановити другий фланець з іншої сторони, як описано вище.

Після виконання складання корпусу вентиляційної заслінки на прихоплення, встановити конструкцію на горизонтальний двостояковий обертач (поз. 1 – 3B11.11.04.000 ВЗ), відцентрувати та притиснути гвинтовими притискачами (поз. 22 – 3B11.11.04.000 ВЗ) фланець на планшайбі передньої нерухомої стійки (поз. 9 – 3B11.11.04.000 ВЗ).

Підвести задню рухому стійку (поз. 11 – 3B11.11.04.000 ВЗ) до другого фланця, зафіксувати задню стійку гвинтами фіксації (поз. 21 – 3B11.11.04.000 ВЗ) та дотиснути за допомогою пневмоциліндра затискання (поз. 13 – 3B11.11.04.000 ВЗ).

Затиснути гвинтовими притискачами фланець до задньої планшайби. Після цього можна виконувати зварювання роботизованою установкою (поз. 2 – 3B11.11.04.000 ВЗ).

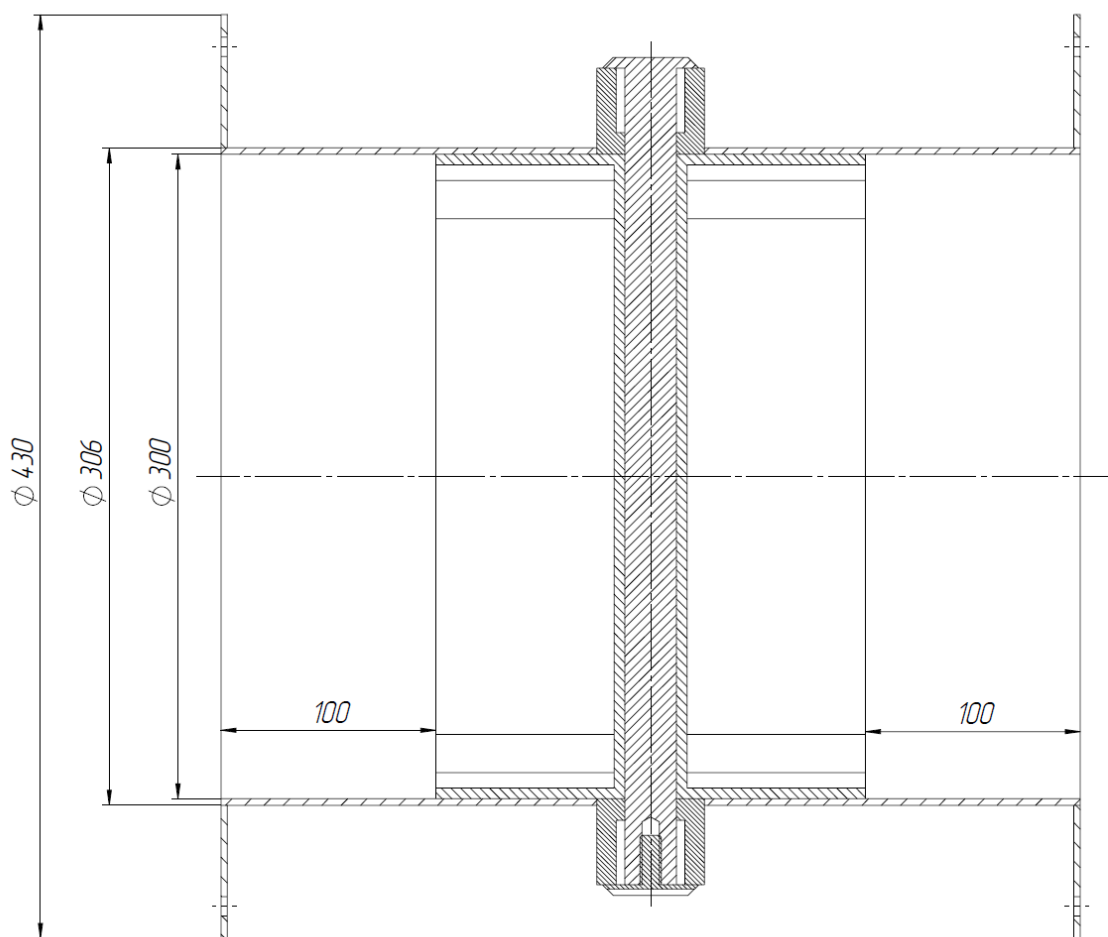


Рисунок 1.9 – Складальна оснастка для підшипникових опор

На рисунку 1.10 зображена установка для автоматичного роботизованого зварювання в готовому до роботи стані.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ЗВ11.11.01.000 ПЗ

Арк.

37

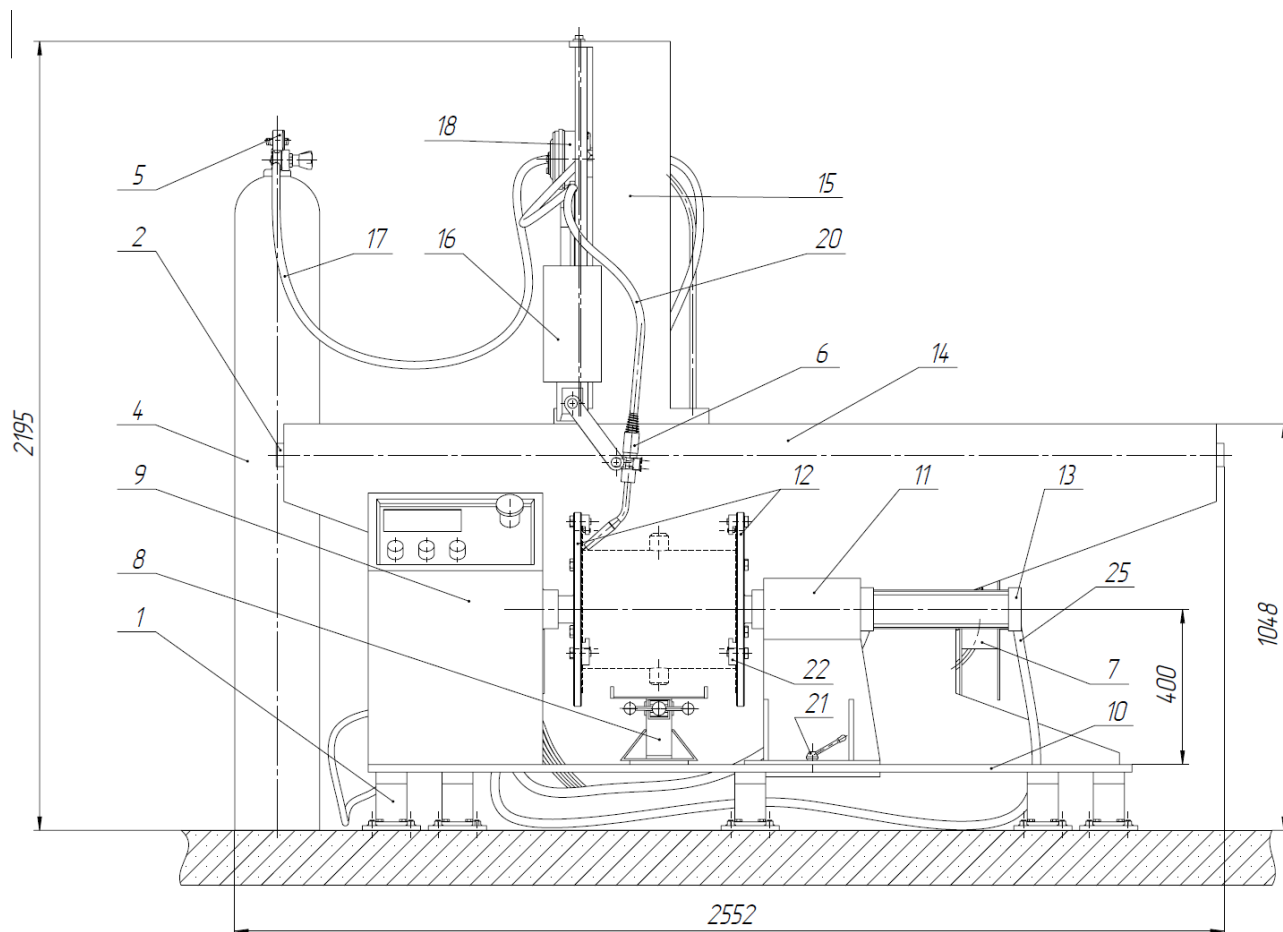


Рисунок 1.10 – Автоматична роботизована установка для зварювання

1.2.1 Перевірочний розрахунок горизонтального двостоякового обертача

Розрахунок двостоякового горизонтального обертача (рис. 1.11), потрібен для перевірки чи витримає покупний обертач навантаження при зварюванні промислової вентиляційної заслінки.

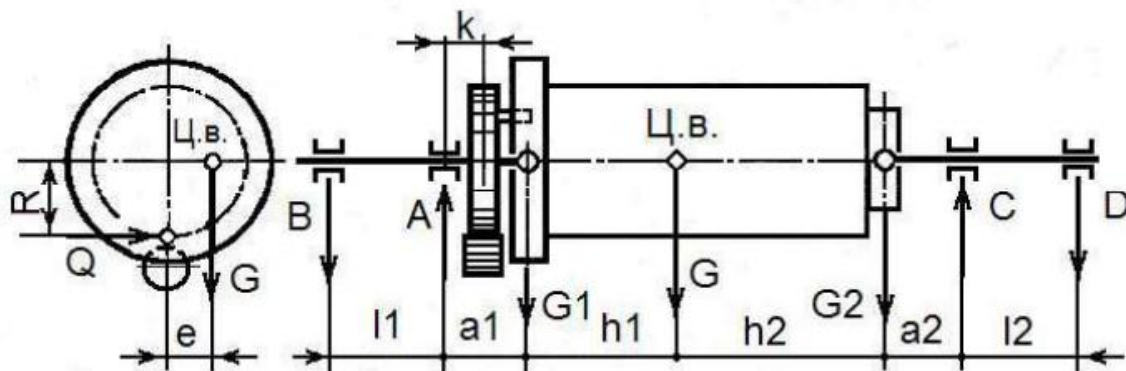


Рисунок 1.11 – Розрахункова схема обертача

Отже, вихідні дані:

Маса виробу: $m = 16,6$ кг;

Швидкість зварювання: $V = 1,6$ м/хв;

Параметри наведені на рис. 1.13:

Відстань від опори А до шарніра передньої стійки: $a_1 = 0,04$ м;

Відстань від опори С до шарніра задньої стійки: $a_2 = 0,035$ м;

Радіус виробу: $R = 0,215$ м;

Відстань від шарніра передньої стійки до центра мас: $h_1 = 0,1$ м;

Відстань від шарніра задньої стійки до центра мас: $h_2 = 0,13$ м;

Ексцентриситет виробу: $e = 0,04$ м;

Відстань від передньої опори до кінематичної пари: $k = 0,052$ м;

Відстань між опорами передньої стійки: $I_1 = 0,44$ м;

Відстань між опорами задньої стійки: $I_2 = 0,51$ м;

Коефіцієнт запасу: $n = 4$;

ККД циліндричної зубчатої передачі: $\eta_1 = 0,95$;

ККД черв'ячної передачі: $\eta_2 = 0,75$.

$$\eta_{пр} = \eta_1 * \eta_2 = 0,95 * 0,75 = 0,712$$

де $\eta_{пр}$ – загальний ККД привода кантувача,

η_1 – ККД циліндричного редуктора,

η_2 – ККД черв'ячного редуктора.

Розрахуємо вагу зварного виробу за формулою:

$$G = 9,8 * m = 9,8 * 16,6 = 162,68 \text{ Н}$$

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дата		

Враховуючи те, що планшайби передньої та задньої стійки закріплені у шарнірних опорах, то можемо розглядати виріб, як балку, вільно оперту на шарнірах передньої та задньої стійки (рис. 1.11). Звідси:

$$G_1 = G \frac{h_2}{h_1 + h_2} = 162,68 * \frac{0,13}{0,1 + 0,13} = 91,95 \text{ Н}$$

$$G_2 = G \frac{h_1}{h_1 + h_2} = 162,68 * \frac{0,1}{0,1 + 0,13} = 70,73 \text{ Н}$$

Подальші розрахунки виконуються для передньої та задньої стійки.

Для передньої стійки максимальний крутний момент дорівнюватиме сумі вантажного моменту та моменту терта. Враховуючи те, що при закріпленні зубчастого вінця на планшайбі, дія вантажного моменту не розповсюджується на шпіндель, звідси:

Для передньої (привідної) стійки:

$$M_{крп} = M_{терп}$$

$$M_{терп} = 0,5 * f * (A * d_A + B * d_B) * 10^{-3}$$

Для задньої (холостої) стійки:

$$M_{крх} = M_{терх}$$

$$M_{терх} = 0,5 * f * (C * d_C + D * d_D) * 10^{-3}$$

Визначити значення цих параметрів прямим розрахунком неможливо. Слід скористатися методом послідовних наближень.

