

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

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

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри

(підпис) Віктор КВАСНИЦЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 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 фільтра-сепаратора пари

Виконав: студент IV курсу, групи ЗВ-21
Пальчевський Михайло Станіславович

(підпис)

Керівник: доцент, к.т.н., доцент,
Прохоренко Одарка Володимирівна

(підпис)

Консультант із стартап-проєкту:
доцент, к.е.н., доцент,
Нараєвський Сергій Вікторович

(підпис)

Консультант з охорони праці
Зав. каф., д.т.н., професор
Левченко Олег Григорович

(підпис)

Рецензент: доцент, к.т.н., доцент,
Коваль Віктор Вікторович

(підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2026 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання ім. 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

«__» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Пальчевському Михайлу Станіславовичу

- 1 Тема проєкту «Технологія складання та зварювання фільтра-сепаратора пари», керівник проєкту Прохоренко Одарка Володимирівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «28» травня 2026 р. № 1986-с
- 2 Термін подання студентом проєкту 9 червня 2026 р.
- 3 Вихідні дані до проєкту Ескіз зварного виробу (додається). Матеріал виробу – сталь AISI 321. Забезпечення рівномірності зварних з'єднань та відсутності недопустимих дефектів. Річна програма виготовлення виробу – 1 000 шт. Умови виготовлення – цехові, температура експлуатації – +250 °С, робочий тиск 2,5 МПа.

4 Зміст пояснювальної записки:

Виконати конструктивно-технологічний аналіз зварного фільтра-сепаратора пари. 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 фільтра-сепаратора пари. Адаптувати вибране устаткування для складання і зварювання фільтра-сепаратора пари. Виконати компоновання установки для зварювання швів фільтра-сепаратора пари. Призначити способи контролю якості зварних швів фільтра-сепаратора пари. Спланувати розміщення засобів технологічного спорядження на виробничій площі. Скласти операційну карту процесу зварювання. Зробити загальні висновки до технологічного розділу дипломного проекту. 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 фільтра-сепаратора пари. (1 А1).
- 2 Схема технологічного процесу виготовлення фільтра-сепаратора пари (1 А1).
- 3 Кресленик пристрою для складання під зварювання конденсуючої пластини (1 А1).
- 4 Кресленик установки для зварювання поздовжнього та кільцевих швів обичайки фільтра-сепаратора пари (1 А1).
- 5 Кресленик установки для приварювання фланців до обичайки фільтра-сепаратора пари (1 А1).
- 6 План виробничої площі для зварювання фільтра-сепаратора пари (1 А1).
- 7 Технологічна послідовність складання та зварювання фільтра-сепаратора пари (1 А1).

6 Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Стартап-проект	Нараєвський С.В., доц.		
Охорона праці	Левченко О. Г., зав. каф.		

7 Дата видачі завдання 20 квітня 2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Прим.
1	Аналіз літератури за темою проекту	до 30 квітня	
2	Детальна розробка і обґрунтування проектних рішень технологічної частини проекту	до 15 травня	
3	Розробка економічної частини проекту	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)

Керівник

(підпис)

Михайло ПАЛЬЧЕВСЬКИЙ

Одарка ПРОХОРЕНКО

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломного проекту: 95 сторінки тексту, 26 рисунків, 24 таблиці, 55 джерел у переліку джерел посилань.

AISI 321, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ВИРІБ, ВИГОТОВЛЕННЯ, ВИРОБНИЦТВО, ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ, ЗВАРНЕ З'ЄДНАННЯ, ЗВАРНИЙ ШОВ, ЗВАРЮВАННЯ, ОБЕРТАЧ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ПАЛЬНИК, РОБОТИЗОВАНА УСТАНОВКА, СКЛАДАННЯ, СТАРТАП, ФІЛЬТР-СЕПАРАТОР ПАРИ, ЯКІСТЬ.

В дипломному проєкті розроблена технологія складання-зварювання фільтра-сепаратора пари та спроектована ділянка цеху для його впровадження.. Пропонується технологія складання-зварювання зварної конструкції із застосуванням автоматичного зварювання суцільним дротом в інертному газі.

Представлений ретельний аналіз обраного обладнання для реалізації технологічного процесу. Розглянуті питання щодо якості виготовлення конструкції.

Розроблений стартап-проєкт та розроблений комплекс інженерних заходів з питань охорони праці з урахуванням специфіки розробленого варіанту технології.

ANNOTATION

Explanatory note of the diploma project: 95 pages of text, 26 figures, 24 tables, 55 sources in the reference list.

AISI 321, AUTOMATION, PRODUCT, MANUFACTURING, PRODUCTION, ITEM, POWER SUPPLY, WELDED CONNECTION, WELD, WELDING, ROTARY, OCCUPATIONAL SAFETY, TORCH, ROBOTIC INSTALLATION, ASSEMBLY, STARTUP, STEAM FILTER-SEPARATOR, QUALITY.

In the diploma project, a technology for assembling and welding a steam separator filter was developed, and a workshop section for its implementation was designed. A technology for assembling and welding a welded structure using automatic welding with a solid wire in an inert gas is proposed.

A detailed analysis of the selected equipment for implementing the technological process has been presented. Issues regarding the quality of the construction have been considered.

A startup-project has been developed, along with a set of engineering measures on occupational safety, taking into account the specifics of the developed technology version.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ ФІЛЬТРА-СЕПАРАТОРА ПАРИ	9
1.1 Загальна характеристика виробу	9
1.2 Аналіз матеріалу виробу	11
1.2.1 Аналіз потенційної схильності заданого матеріалу до утворення тріщин при зварюванні.....	14
1.2.1.1 Причини утворення гарячих тріщин	14
1.2.1.2 Вплив зварювальних напружень на стійкість проти гарячих тріщин.....	16
1.2.1.3 Причини утворення холодних тріщин	16
1.3 Аналіз зварних з'єднань	16
1.4 Вибір способу зварювання.....	17
1.5 Вибір зварювальних матеріалів	20
1.6 Вибір типу з'єднань та підготовки крайок	21
1.7 Параметри режиму зварювання	24
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ ВИРОБУ	27
2.1 Розроблення схеми технологічного процесу виготовлення зварного виробу	28
2.2 Вибір складально – зварювального устаткування.....	35
2.3 Вибір виробничих технологій та вибір устаткування заготівельного виробництва для виготовлення фільтра-сепаратора пари	37
2.4 Обладнання для зварювання конструкції	43

					<i>ЗВ21.09.01.000 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пальчевський М.С.				Технологія складання та зварювання фільтра-сепаратора пари	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевірів	Прохоренко О.В.						6	92
Н. Контр.	Лисак В.В.					<i>КПІ ім. І. Сікорського НН ІМЗ ім. Є. О. Патона</i>		
Затверд.	Квасницький В.В.							

3 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕНОГО ЗВАРНОГО ВИРОБУ	45
4 ПРОЄКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ ЦЕХУ	59
5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ	51
5.1 Опис ідеї стартап-проєкту	52
5.2 Технологічний аудит ідеї проєкту	53
5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту	56
5.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту	58
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	67
6.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів (ШНВФ)	67
6.2 Вимоги безпеки праці	70
6.2.1 Вимоги до технологічних процесів	70
6.2.2 Вимоги до виробничих приміщень	70
6.2.3 Вимоги до організації робочих місць	71
6.2.4 Вимоги до вентиляції	73
6.3 Інженерні рішення для забезпечення безпеки праці	73
6.3.1 Вибір вентиляції	73
6.3.2 Вимоги до експлуатації зварювального обладнання	74
6.3.3 Вимоги до застосування засобів індивідуального захисту	75
6.4 Пожежна безпека	76
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК	78
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	79
ДОДАТКИ.	86

ВСТУП

В умовах сьогоденного темпу розвитку науки та економіки для промисловості вже немає місця неефективному використанню ресурсів та застосуванню застарілих технологічних процесів та обладнання.

Сепаратор пари – це пристрій для відділення краплинної вологи від водяної пари. Пар, який не містить вологи, називають сухим, що містить вологу - насиченим або перенасиченим. Завдяки видаленню вологи і домішок, він дозволяє мінімізувати ризики пошкодження обладнання, знизити витрати на обслуговування та забезпечити стабільну роботу всієї системи. Сепаратор пари має широкий спектр застосування в різних сферах: в енергетиці у парових турбінах для підвищення їхньої ефективності та захисту від пошкоджень; в харчовій промисловості для забезпечення чистоти та сухості пари, що використовується у процесах; в хімічній промисловості для запобігання реакціям, які можуть бути спричинені наявністю води в парі та в теплоенергетиці у системах опалення для підвищення ефективності теплообмінників.