					ЗВ11.11.01.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Перше наближення:

В розрахунок вводяться дані:

$$Q_1 = 0 \quad M_{\text{тер}_\text{п1}} = 0 \quad M_{\text{тер}_\text{х1}} = 0$$

Колове зусилля, викликане крутним моментом в опорі А:

$$Q = \frac{M_{\text{кр}}}{R}$$

$$Q_1 = \frac{M_{\text{тер}_\text{п1}}}{R} = 0$$

Повні зусилля у підшипниках:

$$A_1 = \sqrt{\left(G \frac{h_2 * (I_1 + a_2)}{I_1 * (h_1 + h_2)}\right)^{-2} + \left(Q_1 \frac{I_1 + k}{I_1}\right)^2} =$$
$$= \sqrt{\left(162,68 \frac{0,13 * (0,44 + 0,035)}{0,44 * (0,1 + 0,13)}\right)^{-2} + \left(0 * \frac{0,44 + 0,052}{0,44}\right)^2} = 100,309 \text{ Н}$$

$$B_1 = \sqrt{\left(G \frac{h_2 * + a_2}{I_1 * (h_1 + h_2)}\right)^{-2} + \left(Q_1 \frac{k}{I_1}\right)^2} =$$
$$= \sqrt{\left(162,68 \frac{0,13 * + 0,035}{0,44 * (0,1 + 0,13)}\right)^{-2} + \left(0 \frac{0,052}{0,44}\right)^2} = 8,359 \text{ Н}$$

$$C_1 = G \frac{h_1 * (I_2 + a_2)}{I_2 * (h_1 + h_2)} = 162,68 \frac{0,1 * (0,51 + 0,035)}{0,51 * (0,1 + 0,13)} = 75,584 \text{ Н}$$

					ЗВ11.11.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		41

$$D_1 = G \frac{h_1 * a_2}{I_2 * (h_1 + h_2)} = 162,68 \frac{0,1 * 0,035}{0,51 * (0,1 + 0,035)} = 4,854 \text{ Н}$$

В небезпечному перерізі А діють згинальні моменти від сили G_1 та Q .
Сумарний згинальний момент в перерізі А:

$$M_{зг_А1} = \sqrt{a_1^2 \left(\frac{h_2}{h_1 + h_2} \right)^2 + Q_1^2 * k^2} = \sqrt{0,04^2 \left(\frac{0,13}{0,1 + 0,13} \right)^2 + 0^2 * 0,052^2} = 3,678 \text{ Н * м}$$

В небезпечному перерізі С діє згинальний момент від сили G_2 :

$$M_{зг_С1} = G \frac{h_1 * a_2}{h_1 + h_2} = 162,68 \frac{0,1 * 0,035}{0,1 + 0,13} = 2,476 \text{ Н * м}$$

Еквівалентні моменти, що діють в небезпечних перерізах складаються зі згинальних та крутних моментів:

$$M_{e_A1} = \sqrt{(M_{зг_A1})^2 + (M_{тер_п1})^2} = \sqrt{(3,678)^2 + (0)^2} = 3,678 \text{ Н * м}$$

$$M_{e_C1} = \sqrt{(M_{зг_C1})^2 + (M_{тер_х1})^2} = \sqrt{(2,476)^2 + (0)^2} = 2,476 \text{ Н * м}$$

У першому наближенні визначено діаметри шпинделя у небезпечних перерізах. Для цього визначимо допустимі напруження на згин. Для шпинделя обрано сталь 40:

– вносимо в розрахунки межу плинності сталі: $\sigma_T = 400 \text{ МПа}$

					ЗВ11.11.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		42

$$\sigma_D = \frac{\sigma_T}{n} = \frac{400}{4} = 100 \text{ МПа}$$

де, σ_T – межа плинності, МПа;

n – коефіцієнт запасу.

$$d_{A1} = \sqrt[3]{\frac{32 * M_{e_{A1}}}{\pi * \sigma_D * 10^6}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 3,678}{\pi * 100 * 10^6}} = 7,209 * 10^{-3} \text{ м} = 7,2 \text{ мм}$$

$$d_{C1} = \sqrt[3]{\frac{32 * M_{e_{C1}}}{\pi * \sigma_D * 10^6}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 2,476}{\pi * 100 * 10^6}} = 6,318 * 10^{-3} \text{ м} = 6,3 \text{ мм}$$

Приймаємо більше значення та вважатимемо, що діаметр шпинделя для всіх опор однакові:

$$d_{A1} = 10 \text{ мм} \quad d_{B1} = d_{A1} \text{ мм} \quad d_{C1} = d_{A1} \text{ мм} \quad d_{D1} = d_{A1} \text{ мм}$$

Друге наближення:

Для визначення моментів тертя приймемо, що всі опори виконані на підшипниках ковзання: $f = 0,1$

$$M_{\text{тер}_\text{п2}} = 0,5 * f * (A_1 * d_{A1} + B_1 * d_{B1}) * 10^{-3}$$

$$M_{\text{тер}_\text{п2}} = 0,5 * 0,1 * (100,39 * 7,209 * 10^{-3} + 8,359 * 10) * 10^{-3} = 0,054 \text{ Н * м}$$

$$M_{\text{тер}_\text{х2}} = 0,5 * f * (C_1 * d_{C1} + D_1 * d_{D1}) * 10^{-3}$$

$$M_{\text{тер}_\text{х2}} = 0,5 * 0,1 * (75,584 * 6,318 * 10^{-3} + 4,584 * 10) * 10^{-3} = 0,04 \text{ Н * м}$$

					ЗВ11.11.01.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Колове зусилля, викликане крутним моментом в опорі А:

$$Q_2 = \frac{M_{\text{тер.п2}}}{R} = \frac{0,054}{0,215} = 0,202 \text{ Н}$$

Повні зусилля в підшипниках:

$$A_2 = \sqrt{\left(G \frac{h_2 * (I_1 + a_1)}{I_1 * (h_1 + h_2)}\right)^{-2} + \left(Q_2 \frac{I_1 + k}{I_1}\right)^2} =$$
$$= \sqrt{\left(162,68 \frac{0,13 * (0,44 + 0,04)}{0,44 * (0,1 + 0,13)}\right)^{-2} + \left(0,202 \frac{0,44 + 0,052}{0,44}\right)^2} = 100,309 \text{ Н}$$

$$B_2 = \sqrt{\left(G \frac{h_2 * + a_1}{I_1 * (h_1 + h_2)}\right)^{-2} + \left(Q_1 \frac{k}{I_1}\right)^2} =$$
$$= \sqrt{\left(162,68 \frac{0,13 * + 0,04}{0,44 * (0,1 + 0,13)}\right)^{-2} + \left(0 \frac{0,052}{0,44}\right)^2} = 8,359 \text{ Н}$$

$$C_2 = G \frac{h_1 * (I_2 + a_2)}{I_2 * (h_1 + h_2)} = 162,68 \frac{0,1 * (0,51 + 0,035)}{0,51 * (0,1 + 0,13)} = 75,584 \text{ Н}$$

$$D_2 = G \frac{h_1 * a_2}{I_2 * (h_1 + h_2)} = 162,68 \frac{0,1 * 0,035}{0,51 * (0,1 + 0,13)} = 4,854 \text{ Н}$$

Сумарний згинальний момент в перерізі А:

$$M_{зг_А2} = \sqrt{a_1^2 \left(G * \frac{h_2}{h_1 + h_2} \right)^2 + Q_2^2 * k^2} =$$
$$= \sqrt{0,04^2 \left(162,68 * \frac{0,13}{0,1 + 0,13} \right)^2 + 0,202^2 * 0,052^2} = 3,678 \text{ Н * м}$$

Згинальний момент в перерізі С:

$$M_{зг_С2} = G \frac{h_1 * a_2}{h_1 + h_2} = 162,68 \frac{0,1 * 0,035}{0,1 + 0,13} = 2,476 \text{ Н * м}$$

Еквівалентні моменти в небезпечних перерізах:

$$M_{е_А2} = \sqrt{(M_{зг_А2})^2 + (M_{тер_п2})^2} = \sqrt{(3,678)^2 + (0)^2} = 3,678 \text{ Н * м}$$

$$M_{е_С2} = \sqrt{(M_{зг_С2})^2 + (M_{тер_х2})^2} = \sqrt{(2,476)^2 + (0)^2} = 2,476 \text{ Н * м}$$

Визначаємо діаметри шпинделя у небезпечних перерізах:

$$d_{А2} = \sqrt[3]{\frac{32 * M_{е_А2}}{\pi * \sigma_D * 10^6}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 3,678}{\pi * 100 * 10^6}} = 7,209 * 10^{-3} \text{ м}$$

$$d_{С2} = \sqrt[3]{\frac{32 * M_{е_С2}}{\pi * \sigma_D * 10^6}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 2,476}{\pi * 100 * 10^6}} = 6,318 * 10^{-3} \text{ м}$$

					ЗВ11.11.01.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Значення не змінилось. Розрахунок припиняємо. З ряду нормальних лінійних розмірів (табл. 1.12) обираємо найближчий розмір з округленням у більший бік.

Таблиця 1.12 – Ряд нормальних лінійних розмірів

1 ряд R _а мм	10;10,5;11;11,5;12;13;14;15;16;17;18;19;20;21;22;24;25;26;28;30;32;34;36;38;40;42;45;48;50;53;56;60;63;67;71;75;80;85;90;95;100;105;110;120;125;130;140;150;160;170;180;190;200
----------------------------	---

$$d_A = 10 \text{ мм} \quad d_B = d_A \text{ мм} \quad d_C = d_A \text{ мм} \quad d_D = d_A \text{ мм}$$

Для визначення загального крутного моменту приводу розрахуємо значення моментів тертя у приводні та холостій стійках з урахуванням обраних значень діаметрів шпинделя:

$$M_{\text{тер}_\Pi} = 0,5 * f * (A_2 * d_A + B_2 * d_B) * 10^{-3}$$

$$M_{\text{тер}_\Pi} = 0,5 * 0,1 * (100,39 * 7,209 * 10^{-3} + 8,359 * 10) * 10^{-3} = 0,054 \text{ Н * м}$$

$$M_{\text{тер}_X} = 0,5 * f * (C_2 * d_C + D_2 * d_D) * 10^{-3}$$

$$M_{\text{тер}_X} = 0,5 * 0,1 * (75,584 * 6,318 * 10^{-3} + 4,854 * 10) * 10^{-3} = 0,04 \text{ Н * м}$$

Сумарний крутний момент, який треба подолати приводному механізму, дорівнюватиме сумі вантажного моменту на планшайбі та моментів тертя в приводній та холостій балках:

$$M_{\text{кр}} = G * e + M_{\text{тер}_\Pi} + M_{\text{тер}_X} = 162,68 * 0,04 + 0,054 + 0,04 = 6,602 \text{ Н * м}$$

Приймемо швидкість обертання шпинделя: $n = 0.1 \frac{\text{об}}{\text{с}}$

					ЗВ11.11.01.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахуємо необхідну потужність приводного двигуна:

$$N = \frac{M_{кр} * 2\pi * n}{\eta_{пр}} = \frac{6,602 * 2\pi * 0,1}{0,712} = 5,83 \text{ Вт} = 0.583 \text{ кВт}$$

Виходячи з розрахунків, можемо визначити, що зварювальне обладнання підходить по навантаженню та повністю задовольняє потреби в потужності. Розрахувавши потужність двигуна, підберемо найближчий більший та в результаті пібору визначаємо, що двигун серії AIP71A2 з потужністю 0.75 кВт (табл. 1.13).

Таблиця 1.13 – Параметри розрахованого двигуна

Тип двигуна	Потужність, кВт	При навантаженні, Ковзання, %	ККД, %
AIP71A2	0,75	6	78,5

1.3 Складальна оснастка

Складальна оснастка для центрування підшипникових опор складається з трьох елементів (рис. 1.12):

– центрувальна вставка позиція 4 – 3B11.11.03.000 ВЗ: використовується як база для центрування підшипникових опор відносно внутрішнього отвору обичайки. Бокові поверхні центрувальної вставки мають профіль внутрішнього діаметру обичайки, для того, щоб встановлювати з високою точністю підшипникові опори;

– центруюча вісь позиція 2 – 3B11.11.03.000 ВЗ: ця деталь призначена для забезпечення співвісності підшипникових опор, так як має бути достатньо точне встановлення валів, які тримають заслінку;

– пробка М10 позиція 3 – 3B11.11.03.000 ВЗ: призначена для фіксації підшипникових опор, щоб не змінювалась співвісність при виконанні прихоплень,

					3B11.11.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		47

підтискаючи всі компоненти прибираючи рухи, які можуть викликати перекіс деталей.

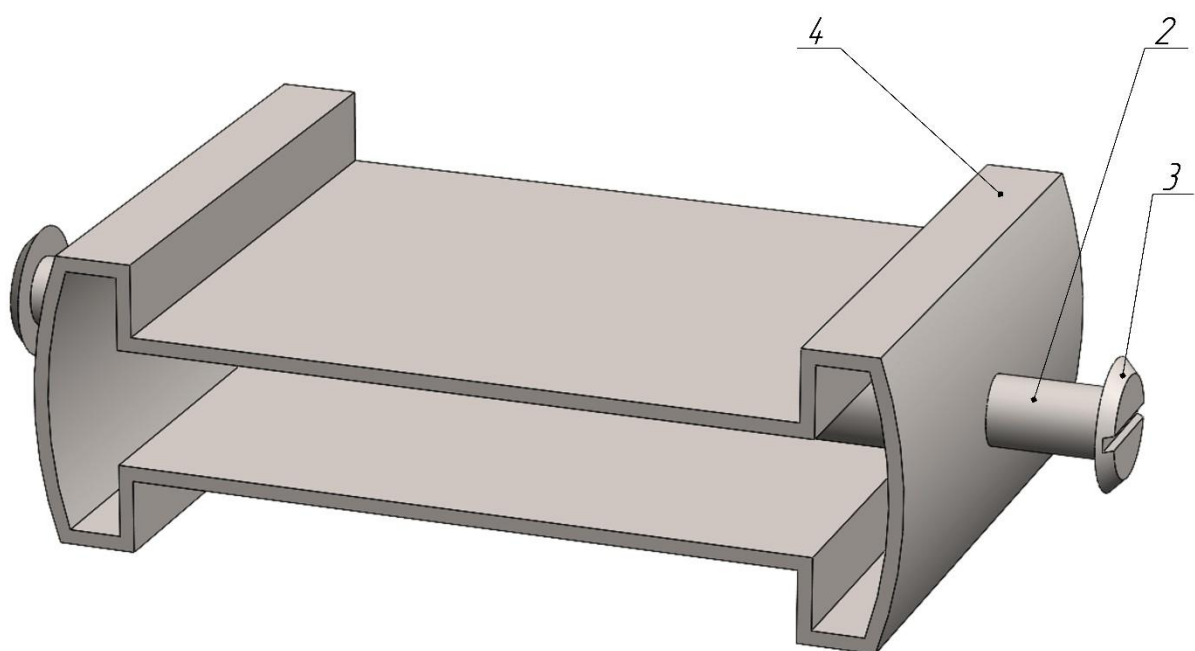


Рисунок 1.12 – Вигляд складальної оснастки в зібраному вигляді

1.4 Вибір зварювального обладнання

1.4.1 Зварювання поздовжнього шва обичайки

Для зварювання поздовжнього шва обичайки, використовується автоматична установка MECOME BR 500 (рис. 1.13). Дана установка використовується для зварювання обичайок з діаметром від 70 мм до 800 мм та довжиною обичайки до 515 мм. Зварювані обичайки можуть мати товщину стінки від 0,5 мм до 10 мм, що цілком задовольняє потребу в зварюванні обичайок із внутрішнім діаметром 300 мм, товщиною стінки 3 мм та довжиною обичайки 400 мм [9].



Рисунок 1.13 – Установка для зварювання поздовжнього шва обичайки [9]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ЗВ11.11.01.000 ПЗ

Арк.
49

Джерело живлення для зварювання поздовжнього шва обичайки Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/TIG/MMA 324 (рис. 1.14) [10].

Основні характеристики джерела живлення:

- зварювальний струм: від 50 А до 250 А;
- зварювальний струм при 100% ТВ: 159 А;
- напруга на дузі: від 15,5 В до 28,5 В;
- швидкість подачі дроту: від 2 м/хв до 13 м/хв;
- тривалість включення на максимальному струмі: 40%;
- мережа підключення: 380 В, 50 Гц або 60 Гц;
- ККД: 85%;
- споживана потужність/активна потужність: 10,1 кВт / 9 кВт;
- габаритні розміри (ДхШхВ): 621 мм х 300 мм х 681 мм.



Рисунок 1.14 – Джерело живлення автоматичної установки для зварювання поздовжнього шва обичайки [10]

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		50

Пальник для автоматичного зварювання MIG/MAG MB 25, з шланг-пакетом та євро-роз'ємом (рис. 1.15).

Пальник MB 25 здатен витримувати зварювальний струм до 250 А [11], що дає змогу на повну використовувати обране джерело живлення без обмежень зварювального струму.



Рисунок 1.15 – Пальник MB 25 [11]

Всі інші комплектуючі зварювального посту надані в специфікації ЗВ11.11.02.000 СП (див. додатки).