Метою дипломного проєкту є розробка технологічного процесу складання-зварювання фільтра сепаратора пари.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ ФІЛЬТРА-СЕПАРАТОРА ПАРИ

Виріб «Фільтр-сепаратор пари» представляє собою об'ємну конструкцію, зібрану з готових деталей: штуцери, фланці, конденсуюча пластина та з деталі, яка виконана за допомогою прокату листа металу - обичайка. Конструкція використовується для відбирання надмірної вологи «конденсату» з потоку пари.

1.1 Загальна характеристика виробу

Сепаратор пари – це конструкція, яка призначена для виділення крапельної вологи з водяної пари відразу на його виході з парогенератора (парового котла), до його попадання в парову транспортну магістраль, і отримання осушеної парогазової фракції.

Даний виріб повинен витримувати постійні статичні та короточасні динамічні навантаження, високі постійні температури та вібрації, які спричинені рухом пари. Також виріб повинен бути корозійностійким та не повинен змінювати свої властивості з часом, та повинен витримувати температур $+250^{\circ}\text{C}$ і робочого тиску 2,5 МПа. Виріб виготовляється в цеху. [1, 2]

Виріб виготовлений із низьковуглецевої високолегованої сталі AISI 321 за ДСТУ EN 10088-2:2010, так як дана конструкція підлягає до конструкцій високої степені надійності. Даний виріб працює у важких умовах під постійним тиском та в несприятливих умовах.

Габаритні розміри: висота – 565 мм, діаметр – 220 мм, ширина по фланцям – 334 мм. Загальна маса конструкції складає – 30,4 кг. Зварний виріб складається з 8-х деталей та 7-х позицій (див.табл.1). Загальний вигляд конструкції представлений на (рис. 1.1).