1.4.2 Установка та комплектуючі для зварювання кільцевих швів

Для зварювання кільцевих швів фланців, підшипникових опор та прямого пазу використовується роботизована установка KELITEWELD KLTHG-5WC-1700 [12] дана установка обрана через те, що на ній можна виконувати зварювання всіх швів за одне встановлення, а з тим, що ця установка має числове програмне керування (ЧПК) можливо виконувати будь-які зварні шви.

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Установка KELITEWELD KLTHG-5WC-1700 (рис. 1.16) має 5-осьову конфігурацію, в обраній комплектації з горизонтальним двостояковим обертачем, що забезпечить гарну фіксацію зварного виробу та через це, можна забезпечити якісне та точне зварювання деталей за одну установку на обертач.

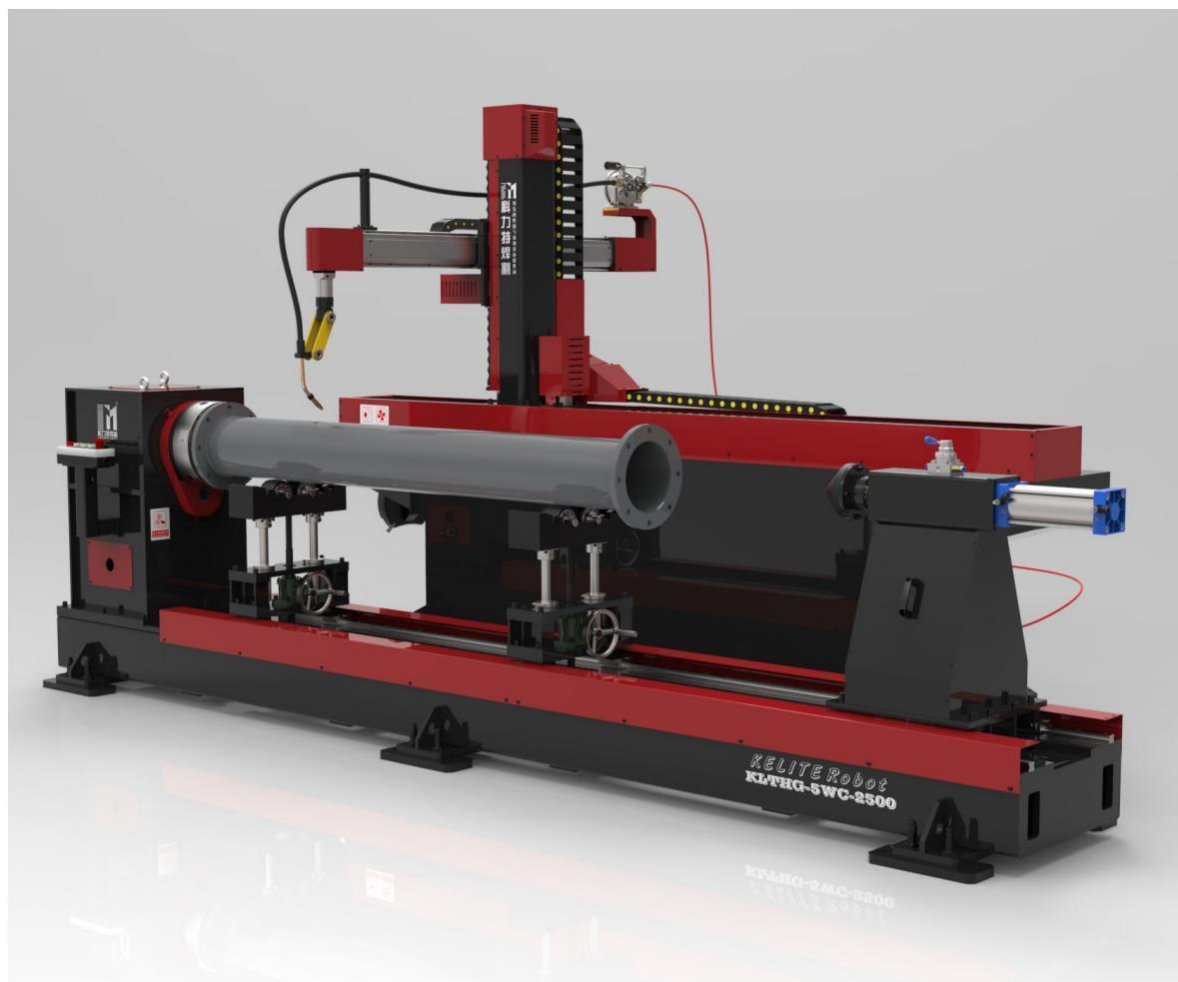


Рисунок 1.16 – Автоматична зварювальна установка
KELITEWELD KLTHG-5WC-1700 [12]

Основні характеристики зварювальної установки

KELITEWELD KLTHG-5WC-1700 [12]:

- ефективний хід вісей X, Y, Z, A, B: 1700 мм, 800мм/1000 мм/ 1200 мм, 500 мм, обертання навколо осі Y від 0° до 400°, обертання навколо осі X;
- максимальна швидкість переміщення: 42 м/хв;
- точність позиціонування (залежно від механічної частини): 0,1 мм;
- можливість навчання та наявний ручний режим;

					ЗВ11.11.01.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		52

- вбудована пам'ять: 30 Мб;
- можливо виконувати зварювання способами: MIG, MAG, TIG, PAW;
- габаритні розміри (ДхШхВ): 2500 мм х 1900 мм х 2200 мм;
- мережа: АС 240 В, частота 50Гц/60Гц
- споживана потужність: 3800 Вт.

Джерело живлення обрано FRONIUS iWave 500i DC (TIG/MMA/MIGMAG) [13] (рис. 1.17), який задовольняє потребу для зварювання промислової вентиляційної заслінки, але з можливістю переобладнання на виробництво інших конструкцій. Також це джерело живлення можливо приєднати до єдиного блока керування всією установкою, що буде займати мінімальний час на налаштування або переобладнання.



Рисунок 1.17 – Джерело живлення FRONIUS iWave 500i DC (TIG/MMA/MIGMAG) [13]

Основні характеристики джерела живлення FRONIUS iWave 500i DC (TIG/MMA/MIGMAG) [13]:

- зварювальний струм: від 3 А до 500 А;
- тривалість включення на макс. струмі: 40%;

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		53

- струм при якому ТВ 100%: 360 А;
- мережа: 3х400 В;
- ККД: 88%;
- габаритні розміри (ДхШхВ): 706 мм х 300 мм х 510 мм.

Зварювальний пальник для автоматичного зварювання обрано Abicor Binzel AUT 501D 0 – 45 [14] (рис. 1.18). Цей пальник здатен працювати в газовій суміші (131 спосіб зварювання) із зварювальним струмом до 450 А, має рідинне охолодження і призначений лише до автоматичного зварювання.



Рисунок 1.18 – Зварювальний пальник Abicor Binzel AUT 501D 0 – 45 [14]

Основні характеристики пальника Abicor Binzel AUT 501D 0 – 45 [14]:

- максимальний зварювальний струм в CO₂/Ar або суміш: 500 А / 450 А;

					ЗВ11.11.01.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- діаметр зварювального дроту: від 0,8 мм до 1,6 мм;
- охолодження: рідинне.

Всі інші комплектуючі зварювального посту надані в специфікації ЗВ11.11.04.000 СП (див. додатки).

1.5 Контроль зварних з'єднань

Для зварного виробу «промислова вентиляційна заслінка» призначається візуальний контроль зварних з'єднань.

Зварні з'єднання потрібно перевірити на наявність: пор, тріщин, несплавлень, непроварів, підрізів та інших можливих поверхневих дефектів. Оскільки конструкція не несе високих навантажень та не потребує високої герметичності і не працює під тиском, тому контролю якості зварювання за стандартами не призначається.

Також до зварних швів не висувається високих вимог щодо геометрії, але слід дотримуватись технології зварювання.

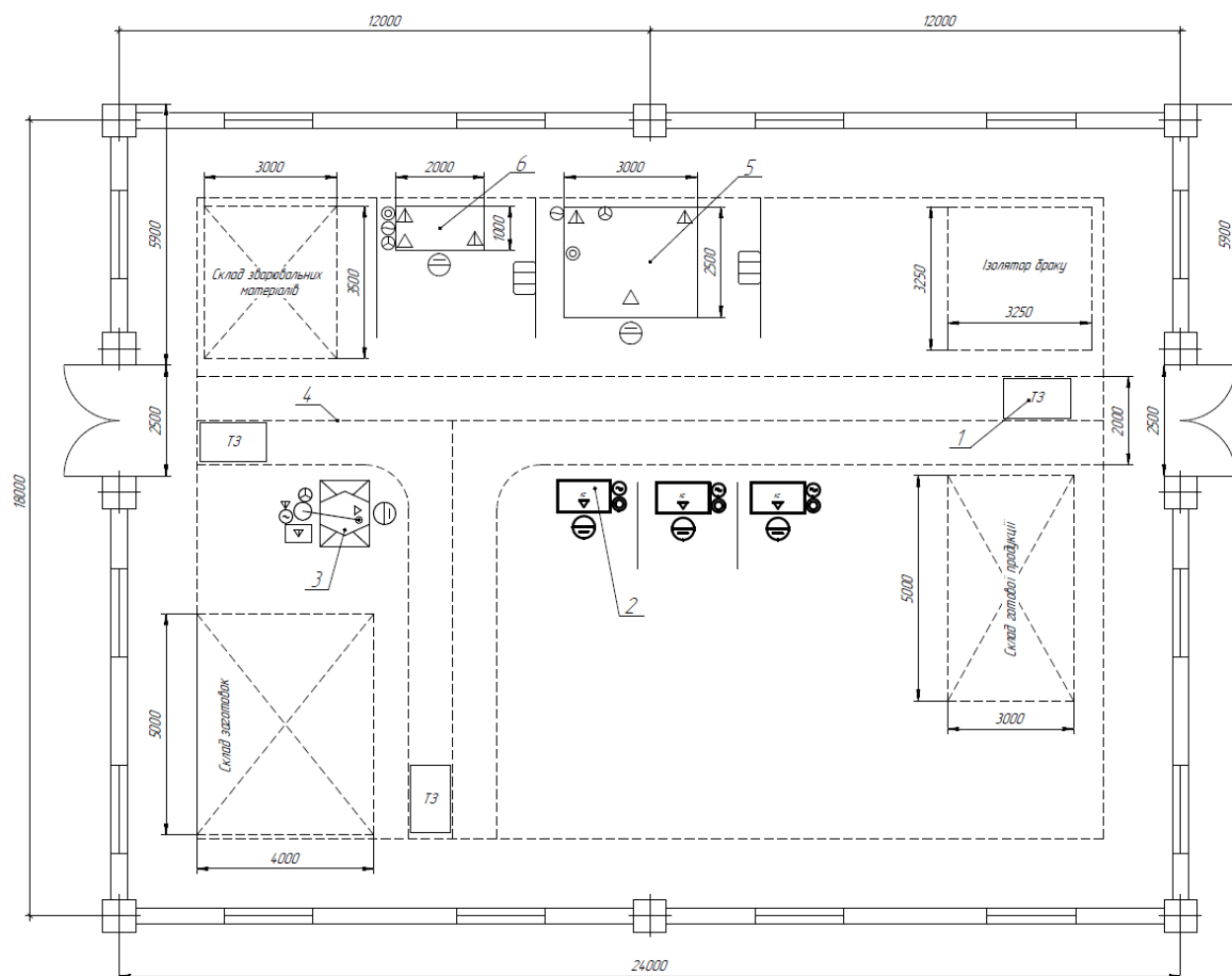
1.6 План виробничої площі

План виробничої площі призначений показати як розміщується обладнання в приміщенні виробництва, також планування необхідне для того, щоб зрозуміти найвигідніше слідування виробництва та можливість за найменшими транспортними і часовими затратами переміщувати матеріали і заготовки по дільниці.

Приміщення організоване у вигляді одного прольоту (рис. 1.19) (18 м x 24 м) з двома рядами колон. Такий формат приміщення достатній для складання та зварювання вентиляційної заслінки також невеликі розміри виробу дозволяють уникнути надлишкових площ. Простір оснащений проїздами для електричних візків, які дозволяють перевозити необхідні речі від однієї зони до іншої без

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		55

обмежень. Проходи шириною 2 метри забезпечують зручне переміщення персоналу та транспортних засобів.



1. Візок колісний 0,9 м
2. Контрольний стіл
3. Складання та зварювання обичайки на столі
4. Прізд-прохід
5. Установка роботизованого зварювання для кільцевих швів
6. Автоматична установка для зварювання поздовжнього шва обичайки

Рисунок 1.19 – План виробничої площі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ЗВ11.11.01.000 ПЗ

Арк.
56

ВИСНОВКИ ПО ТЕХНОЛОГІЧНОМУ РОЗДІЛУ

В цьому розділі було проаналізовано зварний виріб, можливість автоматизувати зварювання, технологічність виробу, здатність до зварювання основного металу та було визначено, що сталь AISI 304 при дотриманні технології зварювання дуже стійка до утворення дефектів та легко піддається зварюванню. Виготовлення промислової вентиляційної заслінки з цього матеріалу є достатньо технологічним, так як сталь AISI 304 має перевагу в своїй корозійній стійкості і здебільшого немає обмежень для зварювання високолегованих сталей.

Також для зварювання промислової вентиляційної заслінки було обране обладнання, яке забезпечить максимальну продуктивність праці, знизить часові затрати на переобладнання, але недолік такого обладнання, це те, що вимагається вища кваліфікація працівників.

Виконано розрахунки двостоякового горизонтального обертача, для визначення чи достатньо потужності для обертання зварної вентиляційної заслінки.

Спроектовано план виробничої площі, розміщення обладнання та маршрути для транспортних засобів.

					<i>ЗВ11.11.01.000 ПЗ</i>	Арк.
						57
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

2 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ

Стартап-проект передбачає собою розробку та впровадження технології складання та роботизованого зварювання промислової вентиляційної заслінки. Оскільки важливий аспект промисловості будь-якого напрямлення, є створення сприятливих умов для праці людей. Для забезпечення таких умов, в першу чергу потрібно відстежувати якість та достатній об'єм свіжого повітря на виробничих ділянках, саме для цього потрібні регулятори повітряного потоку, саме це і розробляється.

Вентиляційна заслінка із корозійностійкої сталі здебільшого може мати попит в хімічній промисловості, харчовій промисловості, медичних установах, фармакологічних підприємствах та ін. Але використовуватись вентиляційна заслінка може тільки у вентиляційних системах як спеціалізоване обладнання.

Промислова вентиляційна заслінка із корозійностійкої сталі знижує затрати на ремонт та заміну, оскільки корозійностійка сталь AISI 304 менш схильна до корозії в агресивних середовищах, та знизить домішки в повітрі в разі використання на хімічних підприємствах. Також промислова вентиляційна заслінка з вище вказаної сталі може використовуватись на важких підприємствах великим викидом твердих частинок в ході виробництва, наприклад: машинобудування, металургійної промисловості, через те, що на таких типах підприємств потрібна стійкість обладнання до стирання. Використання сталі AISI 304 [1] для виготовлення промислових вентиляційних заслінок дещо підвищить кінцеву вартість готового виробу, але ці затрати нівелюються за рахунок того, що потрібно менше фінансових та трудових вкладень задля заміни та ремонту цього обладнання.