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

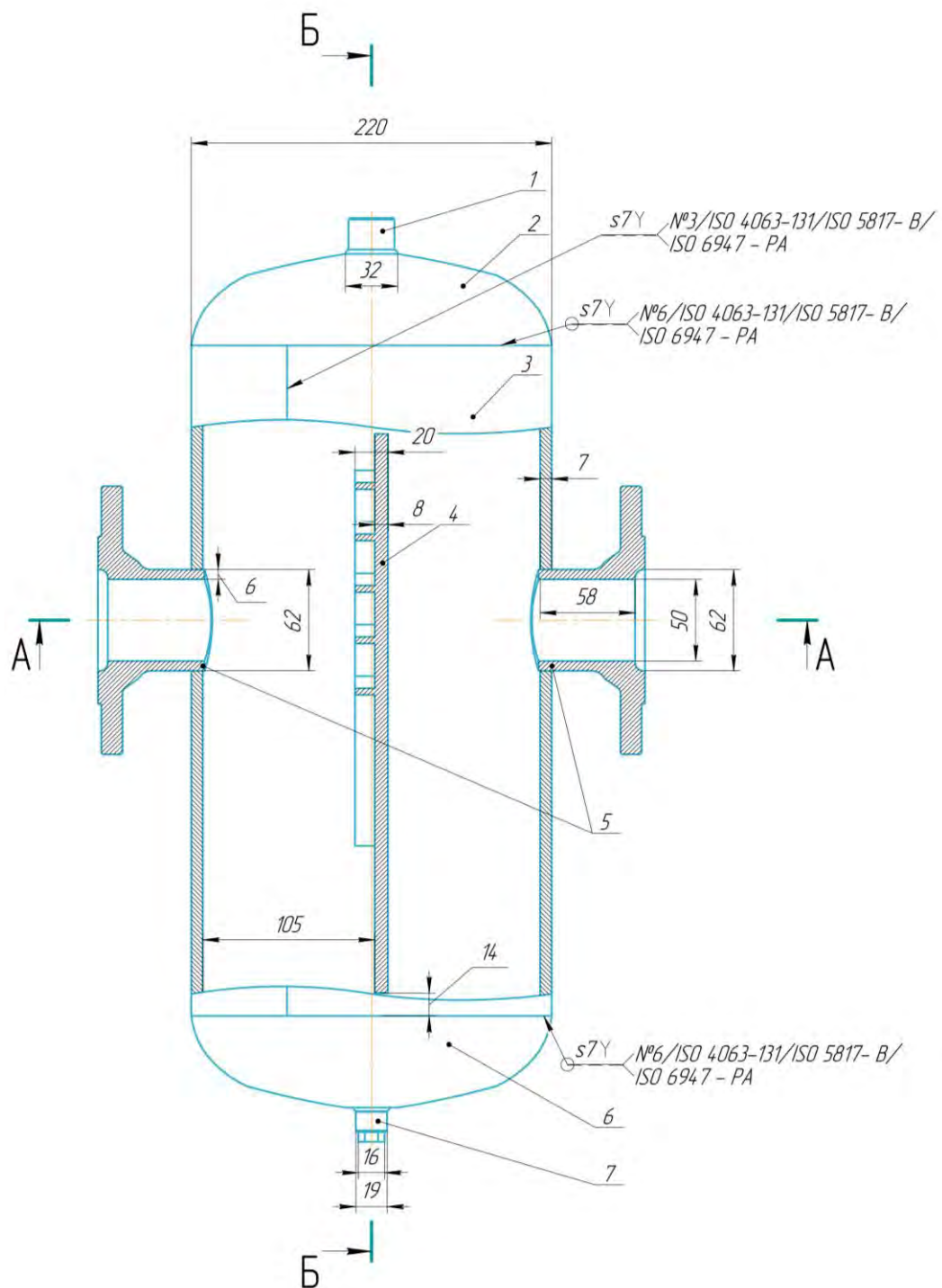


Рисунок 1.1 – Фільтр-сепаратор пари

Основний метал – низьковуглецева високолегована хромонікелева сталь AISI 321 за ДСТУ EN 10088-2:2010.

При знаходженні об'єму і при відомій густині даного матеріалу $\rho=7920 \text{ кг/м}^3$ ми можемо знайти масу деталей конструкції і тим самим ми можемо знайти масу всієї зварної конструкції:

					3B21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Маса конструкції складається з суми мас деталей, маса деталей була розрахована по розрахованому об'єму матеріалу деталей та помноженому на густину матеріалу виробу:

$$M_{\text{констр.}} = M_{\text{штуц.1}} + M_{\text{днище1}} + M_{\text{штуц.2}} + M_{\text{днище.2}} + M_{\text{обичайка}} + M_{\text{кондс.п.}} + 2 \cdot M_{\text{фланець}} = \\ = 0,15 + 3,5 + 0,04 + 3,5 + 14,7 + 4,87 + 2 \cdot (1,82) = 30,4 \text{ кг}$$

Таблиця 1.1 – Складові частини конструкції фільтр-сепаратора пари [3]

№	Назва деталі	Товщина листа, мм	Вага, кг	Кількість, шт.
1	Штуцер 1	3,5	0,15	1
2	Днище 1	7	3,5	1
3	Обичайка	7	14,7	1
4	Конденсуюча пластина	8	4,87	1
5	Фланець	6	1,82	2
6	Днище 2	7	3,5	1
7	Штуцер 2	3,5	0,04	1
Всього	—	—	30,4	8

1.2 Аналіз матеріалу виробу

Для даної зварної конструкції доцільно обрати матеріал, який повинен бути корозійностійким до середовища експлуатування, витримувати статичні навантаження, не змінювати свої фізичні властивості при тривалій експлуатації, бути термостійким та витримувати тиск в 2,5 МПа, так як дана конструкція призначена для відбирання вологи в парі. Тому з конструктивних переконань оберемо AISI 321 за ДСТУ EN 10088-2:2010, який має високу корозійну стійкість і відмінні властивості при високих температурах та відноситься до аустенітних нержавіючих сталей і містить титан, що забезпечує додаткову стабільність та