На ринку існує мало подібних конструкцій з подібного матеріалу. Для виробництва вентиляційних заслінок здебільшого використовують звичайні сталі,

					ЗВ11.11.02.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Розроблення стартап-проєкту		
Розроб.	Повх Б.В.						
Перев.	Глуценко Я. І.				КПІ ім. Ізгоря Сікорського НН ІМЗ ім. Є. О. Патона		
Н.контр.	Лисак В. В.						
Затв.	Квасницький В. В.						
					Літ.	Аркцш	Аркцшів
						58	109

або тонколистову сталь. Використання звичайної сталі передбачає подальші технологічні операції, як обробка поверхні (нанесення покриття, фарбування тощо), використання тонколистових нержавіючих сталей не забезпечує достатньої жорсткості та стійкості під час використання на вищевказаних промислових об'єктах, а також присутнє обмеження по діаметрах.

2.1 Опис ідеї стартап-проєкту

Для забезпечення повного розуміння стартап-ідеї, її практичного значення та потенційних сфер використання, нижче подано узагальнену характеристику проєкту у форматі таблиці. Такий підхід дозволяє структуровано подати ключову інформацію, визначити можливі ринкові ніші та окреслити групи потенційних користувачів, на яких варто орієнтуватися. Перші три пункти таблиці (табл. 2.1) формують цілісне бачення концепції стартапу та її ринкової спрямованості.

Таблиця 2.1 – Опис ідеї стартап-проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка технології складання і роботизованого зварювання промислової вентиляційної заслінки, що забезпечить надійне функціонування в різних агресивних середовищах та відповідає вимогам важкої, хімічної та харчової промисловості	1. Хімічна промисловість	1. Стійкість до агресивних середовищ, надійність, міцність, довговічність
	2. Металургійні заводи	2. Міцність, стійкість до абразивів, стійкість до корозії, надійність
	3. Харчові підприємства	3. Відповідність до санітарних норм, стійкість до корозії, довговічність

2.2 Технологічний аудит ідеї проєкту

Для об'єктивної оцінки конкурентоспроможності проєкту доцільно провести порівняльний аналіз його ключових характеристик. Це дозволяє визначити сильні сторони та потенційні обмеження проєкту в контексті ринкових умов і конкурентного середовища. Такий підхід сприяє виявленню унікальних переваг, які можуть забезпечити успішне позиціонування проєкту на ринку, а також допомагає ідентифікувати аспекти, що потребують вдосконалення:

- експлуатаційні витрати. Показник охоплює низку витрат, які пов'язані з надійністю та працездатністю устаткування. До нього належать витрати на ремонт та обслуговування, витрати на заміну непрацездатного компонента обладнання чи всього технологічного вузла, очищення та налагодження, а також інші операції;

- довговічність. Стійкість виготовлюваного обладнання до впливів зовнішнього середовища (агресивні рідини і аерозолі, абразивне зношення, механічні навантаження, тиск та ін.), також строк служби зварних з'єднань;

- ергономічність. Забезпечує комфорт перебування людей на промислових зонах, в медичних закладах і так далі. Вентиляція є важливим аспектом забезпечення комфортної температури, вологості та потоку свіжого повітря в місцях перебування людини;

- екологічність. Промислова вентиляційна заслінка виготовляється з нержавіючої сталі, рівень впливу на довкілля, під час експлуатації, низький, промислова вентиляційна заслінка, яка вийшла з ладу може бути утилізована (переплавлена);

- безпека. Промислову вентиляційну заслінку виготовлену з нержавіючої сталі можливо використовувати весь строк експлуатації без загрози для здоров'я чи життя при правильному використанні, своєчасному обслуговуванні та підтримуванню чистоти вентиляційної системи.

					<i>ЗВ11.11.02.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		60

Аналіз учасників ринку.

Промислові вентиляційні заслінки та технологічні системи циркуляції повітря на промислових зонах виробляє достатня кількість компаній, які можуть бути конкурентами при впровадженні нового товару на ринок:

– ТОВ «Вентс» (VENTS) – компанія понад 25 виробляє вентиляційне обладнання для промисловості та приватних будинків. Зосереджені на системах кондиціонування, регуляції клімату та розробці вентиляційних систем для підприємств [17];

– ТОВ «Вент-сервіс» – виробник вентиляційного обладнання, працює на міжнародний ринок. Вирішують нестандартні задачі з розробки та виготовлення обладнання для вентиляції будь-яких приміщень[18];

– ТОВ «Завод Вентиляційного обладнання» – виробник широкого асортименту вентиляційного обладнання. Виконує замовлення по виробництву і монтуванню вентиляційного устаткування, виконує замовлення промислового та приватного сектору [16].

Отже, вище наведено кілька українських компаній, які займаються виготовленням, збутом, монтуванням та обслуговуванням вентиляційного обладнання, коротке порівняння наведене в таблиці 2.2, що дасть більш доступне порівняння існуючих компаній та розроблюваного стартап-проекту.

Таблиця 2.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Характеристика	Проект	«Вентс»	«Вент-сервіс»	«ЗВО»	W	N	S
1	Експлуатаційні затрати	Низькі	Середні	Середні	Середні	—	—	+
2	Довговічність	Висока	Середня	Низька	Висока	+	—	—

Продовження таблиці 2.2

№ п/п	Характеристика	Проект	«Вентс»	«Вент-сервіс»	«ЗВО»	W	N	S
3	Ергономічність	Середня	Помірна	Помірна	Висока	—	+	—
4	Екологічність	Висока	Висока	середня	Висока	—	—	+
5	Безпека	Висока	Середня	Помірна	Середня	+	—	—

Проаналізувавши дані наведені в таблиці, можна визначити, що ідея стартапу має достатньо високий шанс на успіх, також цей проєкт має високу конкурентоспроможність на ринку вентиляційного обладнання саме для важкої промисловості: хімічної, металургійної чи харчової. Проєкт визначає переваги за такими властивостями: довговічність, надійність, міцність, стійкість до впливів різних середовищ, технологічність виготовлення. Номенклатура та об'єм виробництва на початку обмежений, але при масштабуванні виробництва та виробничої бази, об'єми виробництва можна значно підвищити. В цілому проєкт має шанси на успішне впровадження та фінансовий успіх.

2.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

У цьому підрозділі слід детально описати та охарактеризувати технології, які дозволяють реалізувати ідею проєкту – виготовлення промислової вентиляційної заслінки. Це допоможе обґрунтувати технічну здійсненність розробки, оцінити її інноваційність і визначити конкурентні переваги. Нижче наведено ключові технологічні напрями, які можуть бути застосовані залежно від специфіки вашого стартапу.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проєкту передбачає всебічний аналіз ключових аспектів, що впливають на можливість її реалізації. Цей процес включає оцінку наявних технологій, їх доступності, необхідності розробки нових рішень, а також ресурсного забезпечення (табл. 2.3):

— за якою технологією буде виготовлено товар згідно з ідеєю проєкту?

					<i>ЗВ11.11.02.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		62

- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити?
- чи доступні такі технології авторам проекту?

Таблиця 2.3 – Технологічна можливість здійснити ідею проекту

№ п/п	Опис ідеї проекту	Технологія реалізації ідеї проекту	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Виготовлення промислової вентиляційної заслінки із корозійностійкої сталі AISI 304	Автоматичне роботизоване зварювання в інертному газі MIG(131)	Технологія доступна, та достатньо поширена у виробництві	Автори проекту мають доступ до обладнання та досвід його використання
2	Альтернатива: Використання автоматичного TIG - зварювання	Використання автоматизованого способу зварювання TIG (141)	Технологія доступна при невеликому переобладнанні зварювального устаткування	Автори мають доступ до цієї технології, досвід використання, але значно вищі затрати на виробництво

Продовження таблиці 2.3

№ п/п	Опис ідеї проекту	Технологія реалізації ідеї проекту	Наявність технологій	Доступність технологій
3	Альтернатива: Використання зварювання під флюсом	Механізоване зварювання під флюсом SAW (121)	Поширена технологія, але потрібно більше уваги приділити контролю виконання зварювання	Найвища продуктивність, низькі фінансові затрати, дещо складніше реалізувати в повністю автоматичному режимі, потрібна вища кваліфікація персоналу

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Автоматичне роботизоване зварювання MIG (131) для виготовлення промислової вентиляційної заслінки із нержавіючої сталі AISI 304, з використанням зварювальної ЧПК установки KELITEWELD KLTHG-5WC-1700.

За результатами аналізу технології зварювання із таблиці 2.3, можемо зробити висновок, що реалізація ідеї не потребує розробки нових технологій. Всі етапи можливо виконати із застосуванням існуючого обладнання поширеними способами зварювання. Така комбінація способу зварювання і обладнання для виконання зварювання, надає найвищу продуктивність, швидкість, зменшення людського фактора при виробництві, що в свою чергу забезпечить найвищу якість виготовлюваної продукції.

Обрана технологія доступна, економічно доцільна, її легко впровадити у виробництво. Також обране обладнання легко переобладнати на виробництво іншої продукції, що дає гнучкість на етапі становлення підприємства. Ці всі фактори дозволяють мінімізувати ризики на етапі впровадження технології у виробництво.

2.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

Оскільки під час науково-технічного прогресу, збільшуються обсяги виробництва та вимагається більша кількість виробничих площ, то стоїть питання в інфраструктурі цих виробничих площ які забезпечують комфортне перебування працівників, що здебільшого забезпечує якісне постачання повітря та створення комфортного мікроклімату, відповідно, попит на вентиляційне обладнання буде лише зростати. Це зумовлено не лише потребою у комфортному мікрокліматі для працівників, але й дотриманням нормативних вимог щодо якості повітря у виробничих приміщеннях. Короткі відомості подані в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проєкту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од.	3-5 ключових виробників промислового вентиляційного обладнання
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	близько 3,7 млрд грн/рік (за оцінками відкритих джерел)
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає, за рахунок нових будівництв
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Вимоги до якості в разі використання в харчовій промисловості

Продовження таблиці 2.4

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	від 23% до 25 %

Середня рентабельність в галузі порівнюється із банківським відсотком на депозит. Якщо відсоток депозиту вищий за відсоток рентабельності, можливо краще інвестувати в інший проєкт.

Отже за результатами аналізу таблиці 2.4, можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням. В цьому випадку можна затвердити, що ринок промислового вентиляційного обладнання стабільно зростає, достатньо високий попит на обладнання для вентиляційних систем, також достатньо низький рівень конкуренції, що створює гарні умови для реалізації стартапу.

Далі визначаються потенційні групи споживачів, їх потреби, характеристики та формується орієнтовний попит, який має задовольняти даний продукт: функціональність та технологічність продукції, наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Характеристика потенційних клієнтів

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Необхідність в надійному обладнанні постачання повітря на виробництва	Важкі підприємства, хімічна промисловість, харчова промисловість	Різні потреби в одному й тому самому обладнанні: для великих підприємств першочергово потрібна якість та надійність, середнім підприємствам ціна на обслуговування та ресурс, малим промисловим установам початкова ціна продукту, рентабельність при використанні та ін.	Довгий строк можливої експлуатації, відповідність санітарним нормам, стандартизація зварювання

Продовження таблиці 2.5

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
2	Потреба в міцному обладнанні, що здатне витримати достатньо високі навантаження	Компанії які займаються технологічною розробкою вентиляційних систем для промисловості, та монтування	Вимагають сертифікації виробу, та стандартизацію для можливості установки у вже встановлені вентиляційні системи, чи заміну установлених компонентів на новий	Корозійностійка сталь, технологічна сумісність з іншим обладнанням, гарантія, відповідність стандартам EN/ISO/ДСТУ

Кінцевим етапом аналізу можливості впровадження проєкту, є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strengths) та слабких (Weaknesses) сторін, загроз (Threats) та можливостей (Opportunities)).

SWOT-аналіз – це ефективний інструмент стратегічного планування, який дозволяє оцінити внутрішні та зовнішні фактори, що впливають на досягнення цілей організації. Цей аналіз допомагає організаціям розробити стратегії, що базуються на використанні своїх сильних сторін, усуненні слабких, використанні можливостей та захисті від загроз. SWOT-аналіз широко застосовується в бізнесі, маркетингу, управлінні проєктами та інших сферах для прийняття обґрунтованих стратегічних рішень.

Діагностика сильних сторін проєкту (Strengths)

До сильних сторін належать фактори, які обумовлюють переваги порівняно з існуючими позиціями на ринку. У межах стартап-проєкту такими перевагами є висока надійність та довговічність, стійкість до агресивних середовищ та міцність, що забезпечується використанням нержавіючої сталі AISI 304, достатньо дешева, розповсюджена та відповідає на всі запитовані вимоги. Використаний спосіб зварювання також розповсюджений і відомий, що не створить труднощів при налагодженні виробництва. Також перевагою повна автоматизація процесу зварювання, що зменшує трудові витрати та покращує якість продукції, використання зварювальної роботизованої установки, дозволяє легко налагоджувати процес зварювання навіть в ході виконання технологічного процесу зварювання.

Діагностика слабких сторін проєкту (Weaknesses)

Слабкі сторони проєкту можна визначити обмеженість фінансових ресурсів, відсутність виробничих баз, відсутність налагоджених шляхів постачання матеріалів та устаткування. Стартап має обмежені можливості у кваліфікованих кадрах, оскільки для керуванням роботизованою установкою потрібні відповідні навички та знання. Та, крім того, проєкт має обмежений ринок збуту, та помірну конкуренцію.

Ідентифікація зовнішніх можливостей (Opportunities)

В Україні лишається незадоволений попит на промислові вентиляційні системи в багатьох галузях, ось деякі з них:

– інноваційні матеріали та конструкції. При наявності широкого асортименту матеріалів у світі, вентиляційні системи залишаються на своєму етапі розвитку. Впровадження нових технологій і матеріалів може спровокувати зріст попиту на енергоефективні рішення в галузі вентиляції;

– вентиляційні системи для специфічних галузей. Залишається висока вартість на специфічні та одиничні рішення, попит помірний, але все ще не задоволений;

– вентиляційні системи для ВПК. Попит незадоволений, за причин обстрілів по виробництвах які працюють на військовий промисловий сектор. Також в ході бойових дій з'являються нові підприємства, які розробляють все, від зварних конструкцій до піротехнічної промисловості;

Отже, залишається незадовільнений попит на достатньо широкі сфери виробництва, до того ж при імпортозаміщенні, можна знизити вартість обладнання, строки постачання, та надійність постачальників, які будуть підпорядковуватись державним секторам промисловості.

Ідентифікація зовнішніх загроз та ризиків (Threats)

Успішній реалізації проекту може перешкодити відмова постачальників обладнання на доставлення устаткування для зварювання, а також те, що кваліфікованих кадрів можуть мобілізувати. На початкових етапах становлення виробництва ці ризики є критичними, залежно від геополітичної ситуації у світі, вітчизняних виробників зварювального обладнання дуже мало, тому існує ризик щодо постачання потрібного обладнання. Скорочений SWOT аналіз стартап-проекту надано в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – SWOT аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
– Висока надійність і довговічність; – Висока міцність; – Висока стійкість до різних агресивних середовищ та абразивного стирання.	– Мала кількість кваліфікованих кадрів; – Відсутність виробничих баз та відпрацьованої технології.
Можливості	Загрози
– Розширення попиту на вентиляційне обладнання; – Можливість державної підтримки в разі виробництва для ВПК.	– Достатньо висока конкуренція; – Мобілізація кваліфікованих кадрів; – Порушення постачання обладнання.

На базі даного SWOT-аналізу сформульовано стратегію, яка враховує внутрішні сильні та слабкі сторони, а також зовнішні, можливості та загрози. Було обрано стратегію з мінімізацією загроз, та зниження впливу слабких сторін проєкту (WT – стратегія). WT – стратегія спрямована на активну мінімізацію впливу слабких сторін, та повне нівелювання загроз, з можливістю розміщення замовлень з виготовлення необхідного обладнання на внутрішньому ринку, що дасть приріст не тільки даному стартапу, а й промисловості України в цілому.

Обґрунтування вибору стратегії.

Проєкт має виражені технологічні переваги над конкурентами, тому цей аспект покращувати не має сенсу. Вибір стратегії по мінімізації ризиків, може краще відобразитись на маркетингу.

					<i>ЗВ11.11.02.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		71

ВИСНОВКИ ПО РОЗРОБЦІ СТАРТАП-ПРОЄКТУ

Отже, проаналізувавши ринок на рентабельність обладнання стартапу, зростання попиту, можна зробити такі висновки.

– можливість ринкової комерціалізації.

Наявність попиту ринку промислового вентиляційного обладнання демонструє стабільне зростання. Зокрема, компанія «Вентс» планує збільшити продажі на 25 – 30% у 2025 році, що свідчить про позитивну динаміку попиту.

Рентабельність. Зростаючий попит на енергоефективні та інноваційні вентиляційні рішення створює сприятливі умови для отримання прибутку, особливо в нішах, де спостерігається дефіцит пропозиції;

Перспективи впровадження.

Малі та середні підприємства, які потребують мобільних та адаптивних вентиляційних систем; галузі з високими вимогами до якості повітря, такі як фармацевтика, харчова промисловість та виробництво електроніки.

Бар'єри входження. Високий рівень конкуренції та необхідність відповідності технічним стандартам можуть ускладнити вихід на ринок. Проте, впровадження інноваційних та спеціалізованих рішень може знизити ці бар'єри.

Стан конкуренції. Ринок характеризується наявністю кількох великих гравців, однак існують незаповнені ніші, які можуть бути освоєні новими учасниками з унікальними пропозиціями;

Рекомендований варіант впровадження.

З огляду на вищезазначене, доцільно зосередитися на розробці та впровадженні: Мобільних аспіраційних установок: компактні та енергоефективні рішення для малих та середніх підприємств. Інноваційних вентиляційних систем: системи з можливістю інтеграції з розумними технологіями та автоматизованим управлінням. Спеціалізованих рішень: вентиляційне обладнання, адаптоване до специфічних вимог окремих галузей;

					ЗВ11.11.02.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		72

Доцільність подальшої імплементації.

Враховуючи позитивну динаміку ринку, наявність незаповнених ніш та зростаючий попит на інноваційні рішення, подальша імплементація проєкту є доцільною. Особливо перспективним є фокус на розробці спеціалізованого обладнання, яке відповідає сучасним вимогам енергоефективності та автоматизації.

Таким чином, проєкт має високий потенціал для успішної комерціалізації та впровадження на українському ринку промислового вентиляційного обладнання.

					<i>ЗВ11.11.02.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		73

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

У даному розділі розглянуто комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці під час виконання зварювальних робіт в інертних газах за допомогою роботизованої установки при виготовленні промислової вентиляційної заслінки. Також проаналізовано шкідливі та небезпечні виробничі фактори, засоби індивідуального захисту, вимоги до вентиляції, освітлення, пожежної безпеки та ергономіки робочого місця.

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів (ШНВФ)

У процесі аргонодугового зварювання в середовищі інертного газу, що виконується за допомогою роботизованої установки під час виготовлення промислової вентиляційної заслінки, виникає низка небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Вони впливають на працівників, що здійснюють технічне обслуговування обладнання, контроль якості зварювання, монтажно-заготівельні роботи, а також персонал суміжних ділянок[19].

До фізичних шкідливих факторів належать електромагнітні поля (ЕМП) [20], шум, вібрація, інфрачервоне випромінювання та оптичне випромінювання зварювальної дуги. Роботизоване зварювальне обладнання створює ЕМП частотою 50 Гц, для якого гранично допустимий рівень (ГДР) становить 1,4 кА/м протягом 8 годин (ДСН 3.3.6.096-2002)[21]. У зоні п'ясті руки допускається вплив до 5 разів більший. Рівень шуму на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБ (ДСН 3.3.6.037-99), але в реальності може сягати від 90 дБ до 95 дБ, що перевищує норму. Вібрація від маніпуляторів або джерел струму регламентується ДСН 3.3.6.039 - 99 – загальна вібрація не повинна перевищувати 84 дБ для тривалого впливу[22].

					<i>ЗВ11.11.03.000 ПЗ</i>		
<i>Зм. Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Повх Б. В.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркцш</i>	
<i>Перев.</i>	<i>Левченко О. Г.</i>					<i>Аркцшів</i>	
						74 109	
<i>Н.контр.</i>	<i>Лисак В. В.</i>				<i>Охорона праці</i>		
<i>Затв.</i>	<i>Квасницький В. В.</i>						
					<i>КПІ ім. Ізгоря Скіорського НН ІМЗ ім. Є. О. Патона</i>		

Інтенсивність оптичного випромінювання (УФ, видимого, ІЧ) також нормується: згідно з ДСН 3.3.6.042-99, інтегральне теплове випромінювання не повинно перевищувати 350 Вт/м² на постійному робочому місці. Серед хімічних факторів особливу небезпеку становить озон, який утворюється під дією ультрафіолетового випромінювання в зоні аргонодугового зварювання. Його концентрація під захисним щитком може перевищувати гранично допустиму концентрацію (ГДК) у 0,1 мг/м³ (згідно з) від 20 разів до 25 разів. Клас небезпеки озону – 2. Також виділяються оксиди азоту (ГДК – 5 мг/м³, II клас небезпеки) та оксид вуглецю (ГДК – 20 мг/м³, II клас) [23] та аерозоль. Для фізичних факторів, наприклад, рівня шуму, допустимий рівень у зоні робочого місця становить до 80 дБ за ДСН 3.3.6.037-99. Параметри мікроклімату повинні відповідати ДСН 3.3.6.042-99: температура повітря – не нижче +18°C, вологість – від 40% до 60 %, швидкість руху повітря – до 0,3 м/с. Для електромагнітного поля частотою 50 Гц гранично допустимий рівень (ГДР) становить 1,4 кА/м при 8-годинному впливі (ДСН 3.3.6.096-2002) [24].

До психофізіологічних факторів, що діють у процесі аргонодугового зварювання за допомогою роботизованої установки, належать як фізичні перевантаження, так і нервово-психічні навантаження. Зокрема, технічне обслуговування та налаштування обладнання передбачає статичне навантаження на м'язи спини, плечового поясу та рук, пов'язане з фіксацією деталей, підготовкою виробу до зварювання, заміною витратних матеріалів. Також можливе перебування у вимушеному положенні протягом тривалого часу, що негативно впливає на опорно-руховий апарат [25].

Відповідно до «Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності» №0472-14 [26], допустимими вважаються показники важкості та напруженості праці не вище II класу, який передбачає середній рівень навантажень. Перевищення цих показників може викликати фізіологічні порушення, втрату працездатності, підвищення травматизму. Тому важливою складовою безпечної організації процесу є раціональний розподіл навантажень, перерви на відпочинок та ергономічне облаштування робочого місця.

					<i>ЗВ11.11.03.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		75

Зважаючи на вищенаведене, основними шкідливими і небезпечними факторами в процесі аргонодугового зварювання є: оптичне випромінювання зварювальної дуги, токсичні зварювальні аерозолі, електромагнітні поля, підвищений рівень шуму, викиди розплавленого металу та іскор, а також ризик ураження електричним струмом. Усі вони потребують відповідних технічних, організаційних та індивідуальних заходів захисту, що буде розглянуто у наступному підрозділі.

3.2 Вимоги безпеки праці

3.2.1 Вимоги до технологічних процесів

Зварювання в середовищі аргонового інертного газу за допомогою роботизованої установки повинно проводитися з дотриманням вимог НПАОП 28.52-1.31-13, а також стандартів ДСТУ 2456-94 [27], які регламентують безпечне виконання дугових і електрошлакових зварювальних робіт. При цьому перевагу слід надавати тим технологічним рішенням, що забезпечують зменшення викидів шкідливих речовин, зниження теплового та електромагнітного впливу, а також мінімізацію ручної праці оператора.

Застосування роботизованих комплексів дозволяє виключити безпосередній контакт людини зі зоною зварювання, що зменшує ризик ураження електричним струмом, вплив шкідливих аерозолів та оптичного випромінювання. Однак технічне обслуговування таких установок передбачає дотримання вимог безпеки при роботі з електрообладнанням, а також підвищену уважність при налаштуванні програм та траєкторій руху зварювального пальника [28].

Всі зварювальні матеріали – зокрема дріт, аргон, флюси – повинні мати гігієнічну оцінку і бути дозволеними до використання в умовах підприємства. Заборонено застосування матеріалів, які при нагріванні виділяють сполуки IV класу небезпеки. Особливу увагу слід приділити газовим комунікаціям – балони з аргоном повинні зберігатися в спеціальних ізольованих приміщеннях, на відстані не менше 5 м від зони зварювання.

					<i>ЗВ11.11.03.000 ПЗ</i>	Арк.
						76
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Для зменшення викидів озону та зварювальних аерозолів необхідно використовувати місцеву витяжну вентиляцію, інтегровану з головкою зварювального робота, а також систему фільтрації відпрацьованих газів [29]. Забороняється проведення зварювання при несправній витяжній системі. При автоматизованому зварюванні в аргоні необхідно забезпечити видалення повітря зі швидкістю не менше 150 м³/год (згідно з методичними вказівками) [30].

Контроль параметрів процесу (струм, напруга, подача газу) повинен здійснюватися безконтактно з пульта оператора, який має бути розташований за межами зони впливу шкідливих факторів [31], у термоізований або відокремлений кабіні. Усі з'єднання проводів, шлангів і кабелів живлення мають бути ізованими, герметичними і візуально доступними для контролю перед кожним включенням.

3.2.2 Вимоги до персоналу

Персонал, який обслуговує роботизовані установки аргонодугового зварювання, повинен мати відповідну кваліфікацію, бути навченим правилам охорони праці та пройти інструктаж з техніки безпеки згідно з вимогами НПАОП 0.00-1.21-98 та ПУЕ-2017 [32]. Доступ до виконання зварювальних робіт надається лише тим працівникам, які пройшли медичний огляд, мають не нижче II кваліфікаційної групи з електробезпеки, а також ознайомлені з інструкціями з експлуатації обладнання, засобів захисту та аварійних дій.

Працівник зобов'язаний знати межі робочої зони, не входити до небезпечної зони руху маніпулятора, та дотримуватись правил використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) відповідно до ДСТУ 7239:2011 [33]. До ЗІЗ відносяться: захисні щитки зі світлофільтрами (ДСТУ EN 169-2001), рукавиці (ДСТУ EN 420-2017), каска (ДСТУ EN 397:2001) [34], діелектричні калоші або килимки.

Забороняється працювати без проходження повторного інструктажу, у стані втоми або фізичного виснаження, а також при виявленні несправностей в роботі

					<i>ЗВ11.11.03.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		77

установки. Оператор повинен уміти виконати екстрену зупинку обладнання, викликати відповідальну особу та надати першу допомогу у випадку ураження струмом або опіків.

3.2.3 Вимоги до виробничих приміщень

Виробничі приміщення, у яких виконується аргонодугове зварювання роботизованими установками, повинні відповідати вимогам чинних будівельних норм і стандартів, зокрема ДБН В.2.2-28:2010, ДБН В.2.5-67:2013, ДСН 3.3.6.042 - 99 та ДСТУ 2456-94. Вони мають бути призначені для технологічного процесу, що супроводжується виділенням шкідливих газів, випромінювань, шуму, тепла, і повинні забезпечувати безпечні умови праці персоналу.

Площа приміщення повинна дозволяти вільне розміщення зварювального обладнання, роботизованих маніпуляторів, пультів керування, вентиляційних систем, а також забезпечувати безперешкодний доступ до обслуговування. Ширина проходів між устаткуванням і стінами не повинна бути меншою за 1 м, а у випадку розміщення зварювальних постів один навпроти одного – не менше 3 м. Висота приміщень повинна унеможливлувати відбиття шкідливих випромінювань та сприяти ефективному повітрообміну.

Стіни та підлога повинні бути виготовлені з негорючих матеріалів з низькою теплопровідністю. Підлога має бути рівною, неслизькою, антистатичною. Рекомендується використовувати електроізоляційні настили в зонах перебування операторів. Робочі місця повинні бути обладнані світлонепроникними захисними екранами висотою не менше 2,5 м, виготовленими з матеріалів, що не горять.

Приміщення повинні бути обладнані системою загальнообмінної припливно-витяжної вентиляції, яка забезпечує не менше п'ятикратний повітрообмін на годину. Крім того, в зоні зварювання повинна функціонувати місцева витяжна вентиляція, змонтована безпосередньо у головці маніпулятора або над зоною зварювального столу. Видалене повітря перед викидом в атмосферу підлягає

					<i>ЗВ11.11.03.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		78

фільтрації відповідно до гранично допустимих викидів. Температура поданого повітря у холодну пору року повинна бути не нижче +20°C, а його подача має здійснюватися в напрямку зони дихання працівника.

Умови мікроклімату повинні відповідати параметрам, встановленим у ДСН 3.3.6.042-99, а рівні шуму – не перевищувати граничних значень, визначених ДСН 3.3.6.037-99. У разі виконання зварювання всередині замкнених металевих виробів або корпусів обов'язково застосовується місцеве освітлення напругою не вище 12 В, з рівнем освітленості не менш 30 лк.

3.2.4 Організація робочого місця

Робочі місця для обслуговування роботизованих установок аргонодугового зварювання повинні бути організовані відповідно до вимог НПАОП 28.5-1.02-07, ДСТУ 2456-94, ДБН В.2.5-67:2013 та інших чинних нормативних документів. Основна мета організації робочого місця – забезпечити безпечне, зручне та ефективне виконання операцій, мінімізуючи вплив небезпечних та шкідливих виробничих факторів на працівника.

Підлога у зоні стояння працівника має бути покрита діелектричним настилом шириною не менше 0,7 м. Усі органи керування повинні бути розміщені на безпечній відстані від рухомих частин обладнання.

Розміщення обладнання та маршрути руху персоналу повинні виключати перетинання з транспортними або роботизованими траєкторіями, а ширина проходів між устаткуванням – бути не меншою ніж 1 м, між пересувними частинами – не менш 1,5 м. Освітлення має відповідати ДБН В.2.5-28-2006, бути достатнім як для роботи, так і для обслуговування та аварійного евакуювання.