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покращує його термічні характеристики, хороша пластичність робить можливим глибоке штампування та формування без ризику тріщин. Завдяки низькому вмісту вуглецю та додаванню титану сталь легко зварюється, не вимагаючи післязварювальної обробки для запобігання міжкристалічній корозії. Також має високу стійкість до міжкристалічної та загальної корозії в різних середовищах, включаючи слабо агресивні середовища та умови високих температур. Додавання титану підвищує стійкість до окислення при високих температурах, що робить сталь AISI 321 ідеальною для використання в теплообмінниках, деталях котлів та іншому устаткуванні, що працює в умовах високих температур [4,5]. У таблиці 1.2 наведений хімічний склад конструкційної сталі AISI 321, в таблицях 1.3, 1.4, 1.5 механічні властивості і в таблиці 1.6 фізичні властивості.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сплаву у % AISI 321 за ДСТУ EN10088-2:2010 [6]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti	Fe
До 0,08	До 0,8	До 2	Від 9 до 11	До 0,02	До 0,035	Від 17 до 19	До 0,3	До 1	~ 65

Таблиця 1.3 – Механічні властивості при T=20°C сталі AISI 321 за ДСТУ EN 10088-2:2010 [6]

Прокат	Розмір	σ_b (МПа)	Σ_T (МПа)	δ_5 (%)	ψ %
Круг нержавіючий	Ж 60	490	196	40	55
Нержавіюча сталь листова	-	520	210	43	-
Дріт відпалений.	Ж 8	Від 1400 до 1600	-	20	-
Труби нержавіючі	-	510	-	40	-
Поковки	-	490	196	35	40

Таблиця 1.4 – Механічні властивості при підвищених температурах
X6CrNiTi18-10 за EN 10088-1 сталі AISI 321 за ДСТУ EN 10088-2:2010 [6], [7]

Температура випробувань, °C	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_b (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	KCU (кДж/см ²)
Загартування від 1050 до 1100 °C, охолодження на повітрі					
20	від 225 до 315	від 550 до 650	від 46 до 74	від 66 до 80	від 215 до 372
500	від 135 до 205	від 390 до 440	від 30 до 42	від 60 до 70	від 196 до 353
550	від 135 до 205	від 380 до 450	від 31 до 41	від 61 до 68	від 215 до 353
600	від 120 до 205	від 340 до 410	від 28 до 38	від 51 до 74	від 196 до 358
650	від 120 до 195	від 270 до 390	від 27 до 37	від 52 до 73	від 245 до 353
700	від 120 до 195	від 265 до 360	від 20 до 38	від 40 до 70	від 255 до 353

Таблиця 1.5 – Механічні властивості при випробуванні на тривалу міцність
аналога X6CrNiTi18-10 за EN 10088-1 сталі AISI 321 за ДСТУ EN 10088-2:2010 [6],
[7]

Температура випробувань, °C	Межа повзучості, МПа	Швидкість повзучості %/год	Межа тривалої міцності, МПа, не менше	Тривалість випробування, год
600	74	1/100000	147	10000
650	від 29 до 39	1/100000	від 78 до 98	10000

Таблиця 1.6 – Фізичні властивості сталі AISI 321 за ДСТУ EN 10088-2:2010 [6]

Т (Град)	Е 10 ⁻⁵ (МПа)	α 10 ⁶ (1/Град)	λ (Вт/(м·град))
20	1,96	—	—
100	—	16,1	16
200	—	—	18
300	—	17,4	19
400	—	—	—
500	—	18,2	—

1.2.1 Аналіз потенційної схильності заданого матеріалу до утворення тріщин при зварюванні

За інформацією з інтернет ресурсів зварюваність сталі AISI 321, що зумовлена відношенням металу до плавлення, металургійної обробки і наступної кристалізації шва, не викликає суттєвих ускладнень. Сучасні технологія зварювання та зварювальні матеріали на високому рівні забезпечують необхідну стійкість металу шва проти утворення гарячих тріщин і високі характеристики, що пред'являються до основного металу [8, 9].

1.2.1.1 Причини утворення гарячих тріщин

Утворення гарячих тріщин пов'язане із спільною дією двох факторів. По мірі кристалізації скорочується кількість рідкої фази, що призводить до зменшення деформаційної властивості сплаву. Крім того в температурному інтервалі крихкості пластичні властивості сплаву найнижчі.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Кристалізаційні тріщини утворюються, якщо пластична деформація за час перебування металу в температурному інтервалі крихкості пройде в ньому пластичність сплаву. Для гарячих тріщин характерним є мікрокристалізаційний вид руйнування, який розвивається по межах зерен при наявності між ними рідкого прошарку, або ж за рахунок проковзування між зернами, яке проходить при підвищених температурах після закінчення процесу кристалізації. Гарячі тріщини можуть виникнути як в основному, так і в металі зони термічного впливу. [9]