Організація робочих місць повинна забезпечувати також можливість швидкого доступу до аварійного вимикача, вогнегасника, аптечки, засобів пожежогасіння та плану евакуації. Усі працівники мають пройти інструктаж щодо правил поведінки у надзвичайних ситуаціях.

					<i>ЗВ11.11.03.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		79

3.2.5 Вентиляція

У процесі аргонодугового зварювання за допомогою роботизованої установки у повітря робочої зони виділяються шкідливі речовини – зварювальні аерозолі, озон, оксиди азоту та вуглецю, які становлять небезпеку для здоров'я працівників. Тому приміщення повинні бути обладнані поєднаною вентиляційною системою – місцевою витяжною і загальнообмінною припливно-витяжною вентиляцією. Вентиляція має забезпечувати відповідність повітряного середовища нормативам, встановленим у ДБН В.2.5-67:2013, ДСТУ 2456-94, ДСН 3.3.6.042- 99 [35].

Місцева витяжна вентиляція повинна відводити шкідливі речовини безпосередньо від джерела їх утворення – зони зварювальної дуги. У роботизованих системах доцільно використовувати інтегровані витяжні головки, всмоктувальні канали, плазмові укриття з витяжними соплами. Мінімальна швидкість всмоктування повітря в зоні дії повинна становити не менше 0,5 м/с (при ручному зварюванні) або від 1,0 до 1,4 м/с – при плазмовому або механізованому зварюванні.

Розрахунок об'єму повітря, який необхідно видалити місцевою вентиляцією L_m , виконується відповідно до методичних вказівок, виходячи з умов забезпечення необхідної швидкості повітря в зоні всмоктування. Загальна формула має вигляд:

$$L_m = 3600 \cdot F_o \cdot V_o$$

де F_o – площа відкритого перерізу витяжного отвору, м²,

V_o – швидкість всмоктування повітря в прорізі, м/с.

Площа F_o залежить від конструктивних особливостей витяжного пристрою (наприклад, отвір діаметром 0,15 м $\Rightarrow F_o \approx 0,0177$ м²). Значення V_o визначається за допустимими швидкостями повітря, встановленими для конкретного типу зварювання.

					ЗВ11.11.03.000 ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для аргонодугового зварювання в інертних газах рекомендована швидкість становить:

$$V_0 = \text{від } 0,15 \text{ м/с до } 0,3 \text{ м/с}$$

Приклад розрахунку:

Нехай маємо витяжний отвір прямокутної форми шириною $b = 0,1 \text{ м}$ і відстанню від джерела шкідливих речовин $X = 0,2 \text{ м}$. Згідно з формулою:

$$V_0 = 6 \cdot V_x \cdot X / b$$

де V_x – необхідна швидкість у зоні зварювання (0,2 м/с);

X – відстань від зони до отвору – 0,2 м;

b – ширина прорізу – 0,1 м.

Підставляючи значення:

$$V_0 = 6 \times 0,2 \times 0,2 / 0,1 = 2,4 \text{ м/с}$$

Площа:

$$F_0 = 0,1 \text{ м} \times 0,2 \text{ м} = 0,02 \text{ м}^2$$

Тоді об'єм повітря:

$$L_m = 3600 \times 0,02 \times 2,4 = 172,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

Отже, для забезпечення належного рівня видалення зварювальних аерозолів у зоні аргонодугового зварювання потрібен обсяг $\approx 173 \text{ м}^3/\text{год}$ від однієї точки витяжки.

Примітка: локальна вентиляція забезпечує ефективність уловлювання до 90% забруднень (витяжні шафи), інші види витяжок – до 75%, тому залишок шкідливих речовин повинен усуватись загальнообмінною вентиляцією.

					<i>ЗВ11.11.03.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		81

3.3 Електробезпека

3.3.1 Загальні вимоги електробезпеки

Під час виконання зварювальних робіт, особливо з використанням роботизованих систем, важливо забезпечити надійний захист персоналу від ураження електричним струмом. Основними небезпеками є: доторкання до відкритих струмопровідних частин, поява напруги на металевих неструмопровідних елементах унаслідок пошкодження ізоляції, ураження електричною дугою або кроковою напругою. У зв'язку з цим приміщення зварювального виробництва належать до категорії особливо небезпечних за умовами ураження струмом.

Згідно з ДНАОП 0.00-1.21-98 та ПУЕ-2017, усі металеві частини зварювального обладнання, які можуть опинитися під напругою, повинні бути надійно заземлені. Не дозволяється використання будівельних конструкцій, трубопроводів, опалювальних систем як елементів заземлення. Для кожного зварювального апарата слід передбачити окремий заземлювальний провід, з'єднаний з головною магістраллю.

Для захисту працівників у робочому режимі повинні використовуватись:

- ізоляція струмопровідних частин (робоча, подвійна або посилена);
- оболонки, що перешкоджають випадковому контакту;
- екрани від оптичного, електромагнітного та теплового випромінювання;
- захисне занулення або заземлення;
- засоби контролю ізоляції з аварійним відключенням при її пошкодженні;
- використання безпечної напруги (до 42 В змінного струму або 110 В постійного) у ручному електроінструменті.

В роботі роботизованого зварювального комплексу важливо також забезпечити електробезпеку в системах автоматизованого керування, зокрема – у пультах, приводах, датчиках, електромагнітах. Всі електричні кола керування повинні бути екрановані та захищені від перенавантаження. Застосування

					<i>ЗВ11.11.03.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		82

пристроїв аварійного відключення (кнопок «стоп») є обов'язковим. Їх слід розміщувати не далі ніж за 10 м один від одного у великих автоматизованих зонах.

У разі використання джерел живлення з високою напругою холостого ходу (понад 113 В для постійного струму), вони мають бути оснащені пристроями зниження напруги, що автоматично зменшують її до безпечного рівня (≤ 42 В) протягом від 0,3 до 2 секунд після припинення зварювання.

Додатково, персонал повинен бути інструктований щодо небезпеки ураження струмом, навчений методам надання першої допомоги та допущений до роботи лише після медичного огляду та перевірки знань з електробезпеки. Усі роботи мають проводитися лише за наявності справного обладнання, що перевіряється на початку кожної зміни.

3.3.2 Класи електротехнічних виробів та вимоги до експлуатації зварювального обладнання

Електротехнічні вироби, що використовуються у зварювальному виробництві, класифікуються за ступенем захисту людини від ураження електричним струмом згідно з ДНАОП 0.00-1.21-98. Залежно від конструктивного виконання і наявності захисних елементів вони поділяються на п'ять класів: 0, 0I, I, II та III.

Клас 0 – вироби мають тільки робочу ізоляцію без будь-яких додаткових захисних заходів. Елементів для заземлення немає. У разі пошкодження ізоляції корпус опиняється під напругою. Використання таких виробів у виробничих умовах заборонено.

Клас 0I – передбачає наявність робочої ізоляції і заземлювального елемента, проте кабель живлення не має заземлювальної жили. Вироби цього класу застосовуються лише в умовах контрольованого середовища.

Клас I – мають робочу ізоляцію, елемент заземлення, а також кабель живлення із заземлювальною жилою і вилкою із заземлювальним контактом. Це найпоширеніший тип обладнання для зварювальних установок. У разі

					<i>ЗВ11.11.03.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		83

пошкодження ізоляції напруга перетікає на корпус і спрацьовує автоматичний захист.

Клас II – включає вироби з подвійною або посиленою ізоляцією, без заземлювального елемента. Такі пристрої вважаються електробезпечними конструктивно, і їх можна застосовувати в умовах підвищеної небезпеки.

Клас III – це вироби, в яких усі внутрішні та зовнішні кола працюють на напрузі не вище 42 В змінного струму або 110 В постійного струму. Вони застосовуються в особливо небезпечних умовах – замкнені простори, висота, підвищена вологість.

Вимоги до експлуатації зварювального обладнання.

Зварювальне обладнання, що використовується у виробництві, повинно відповідати вимогам ДСТУ 2456-94 (дугове і електрошлакове зварювання) та ДСТУ 2489-94 (контактне зварювання). Підключення, обслуговування та ремонт електрообладнання повинні виконуватись тільки електротехнічним персоналом з групою допуску не нижче III. Джерела живлення необхідно підключати до мережі з напругою не вище 600 В, а безпосереднє живлення зварювальної дуги від силової або освітлювальної мережі – заборонено.

Корпуси машин і трансформаторів зварювального обладнання повинні бути заземлені окремим проводом. Забороняється послідовне включення декількох апаратів в один заземлювальний провідник. Зварювальні кабелі повинні бути по всій довжині ізолювані, захищені від механічних пошкоджень і з'єднані муфтами або механічними затискачами.

На кожному зварювальному посту повинні бути вольтметр або сигнальна лампа, що інформують про наявність напруги. Джерела струму з напругою холостого ходу вище дозволеної (113 В для постійного струму) мають бути оснащені пристроями зниження напруги, які спрацьовують автоматично.

Перед початком кожної зміни зварювальне обладнання повинно проходити технічний огляд: перевірка ізоляції, блокувальних пристроїв, справності кнопок керування та захисного заземлення. Забороняється залишати ввімкнене обладнання без нагляду, а також використовувати його при виявлених несправностях.

					<i>ЗВ11.11.03.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		84

Експлуатація зварювального обладнання повинна виконуватись тільки підготовленим персоналом, що пройшов інструктаж з охорони праці та електробезпеки, з дотриманням вимог нормативних актів та технічної документації.

3.3.3 Вимоги до експлуатації зварювального обладнання

Експлуатація зварювального обладнання, що використовується під час аргонодугового зварювання на роботизованих установках, повинна здійснюватися згідно з вимогами ДСТУ 2456-94 (для дугового зварювання) та ДСТУ 2489-94 (для контактного зварювання). Зварювальне устаткування повинне бути технічно справним, мати заводську документацію, інструкцію з експлуатації та пройдену перевірку на електробезпеку.

Підключення, технічне обслуговування і ремонт зварювального обладнання мають виконуватись виключно електротехнічним персоналом з групою допуску з електробезпеки не нижче III. Забороняється використання обладнання, яке не має захисного заземлення або має механічні пошкодження ізоляції. Усі струмопровідні частини повинні бути ізольовані, з'єднання зварювального кола – здійснюватися муфтами або клемами, які виключають нагрівання і втрати струму.

Корпуси всього зварювального обладнання (машин, трансформаторів, пультів, джерел живлення) мають бути надійно заземлені окремим провідником, підключеним до головної заземлювальної шини. Послідовне підключення кількох апаратів до одного заземлення заборонено. Вторинні обмотки трансформаторів, педалі пуску, металеві корпуси розподільних шаф також мають бути заземлені.

Джерела зварювального струму повинні бути обладнані вольтметром або сигнальною лампою, що показує наявність напруги у колі. При перевищенні напруги холостого ходу (для середовища з підвищеною небезпекою – понад 113 В постійного струму), пристрої мають бути укомплектовані блоками автоматичного зниження напруги, які знижують її до безпечного рівня (≤ 42 В) протягом від 0,3 до 2 секунд після припинення зварювання.

					<i>ЗВ11.11.03.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		85

Перед кожним початком зміни зварювальне обладнання повинно проходити візуальний та функціональний огляд: перевірка цілісності кабелів, ізоляції, справності систем керування, аварійних вимикачів, стану вентиляції та заземлення. Виявлені несправності мають бути усунені до початку роботи.

Експлуатація обладнання без справної вентиляції, захисних кожухів, екранів або при пошкоджених комутаційних пристроях – забороняється. Робота має здійснюватися виключно відповідно до технічної інструкції виробника та затверджених інструкцій з охорони праці.

3.4 Захист від теплового випромінювання

У процесі аргонодугового зварювання виникає інтенсивне теплове випромінювання в оптичному діапазоні (інфрачервоне, видиме, ультрафіолетове), джерелом якого є зварювальна дуга, нагріті деталі, зварювальна ванна та зона термічного впливу. Теплове випромінювання може спричинити перегрівання організму, термічні опіки, порушення терморегуляції, втрату працездатності та теплові удари, особливо за умов недостатньої вентиляції або в замкнених просторах.

Згідно з вимогами ДСН 3.3.6.042-99, інтегральна інтенсивність теплового випромінювання на постійному робочому місці не повинна перевищувати 350 Вт/м². Для окремих спектральних зон допустимі рівні наведено в таблиці 3.1.

					<i>ЗВ11.11.03.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		86

Таблиця 3.1 – Допустима інтенсивність теплового випромінювання в оптичному діапазоні

Зона спектра	Довжина хвилі, мкм	Допустима інтенсивність, Вт/м ²
Ультрафіолетова	0,22 – 0,28	0,001
	0,28 – 0,32	0,05
	0,32 – 0,4	10
Інфрачервона	0,76 – 1,4	100
	1,4 – 3	120
	3 – 5	150
	> 5	120

Допустима інтегральна інтенсивність теплового випромінювання не повинна перевищувати 350 Вт/м².

Таблиця 3.2 – Інтенсивність теплового випромінювання залежно від часу впливу

Інтенсивність, Вт/м ²	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800
Макс. тривалість, хв	20	15	12	9	7	5	2,5

У разі перевищення допустимих рівнів теплового випромінювання необхідно застосовувати засоби екранування, вентиляцію, теплозахисні костюми, обмеження часу безперервної роботи, а також використовувати регламентовані перерви згідно з таблицею 3.2.

3.5 Захист від теплового випромінювання

У роботизованих зварювальних комплексах джерелом електромагнітного випромінювання є зварювальні апарати (інвертори), джерела живлення, електродвигуни приводів, а також системи автоматичного керування, що працюють на змінному струмі частотою 50 Гц.

Згідно з ДСН 3.3.6.096-2002, у виробничих умовах встановлено гранично допустимі рівні (ГДР) напруженості електричного та магнітного полів (див. табл. 3.3):

Таблиця 3.3 – ГДР напруженості електричного та магнітного полів

Параметр	ГДР при 8-годинному робочому дні
Напруженість електричного поля	≤ 5 кВ/м
Напруженість магнітного поля	$\leq 1,4$ кА/м

У зонах обслуговування зварювальних робіт працівник не повинен перебувати ближче ніж на 0,5 м від джерел випромінювання (кабелі живлення, інвертори). При роботі з високими струмами або у слабоекранованих зонах ці відстані можуть бути збільшені.

Для зниження впливу електромагнітних полів застосовуються такі технічні та організаційні засоби:

- екранування джерел випромінювання (металеві кожухи, фільтри, щити);
- застосування трьохжильних екранованих кабелів з правильним заземленням;
- оптимальне прокладання кабелів живлення – мінімальна довжина, віддалення від робочого місця;
- розміщення операторів за межами зони впливу ЕМП (у кабінах, за захисними перегородками);

– зменшення часу перебування працівника у зоні дії ЕМП (організаційний захист);

– періодичне вимірювання рівнів ЕМП спеціальними приладами (наприклад, ПЗ-30 або НВЧ-05).

Додатково рекомендується використання індивідуального моніторингу для операторів, які тривалий час працюють поблизу потужних інверторів або високочастотних пристроїв, з веденням журналу оцінки впливу ЕМП.