Схильність зварних швів до утворення гарячих тріщин визначається наступними чинниками:

- хімічним складом металу шва, від якого залежать його мінімальна міжкристалітна пластичність і міцність в небезпечному інтервалі температур (ТІК), а також тривалістю перебування металу в цьому інтервалі;
- величиною і швидкістю наростання розтягуючих напружень і, відповідно, деформацій в температурному інтервалі низької пластичності і міцності;
- величиною первинних кристалітів;
- формою зварювальної ванни (шва), від якої залежить напрямок росту стовпчастих кристалітів, характером їх зрощення, ступенем зональної ліквідації і розташуванням осей кристалітів (точніше міжкристалітних ділянок) щодо напрямку розтягуючих напружень;
- нерівномірне або надмірне введення тепла під час процесу зварювання;
- поглинання азоту з повітря при зварюванні може підсилити утворення тріщин;
- жорстке закріплення деталі;
- помилки вибору присадкового матеріалу.

1.2.1.2 Вплив зварювальних напружень на стійкість проти гарячих тріщин

Розтягувальні напруження найбільш небезпечні з точки зору стійкості зварних швів проти гарячих тріщин в тому випадку, якщо вони сильно зростають в момент, коли метал шва знаходиться в температурному інтервалі крихкості. Оскільки в реальних умовах дугового зварювання уникнути повністю виникнення розтягуючих напружень неможливо, прагнуть їх зменшити і віддалити початок їх зростання до того часу, коли метал при охолодженні набуває достатні пластичність і міцність. Це може бути досягнуто раціональним проєктуванням зварних з'єднань і вузлів конструкції та рядом технологічних заходів:

- попереднім підігрівом, який віддаляє момент переходу стискаючих напружень у шві у розтягуючі до більш низьких температур;
- вибором раціональної послідовності виконання швів, а також способу і режиму зварювання для забезпечення найбільш сприятливої форми шва, спрямованості кристалітів відносно його осі і зменшення зварювальних напружень.

1.2.1.3 Причини утворення холодних тріщин

Сталь AISI 321 практично не схильна до холодних тріщин, завдяки своєму хімічному складу. Сталь містить високий відсоток нікелю (від 9 % до 12%), що забезпечує стабільну аустенітну фазу за кімнатної температури. Аустеніт дуже пластичний і не схильний до крихкого руйнування.

1.3 Аналіз зварних з'єднань

Зварний виріб має 6 зварних швів: №1 - кільцеве кутове з'єднання завдовжки $\pi D = \pi \cdot 19 = 59,7$ мм; №2 - кільцеве кутове з'єднання завдовжки $\pi D = \pi \cdot 28 = 87,97$ мм;

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

№3 - прямолінійне стикове з'єднання на обичайці завдовжки 410 мм;
 №4 - кільцеве кутове з'єднання завдовжки $\pi D = \pi \cdot 62 = 194,8$ мм; №5 - прямолінійне кутове з'єднання між конденсуючою пластиною та обичайкою завдовжки 342 мм;
 №6 - кільцеве стикове з'єднання завдовжки $\pi D = \pi \cdot 220 = 691,2$ мм;

В кінці даного розділу наводимо узагальнення проведеного аналізу у вигляді таблиці 1.7

Таблиця 1.7 – Зварні з'єднання [12]

№ шва	Кільк. швів	Тип шва	Тип з'єднання	Товщини, що зварюються, мм	Довжи на швів, мм	Доступність до зони зварювання	Конфігурація
1	1	кутовий	таврове	7; 3,5	59,7	Не обмежений	Кільцеве з'єднання
2	1	кутовий	таврове	7; 3,5	87,97	Не обмежений	Кільцеве з'єднання
3	1	стиковий	стикове	7; 7	410	Не обмежений	Прямолінійне з'єднання
4	2	кутовий	таврове	7; 6	194,8	Не обмежений	Кільцеве з'єднання
5	2	кутовий	таврове	7; 8	342	Обмежений	Прямолінійне з'єднання
6	2	кутовий	стикове	7; 7	691,2	Не обмежений	Кільцеве з'єднання

1.4 Вибір способу зварювання

При виборі оптимального способу зварювання враховують такі фактори як:

- товщина металу;
- хімічний склад матеріалу;
- доступність до зварювального з'єднання
- просторове положення, в якому будуть зварювати;

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- довжину зварюваних швів;
- продуктивність і якість зварювання;
- вимоги, пред'явлені до зварних з'єднань;
- програму випуску виробів і можливість механізації технологічного процесу, створення оптимальних умов роботи;
- для зварювання повздовжніх та кільцевих стикових швів рекомендують зварювання під флюсом, яке забезпечить заварювання всього перерізу стику за один прохід.
- для приварювання горловин, опори, патрубків, з'єднувальних скоб використовуємо напівавтоматичне дугове зварювання в середовищі захисного газу;

Враховуючі, що в даній конструкції використовується низьковуглецева хромонікелева нержавіюча сталь AISI 321, вибір способу зварювання проводимо, ґрунтуючись на складі, структурі та фізичних і хімічних властивостях зварювального матеріалу.

Сталь AISI 321 (титано-стабілізована аустенітна нержавіюча сталь) відноситься до низьковуглецевих легованих сталей аустенітного класу. Добре зварюється більшістю методів, головні способи: аргонодугове (TIG), напівавтоматичне (MIG/MAG) та ручне дугове (MMA) зварювання. Недоцільно зварювати даний матеріал такими способами за такими факторами:

- хімічний склад та фізичні властивості сплаву. Під цей фактор не підходить зварювання плавким електродом в активних газах MAG (metal active gas) через те що вуглекислий газ вступає із взаємодією з нержавійкою та утворює пористі зварні з'єднання.
- товщина зварювальних з'єднань, яка складає 3,5; 6; 7 та 8 мм. Під цей фактор нам не підходять: зварювання під флюсом SAW(submerged arc welding), зварювання електрошлаковим способом ESW(electroslag welding) та зварювання неплавким вольфрамовим електродом в середовищі інертних газах TIG (Tungsten Inert Gas). Дані способи не підходять по таким причинам: зварювання електрошлаковим способом ESW підходить для зварювання товщин від 10 мм;

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

зварювання не плавким вольфрамовим електродом в середовищі інертних газів TIG підходить для зварювання товщин до 3 мм.

– доступність до зварювального з'єднання. Під цей фактор нам не підходить: зварювання під флюсом SAW(submerged arc welding). Даний спосіб не підходить по такій причині: спосіб зварювання під флюсом SAW підходить для зварювання лише в нижньому положенні та не можливість зварювання у важко доступних місцях;

– ціна обладнання. Під цей фактор нам не підходять такі способи зварювання: плазмове зварювання PAW (plasma arc welding), лазерне зварювання LBW (laser beam welding) та електронно – променеве зварювання EBW (electron beam welding) нам не підходить так як дане обладнання складне та дороге.

Згідно перелічених способів, для зварювання конструкційної сталі AISI 321, переважними є такі способи:

– механізоване та автоматичне в Ar (MIG 131)

Проаналізувавши критерії для вибору способу зварювання, особливості зварюваної конструкції та її габаритно-масові показники, а також економічну доцільність, можна зробити висновок, що найбільш оптимальним варіантом буде вибір автоматичного зварювання в Ar.

Тепер обґрунтуємо вибраний спосіб зварювання.

Переваги автоматичного способу зварювання в Ar (MIG131) [13],[14],[15]:

- низька собівартість присадного металу;
- чудово підходить для механізованого (наприклад, з шасі) або роботизованого зварювання;
- легке підпалювання дуги;
- автоматизація забезпечує рівномірну швидкість і траєкторію, що гарантує ідеальну геометрію шва з мінімальними дефектами;
- продуктивність значно вища порівняно з ручним TIG-зварюванням або MMA завдяки безперервній подачі дроту;
 - можливість зварювання деталей з великим діапазоном товщин;
 - можливість зварювання в усіх позиціях;

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Недоліки автоматичного способу зварювання в Ar (MIG131):

- ціна газу;
- на відкритих ділянках або приміщеннях можуть виникнути проблеми зі зберіганням захисного газу;

Проаналізувавши всю інформацію по способам зварювання можна зробити такий висновок: Найкраще для нашого матеріалу, зварювальної конструкції та положення зварювання підходить зварювання плавким електродом в середовищі інертних захисних газів MIG131 (Metal Inert Gas).