Таким чином, дотримання санітарно-гігієнічних норм, належна організація робочого простору, регулярний контроль та технічна профілактика дозволяють ефективно захистити персонал від шкідливої дії електромагнітного випромінювання.

3.6 Пожежна безпека

Згідно з НАПБ Б.03.002-2007, приміщення, в яких виконуються зварювальні роботи, за вибухо-пожежною небезпекою належать до категорії Г, якщо мають негорючі речовини і матеріали в гарячому або розплавленому стані, а також джерела відкритого полум'я або тепла. При наявності горючих газів або пилу – до категорії В. Відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 і ДСТУ 4479:2005, категорія встановлюється на підставі об'ємів зберігання горючих речовин, їхньої фізико-хімічної природи та способу використання.

Робоча зона роботизованої зварювальної установки підпадає під клас П-Па (зварювання з використанням електричної дуги з негорючими електродами та обмеженим розбризкуванням металу). Якщо використовується флюс або горючі гази – можливий перехід до класу П-Пб. Основні пожежонебезпечні фактори – це розжарені частки металу, іскри, перегрів елементів, електричне замикання, залишки аерозолів і пилу.

Згідно з таблицею 3.4, клас пожежі Е (пов'язаний із аваріями електроустановок) потребує специфічних вогнегасних засобів: вуглекислотні

					<i>ЗВ11.11.03.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		89

(CO₂), порошкові, холодні розчини (водяні з добавками). Застосування води у чистому вигляді – заборонено.

Таблиця 3.4 – Клас пожеж, пов’язаних із аваріями електроустановок

Клас	Тип середовища	Вогнегасний засіб
Е	Електроустановки (високовольтні)	СО ₂ , порошок, хладони, водяні розчини з добавками

Для забезпечення пожежної безпеки у зварювальних приміщеннях впроваджуються такі заходи:

- наявність системи автоматичного захисту джерел струму (УЗО, ПЗВ, реле);
- встановлення вогнегасників (ВВК, ВП-5, ОУ-5) на кожному посту;
- ізоляція струмопровідних частин та герметизація контактів в умовах підвищеної вологості;
- відведення аерозолів за допомогою вентиляції та фільтрації;
- наявність плану евакуації та навчання працівників діям при пожежі;
- щорічна перевірка засобів пожежогасіння, маркування та наявність сертифікатів.

Оператори роботизованих установок зварювання мають проходити пожежно-технічний мінімум та бути ознайомленими з місцями розміщення засобів пожежогасіння. Забороняється зберігати поблизу зони зварювання легкозаймисті матеріали, флюси, очищувальні речовини без відповідних ємностей.

У випадку аварії або загрози загоряння передбачене аварійне відключення обладнання, від’єднання від мережі живлення та використання первинних засобів пожежогасіння згідно з категорією Е.

ВИСНОВКИ ПО ОХОРОНІ ПРАЦІ

В цьому розділі було проведено аналіз виробництва на наявність шкідливих та небезпечних факторів для людини. Визначено, що зварювання плавким електродом в інертному газі в цілому шкідливо для здоров'я через низку причин, а саме: хімічний вплив – через утворення різних токсичних сполук важких металів (зварювальний аерозоль) при впливі високих температур дуги, токсичні з'єднання азоту, озону та оксиду вуглецю, також сам по собі захисний газ аргон шкідливий через те, що має здатність накопичуватись в легенях, хоча сам цей газ не вступає ні в які реакції з організмом, але витісняє місце для потрапляння кисню до організму. Також фізичні фактори: травмування, перевантаження, втома, шум вібрації, випромінювання різних спектрів, яскраве світло, електричне враження, психоемоційна втома та ін.

Для того щоб правильно і ефективно організувати робоче місце, знизити навантаження на працівника, слід мінімізувати вплив хімічних викидів при процесі зварювання та шкідливих аерозолів, слід на кожну ділянку встановлювати розвинену вентиляцію, з достатньою циркуляцією повітря, відкачування відпрацьованого, та закачування свіжого.

Мінімізація фізичних факторів, полягає в тому, щоб забезпечити зварнику достатній відпочинок, знизити навантаження на розумову діяльність, зробити все доступним і зрозумілим, також обладнати робоче місце і установку, механізмами, які будуть вберігати від несанкціонованих дій, наприклад, зварювальне устаткування не ввімкнеться до поки зварник не відійде на безпечну відстань. Також бажано впровадити і інші засоби та способи охорони здоров'я та життя працівників.

					<i>ЗВ11.11.03.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		91

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломного проєкту було комплексно досліджено та обґрунтовано технологію складання та зварювання промислової вентиляційної заслінки, виготовленої з корозійностійкої сталі AISI 304. Робота охопила повний інженерно-технологічний цикл: від аналізу матеріалу й зварних з'єднань – до економічного обґрунтування виробництва і розробки заходів з охорони праці.

На початковому етапі було виконано конструктивно-технологічний аналіз виробу. Встановлено, що використання сталі AISI 304 є технічно виправданим рішенням завдяки її високій корозійній стійкості, зварюваності, механічній міцності та стабільній роботі в діапазоні температур від -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$. Проаналізовано схильність матеріалу до утворення гарячих і холодних тріщин. Розрахунки показали, що сталь має високу стійкість до ГТ і ХТ, що дозволяє застосовувати її без попереднього підігріву.

Детально розглянуто чотири типи зварних з'єднань, що використовуються у конструкції заслінки. Для кожного з'єднання визначено тип зварного шва, положення при зварюванні, довжину шва, спосіб підготовки крайок та режим зварювання. Це дозволило систематизувати дані у вигляді таблиці технологічного аналізу зварних з'єднань.

Було обґрунтовано вибір способу зварювання – автоматизоване MIG-зварювання (131), яке виявилось найбільш раціональним для зварювання сталі товщиною 3 мм в умовах серійного виробництва. Обраний метод забезпечує достатню продуктивність, якість зварного шва, можливість автоматизації та контрольований рівень тепло-вкладення. Альтернативні методи (TIG, SAW, MMA) були розглянуті, однак не рекомендовані через техніко-економічні обмеження або низьку продуктивність.

Вибір зварювальних матеріалів ґрунтується на відносності хімічного складу основного металу та зварного шва. Було обрано дріт ER308L та захисну суміш $\text{Ar}+2\%\text{CO}_2$, які забезпечують стабільну дугу, мінімальні дефекти, захисти від окиснення та високу корозійну стійкість зварного шва.

						Арк.
						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Розроблена технологічна послідовність складання та зварювання передбачає чітке розділення операцій між дільницями, застосування складальної оснастки, перевіреного зварювального обладнання та спеціального обертача. Проведено інженерний розрахунок навантаження на обертач та підібрано оптимальні параметри двигуна.

На основі аналізу виробничих умов було спроектовано розміщення устаткування на виробничій площі, а також складено операційну карту з орієнтовними параметрами для кожного зварного з'єднання.

З економічної точки зору встановлено, що впровадження автоматизованої технології виготовлення вентиляційної заслінки дозволяє скоротити витрати на ручну працю, зменшити виробничий цикл, а також покращити якість продукції. Проведений аналіз ринку та оцінка доцільності запуску стартапу про комерційний потенціал технології у вузькоспеціалізованих галузях.

Сучасні технологічні тенденції, зокрема в умовах промислової революції, вимагають від підприємств не стільки масштабного, скільки адаптивного підходу до виробництва. Орієнтація на великі обсяги однакових деталей вже не відповідає запитам гнучкого ринку та динамічної конкуренції. Саме здатність швидко змінювати номенклатуру продукції, оптимізувати технологічні процеси та трамплін до успіху для сучасного зварювального підприємства. Гнучкість виробництва сьогодні – це не просто перевага, а стратегічна необхідність.

Важливу увагу приділено питанням охорони праці, електробезпеки, пожежної безпеки та організації вентиляції. Запропоновано заходи з усунення шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, що дозволяє гарантувати безпечні умови праці для персоналу.

Таким чином, дипломний проєкт є завершеним комплексним техніко-технологічним проєктом, що містить обґрунтовані інженерні рішення, перевірені розрахунками, технічно здійснені та економічно доцільні для впровадження в умовах серійного виробництва [15].

						Арк.
						93
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ASTM A 240/A 240M-25 Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications / ASTM International. – Philadelphia, PA: ASTM International, 2025. – 12 p. – (ASTM A240/A240M). – Режим доступу: <https://www.htpipe.com/d/files/plate-material-grade/astm-a240.pdf> (дата звернення: 17.06.2025). – Назва з екрана.

2. EN ISO 10088-1:2019 «Stainless steels — Part 1: List of stainless steels» / CEN, ISO. – Люксембург : CEN, 2019. – 12 с.

3. EN ISO 9692-1:2013 «Welding and allied processes — Types of joint preparation — Part 1: Manual metal arc welding, gas-shielded metal arc welding, gas welding, TIG welding and beam welding of steels» / CEN, ISO. – Люксембург: CEN, 2013. – 14 с.

4. EN ISO 6947:2019 «Welding and allied processes — Welding positions» / ISO. – Люксембург : ISO, 2019. – 19 с. – (ISO 6947). – Режим доступу: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/72741/480f010e35704ecb9f9e4881fd508250/ISO-6947-2019.pdf> (дата звернення: 17.06.2025). – Назва з екрана.

5. Технологія та устаткування зварювання плавленням : метод. вказівки до курсової роботи з дисципліни для студентів усіх форм навчання напряму підготовки 6.050504 «Зварювання» / Бойко В. П., Котик В. Т., Корінець І. П. Київ : НТУУ «КПІ», 2012. 58с. URL: <https://studfile.net/preview/3748068/> (дата звернення: 15.06.2025). – Назва з екрана.

7. EN ISO 14373:2024 «Resistance welding – Procedure for spot welding of uncoated and coated low-carbon steels» / CEN, ISO. – Люксембург: CEN, 2024. – 8 с. – (EN ISO 14373). – Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/61275.html> (дата звернення: 17.06.2025). – Назва з екрана.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		94

8. N ISO 14175:2008 «Welding consumables — Gases and gas mixtures for fusion welding and allied processes» / CEN, ISO. – Люксембург: CEN, 2008. – 9 с. – (EN ISO 14175). – Режим доступу:

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/254fb457-04d1-4503-b1c6-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/254fb457-04d1-4503-b1c6-40aec28a7693/iso-14175-2008)

[40aec28a7693/iso-14175-2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/254fb457-04d1-4503-b1c6-40aec28a7693/iso-14175-2008) (дата звернення: 17.06.2025). – Назва з екрана.

9. Установки для зварювання зовнішніх і внутрішніх швів BRC 2000 / сайт QZ (ТОВ «ЦТО КВАРЦ»). – Дніпро: QZ.dp.ua, 2025. – Режим доступу: <https://qz.dp.ua/ua/p117226453-ustanovki-dlya-svarki.html> (дата звернення:

17.06.2025). – Назва з екрана.

10. Зварювальний напівавтомат Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/TIG/MMA 324 / сайт Teslaweld. – Україна, Дніпро: Teslaweld, 2025. – Режим доступу: <https://teslaweld.com/svarochnyy-poluavtomat-tesla-weld-mig-mag-fcaw-tig-mma-324> (дата звернення: 17.06.2025). – Назва з екрана.

11. Зварювальний пальник MIG/MAG MB EVO 24 / 3–5 м / Binzel / сайт Контакт-Зварювання (ТОВ «ТПК «КОНТАКТ-ЗВАРЮВАННЯ»). – Луцьк, Україна : Контакт-Зварювання, 2025. – Режим доступу: <https://kontakt-weld.com.ua/ua/p555956934-svarochnaya-gorelka-migmag.html> (дата звернення: 17.06.2025). – Назва з екрана.

12. 5-Axis Mig/Tig Welding Robot with Positioner / Alibaba.com (постачальник: KLTHG). – Китай : Alibaba.com, 2025. – Режим доступу: https://www.alibaba.com/product-detail/5-Axis-Mig-tig-Welding-Robot_1600534118721.html (дата звернення: 17.06.2025). – Назва з екрана.

13. Fronius iWave 500i DC TIG Welder – технічні характеристики та опис / Fronius International via офіційний сайт України. – Україна : Fronius, 2025. – Режим доступу: <https://welder.by/product/apparat-svarochnyj-fronius-iwave-500i-dc-tig-mma-migmag/> (дата звернення: 17.06.2025). – Назва з екрана.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		95

14. Пальник зварювальний автоматичний AUT 501D 0° – 45° (Abicor Binzel) / інтернет-магазин «Єврозварювання» (ТОВ «ТПК «Контакт-Зварювання»). – Україна, Київ: Єврозварювання, 2025. – 1 с. – Режим доступу: <https://evrosvarka.com.ua/ua/p1201583603-gorelka-svarochhnaya-avtomaticheskaya.html> (дата звернення: 17.06.2025). – Назва з екрана.

15. ChatGPT: інтерфейс та можливості / сайт ChatGPT, OpenAI. – USA : OpenAI, 2025. – Режим доступу: <https://chatgpt.com/c/6851a53c-fa40-800b-9e8f-673b489a0b06> (дата звернення: 17.06.2025). – Назва з екрана.

16. Клапани зворотні круглого перерізу вибухобезпечні АЗЕ 100, 101 серія 5.904-58 / сайт Zavod Ventilyatsiynogo Obkladnannya (ТОВ «Завод Вентиляційного обладнання»). – Запоріжжя, Україна : Завод Вентиляційного обладнання, 2025. – Режим доступу: [https://zvo.ua.prom.ua/ua/g35306416-klapany-obratnye-kruglogo](https://zvo.ua/prom.ua/ua/g35306416-klapany-obratnye-kruglogo) (дата звернення: 17.06.2025). – Назва з екрана.

17. Про компанію VENTS — світовий лідер у виробництві енергоефективного вентиляційного обладнання / сайт VENTS (ПрАТ «Вентиляційні системи»). – Боярка, Україна : VENTS, 2025. – Режим доступу: <https://vents.ua/about/> (дата звернення: 18.06.2025). – Назва з екрана.

18. AEROSTAR: український виробник вентиляційного обладнання / сайт AEROSTAR (ТОВ «Вент-Сервіс»). – Україна, Боярка: AEROSTAR, 2025. – Режим доступу: <https://aerostar.ua/ua/page/o-nas> (дата звернення: 18.06.2025). – Назва з екрана.

19. Методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» магістерської роботи / уклад. Кафедра охорони праці. – Київ, 2023. – 30 с.

20. Наказ МОЗ України від 08.04.2014 № 248 «Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»». – Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 2014. – 15 с.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		96

21. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». – Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 1999. – 25 с.

22. МОЗ України. Гігієнічні вимоги до шуму на робочому місці : ДСН 3.3.6.037-99 / Міністерство охорони здоров'я України. — Київ : МОЗ України, 1999. — 16 с.

23. МОЗ України. Норми виробничої вібрації : ДСН 3.3.6.039-99 / Міністерство охорони здоров'я України. — Київ : МОЗ України, 1999. — 16 с.

24. Держстандарт України. Зварювання контактне. Вимоги безпеки : ДСТУ 2489-94 / Держстандарт України. — Київ : Держстандарт України, 1994. — 16 с.

25. Держспоживстандарт України. Засоби індивідуального захисту працівників. Загальні вимоги : ДСТУ 7239:2011 / Держспоживстандарт України. — Київ : Держспоживстандарт України, 2011. — 10 с.

26. ФОРУМ. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ-2017). — Харків : ФОРУМ, 2017. — 416 с.

27. Про охорону праці : Закон України від 14 жовтня 1992 р. № 2694-XII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення: 18.06.2025). — Назва з екрана.

28. ДСН 3.3.1.038–99 «Гігієнічні нормативи хімічних речовин у повітрі робочої зони» : Державні санітарні правила № 38 від 01 грудня 1999 р. / Міністерство охорони здоров'я України [Електронний ресурс] // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. — Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0030588 - 99](https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0030588-99) (дата звернення: 18.06.2025). — Назва з екрана.

29. ДСН 3.3.2.007–98. Гранично допустимі фізичні навантаження при підйомі і переміщенні вантажів вручну [Електронний ресурс] : Державні санітарні норми. — Чинні від 01.03.1999. — Київ : МОЗ України, 1998. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007288-98>, вільний. — Назва з екрана.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		97

30. ДБН В.1.1–7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва [Електронний ресурс] : державні будівельні норми України. – Чинні від 01.09.2016. – Київ : Мінрегіон України, 2016. – 63 с. – Режим доступу: <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2021/05/dbn-v.1.1-7-2016.pdf>,

вільний. – Назва з екрана.

31. ДБН В.2.5–67:2013. Вентиляція. Проектування систем [Електронний ресурс] : державні будівельні норми України. – Чинні від 01.10.2013. – Київ : Мінрегіон

України, 2013. – 71 с. – Режим доступу: https://revisor.org.ua/uploads/pdf/normatyvka/DBN_V.2.5-67-2013.pdf, вільний. – Назва з екрана.

32. ДСТУ ISO 1999:2009. Акустика. Визначення професійного шумового впливу та визначення втрати слуху, зумовленої шумом [Електронний ресурс] : національний стандарт України. – Введ. 2010–01–01. – Київ : Держспоживстандарт України, 2010. – 48 с. – Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/TZ1303>, вільний. – Назва з екрана

33. ДСТУ EN 3 - 7:2004. Вогнегасники переносні [Електронний ресурс]: національний стандарт України. – Введ. 2005–01–01. – Київ : Держспоживстандарт України, 2004. – 48 с. – Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/TZ1306>, вільний. – Назва з екрана.

34. ДСТУ ISO 3864-1:2015. Графічні символи. Кольори і знаки безпеки [Електронний ресурс] : національний стандарт України. – Введ. 2016–01–01. – Київ : Держспоживстандарт України, 2015. – 34 с. – Режим доступу: https://www.techstreet.com/standards/dstu-iso-3864-1-2015?product_id=2029510, платний. – Назва з екрана.

35. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) [Електронний ресурс] : затверджено наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 21 липня 2017 р. № 476. – Київ : Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=72501, платний. – Назва з екрана.

						Арк.
						98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ДОДАТКИ

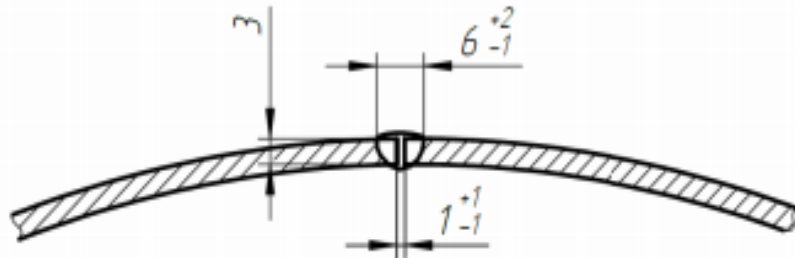
						Арк.
						99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

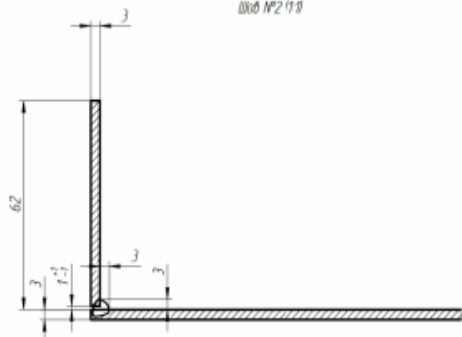
[illegible]

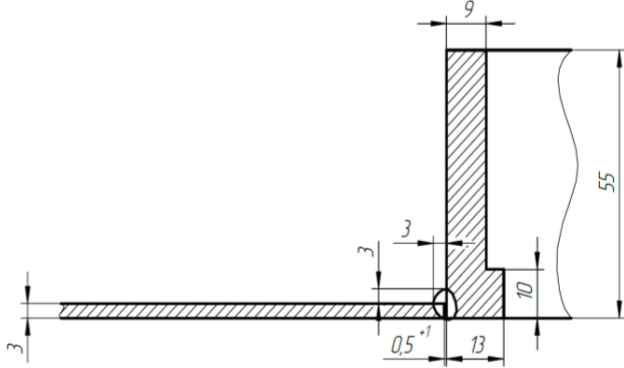
[illegible]

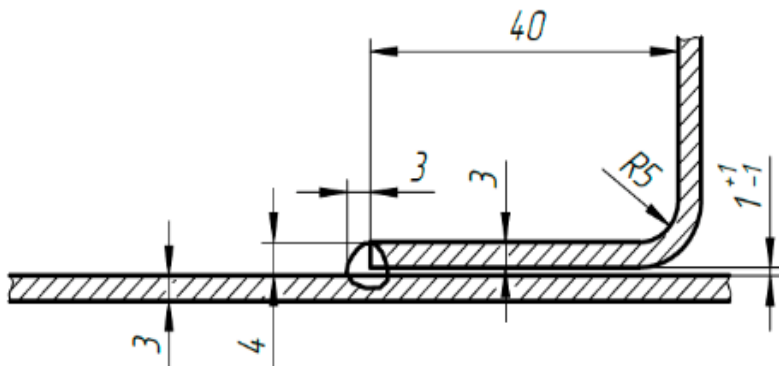
[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса
				Складальні одиниці		
		9		Передня нерухома стійка обертача	1	
		10		Станина	1	
		11		Задня рухома стійка кантувача	1	
		12		Планшайда	2	
		13		Пневмоциліндр затискання	1	
		14		Станина зварювальної установки	1	
		15		Вертикальна стійка зварювальної установки	1	
		16		Висувна консоль зварювальної установки	1	
		17		Шланг подачі газу	1	
		18		Механізм подачі дроту	1	
		19		Напрямний канал для дроту	1	
		20		Рукав зварювального пальника	1	
		21		Гвинт фіксації задньої рухомої стійки	2	
		22		Притискач фланця	6	
		23		Кабель маси	1	
		24		Кабель струмопідводу	1	
		25		Шланг пневматичний	2	

КПІ ім Ігоря Сікорського НН ІМЗ ім Є.О. Патона	Цех зварювання вентиляційних заслінок	Технологічна конструкція для зварювання	WPS-131-1.2.1-PA-01					
			Лист_1_					
Виробник: Цех зварювання вентиляційних заслінок								
Протокол підтвердження відповідності (WPQR) № 001/ЗВ від 10.05.2025		Товщина матеріалу t_1 (мм): 3						
		Товщина матеріалу t_2 (мм): 3						
Основний матеріал: AISI 304		Без розроблення крайок (прямі крайки), згідно ISO 9692-1: тип 1.2.1						
Спосіб зварювання: 131		Метод підготовки: механічний, зачищення металевою щіткою перед зварюванням						
Тип з'єднання: BW ss nb		Зварювальний матеріал: ER308L, $\varnothing$ 1.2 мм, DCTУ EN ISO 14343						
Положення зварювання: PA		Захист зони зварювання: Ar+2% CO ₂ (ISO 14175-M12-ArC-2)						
Кваліфікація зварників		По ДНАОП 0.00-1.16-96:131 P BW W11 t3 PA ss nb						
		По EN 287-1:						
План контролю: візуальний – 100% УЗК – не потребує, рентген – не потребує		Відповідно:						
Підготовка з'єднання елементів під зварювання, типі послідовність їх виконання								
								
Параметри зварювання								
№ шва	Кількість проходів	Спосіб	Діаметр дроту	Струм (А)	Напруга (В)	Швидкість подачі (м/хв)	Витрата газу (л/хв)	Швидкість зварювання (м/хв)
1	1	131	1.2	200	24	7.6	15	0.12–0.15
Відстань від контактної наконечнику до поверхні виробу: від 10 мм до 15 мм								
Кут нахилу електроду: 15° - 20°								
Температура прокаливання електродів (флюсу): не регламентується (для дроту ER 308L не застосовується)								
Попередній підігрів: не потрібен								
Температура між шарами зварного шва – не більше: —								
При виконанні шару, напрямок зварювання: —								
Збиральні прихватки в процесі зварювання: переварюється								
Склад: Повх Б.В.					Перевірив: Прохоренко О.В.			

КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О. Патона	Цех зварювання вентиляційних заслінок	Технологічна конструкція для зварювання	WPS-131-3.1.1-PB-02					
			Лист_2_					
Виробник: Цех зварювання вентиляційних заслінок								
Протокол підтвердження відповідності (WPQR) № 002/ЗВ від 10.05.2025		Товщина матеріалу t_1 (мм): 3						
		Товщина матеріалу t_2 (мм): 3						
Основний матеріал: AISI 304		Без розроблення крайок (прямі крайки), згідно ISO 9692-1: тип 3.1.1						
Спосіб зварювання: 131		Метод підготовки: механічний, зачищення металевою щіткою перед зварюванням						
Тип з'єднання: FW ss nb		Зварювальний матеріал: ER308L, $\varnothing$ 1.2 мм, ДСТУ EN ISO 14343						
Положення зварювання: PB		Захист зони зварювання: Ar+2% CO ₂ (ISO 14175-M12-ArC-2)						
Кваліфікація зварників		По ДНАОП 0.00-1.16-96:131 P FW W11 t3 PB ss nb						
		По EN 287-1:						
План контролю: Візуальний – 100%, УЗК – не потребує, рентген – не потребує		Відповідно:						
Підготовка з'єднання елементів під зварювання, тип і послідовність їх виконання								
								
Параметри зварювання								
№ шва	Кількість проходів	Спосіб	Діаметр дроту	Струм (А)	Напруга (В)	Швидкість подачі (м/хв)	Витрата газу (л/хв)	Швидкість зварювання (м/хв)
2	1	131	1.2	140	22	6.6	15	0.06–0.09
Відстань від контактного наконечнику до поверхні виробу: від 10 мм до 15 мм								
Кут нахилу електроду: 15° - 20°								
Температура прокалки електродів (флюсу): не регламентується (для дроту ER 308L не застосовується)								
Попередній підігрів: не потрібен								
Температура між шарами зварного шва – не більше: —								
При виконанні шару, напрямком зварювання: —								
Збиральні прихватки в процесі зварювання: переварюється								
Склав: Повх Б.В.			Перевірив: Прохоренко О.В.					

КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О. Патона	Цех зварювання вентиляційних заслінок	Технологічна конструкція для зварювання	WPS-131-3.1.1-PB-03					
			Лист_3_					
Виробник: Цех зварювання вентиляційних заслінок								
Протокол підтвердження відповідності (WPQR) № 003/ЗВ від 10.05.2025				Товщина матеріалу t ₁ (мм): 3				
				Товщина матеріалу t ₂ (мм): 3				
Основний матеріал: AISI 304				Без розроблення крайок (прямі крайки), згідно ISO 9692-1: тип 3.1.1				
Спосіб зварювання: 131				Метод підготовки: механічний, зачищення металевою щіткою перед зварюванням				
Тип з'єднання: FW ss nb				Зварювальний матеріал: ER308L, Ø 1.2 мм, ДСТУ EN ISO 14343				
Положення зварювання: PB				Захист зони зварювання: Ar+2% CO ₂ (ISO 14175-M12-ArC-2)				
Кваліфікація зварників				По ДНАОП 0.00-1.16-96:131 P FW W11 t3 PB ss nb				
				По EN 287-1:				
План контролю: Візуальний – 100%, УЗК – не потребує, рентген – не потребує				Відповідно:				
Підготовка з'єднання елементів під зварювання, тип і послідовність їх виконання								
								
Параметри зварювання								
№ шва	Кількість проходів	Спосіб	Діаметр дроту	Струм (А)	Напруга (В)	Швидкість подачі (м/хв)	Витрата газу (л/хв)	Швидкість зварювання (м/хв)
3	1	131	1.2	140	22	6.6	15	0.06–0.09
Відстань від контактного наконечнику до поверхні виробу: від 10 мм до 15 мм								
Кут нахилу електроду: 15° - 20°								
Температура прокалки електродів (флюсу): не регламентується (для дроту ER 308L не застосовується)								
Попередній підігрів: не потрібен								
Температура між шарами зварного шва – не більше: —								
При виконанні шару, напрямок зварювання: —								
Збиральні прихватки в процесі зварювання: переварюється								
Склад: Повх Б.В.					Перевірив: Прохоренко О.В.			

КП ім. Ігоря Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О. Патона	Цех зварювання вентиляційних заслінок	Технологічна конструкція для зварювання	WPS-131-3.1.1-PB-04					
			Лист_4_					
Виробник: Цех зварювання вентиляційних заслінок								
Протокол підтвердження відповідності (WPQR) № 004/ЗВ від 10.05.2025		Товщина матеріалу t_1 (мм): 3						
		Товщина матеріалу t_2 (мм): 3						
Основний матеріал: AISI 304		Без розроблення крайок (прямі крайки), згідно ISO 9692-1: тип 3.1.2						
Спосіб зварювання: 131		Метод підготовки: механічний, зачищення металевою щіткою перед зварюванням						
Тип з'єднання: FW ss nb		Зварювальний матеріал: ER308L, $\varnothing$ 1.2 мм, ДСТУ EN ISO 14343						
Положення зварювання: PB		Захист зони зварювання: Ar+2% CO ₂ (ISO 14175-M12-ArC-2)						
Кваліфікація зварників		По ДНАОП 0.00-1.16-96:131 P FW W11 t3 PB ss nb						
		По EN 287-1:						
План контролю: Візуальний – 100%, УЗК – не потребує, рентген – не потребує		Відповідно:						
Підготовка з'єднання елементів під зварювання, тип і послідовність їх виконання								
								
Параметри зварювання								
№ шва	Кількість проходів	Спосіб	Діаметр дроту	Струм (А)	Напруга (В)	Швидкість подачі (м/хв)	Витрата газу (л/хв)	Швидкість зварювання (м/хв)
4	1	131	1.2	140	22	6.6	15	0.06–0.09
Відстань від контактного наконечнику до поверхні виробу: від 10 мм до 15 мм								
Кут нахилу електроду: 15° - 20°								
Температура прокалки електродів (флюсу): не регламентується (для дроту ER 308L не застосовується)								
Попередній підігрів: не потрібен								
Температура між шарами зварного шва – не більше: —								
При виконанні шару, напрямок зварювання: —								
Збиральні прихватки в процесі зварювання: переварюється								
Склав: Повх Б.В.			Перевіриє: Прохоренко О.В.					