1.5 Вибір зварювальних матеріалів

Для виготовлення фільтра-сепаратора пари застосовуємо зварювальні матеріали, які вибираються в залежності від хімічного складу основного металу виробу і вибраного способу зварювання та від умов експлуатації виготовленої конструкції. Даний спосіб вибираємо для всіх зварних з'єднань.

В даному випадку для захисту зварювальних з'єднань фільтра-сепаратора пари з титано-стабілізованої аустенітної нержавіючої сталі AISI 321 та враховуючі товщину зварювання краще використовувати для напівавтоматичного зварювання двокомпонентну суміш аргону 98% + 2% кисню детальніше наведено в таблиці 1.8

Таблиця 1.8 – Склад аргону за ДСТУ ISO 14175:2004 [16]

Ar, %	O ₂ , %
98	2

Кисень в даній суміші використовується для покращення текучості розплавленого металу, стабілізує дугу та мінімізує розбризкування. [17]

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автоматичне та механізоване зварювання плавким електродом в середовищі суміші аргону для швів з товщиною: №1 з товщиною 3,5 мм та 7 мм, №2 з товщиною 3,5 мм та 7 мм, №3 з товщиною 7 мм та 7 мм, №4 з товщиною 6 мм та 7 мм, №3 з товщиною 7 мм та 8 мм, №6 з товщиною 7 мм та 7 мм будемо виконувати за 2 проходи окрім зварювальних швів №1 та №2 – 1 прохід та вибираємо дрiт ER347Si за ДСТУ EN 14343-A. Цей дрiт легований ніобієм, який діє як стабілізатор структури. Хімічний склад дроту наведено в таблиці 1.9. При зварюванні нержавіючої сталі AISI 321 (легована титаном) ніобій запобігає «збідненню» шва на хром і захищає метал від небезпечної міжкристалітної корозії [30].

Таблиця 1.9 – Хімічний склад зварювального дроту ER347Si за ДСТУ EN 14343-A [19]

Марка дроту	C	Mn	Ni	Si	Mo	Cr	Cu	Nb	S	P
ER347Si	<0,08	від 1 до 2,5	від 9 до 11	від 0,3 до 0,65	До 0,03	від 19 до 21,5	< 0,75	від 1,2 до 1,5	< 0,03	< 0,03

1.6 Вибір типу з'єднань та підготовки крайок

При зварюванні фільтра-сепаратора пари наявні з'єднання стикові та кутові. Всі зварні з'єднання є кутовими окрім шва №3 та №6, вони є стиковими.

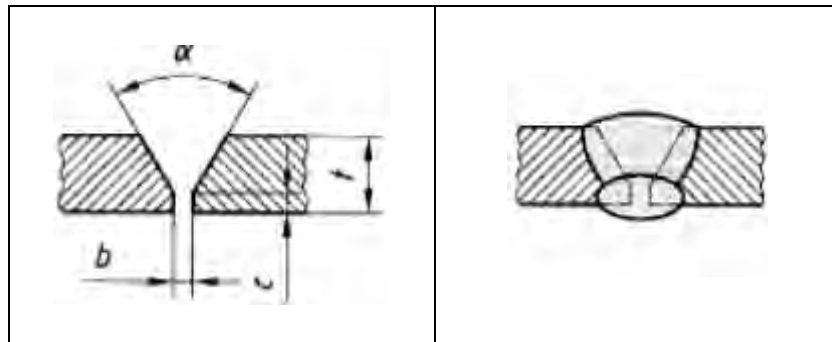
Фільтр-сепаратор пари має 6 зварних швів, параметри яких наведено в табл. 1.7. Шви №1, №2, №4, №5 виконуються горизонтально-вертикальному положенні, а шви №3, №6 виконуються в нижньому положенні [11. Шви №1, №2, №3, №4, №6 зварюються автоматичним способом плавким електродом в інертному газі та шов №5 зварюється напівавтоматичним способом плавким електродом в інертному газі.

Згідно ISO 9692 для односторонніх з'єднань знаходимо такі стандартні

					ЗВ21.09.00.000ПЗ					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						21

Для вибраного способу зварювання вибираємо з розробкою крайок та без підкладки для всіх швів. Типи та розробки зварних з'єднань для даного способу:

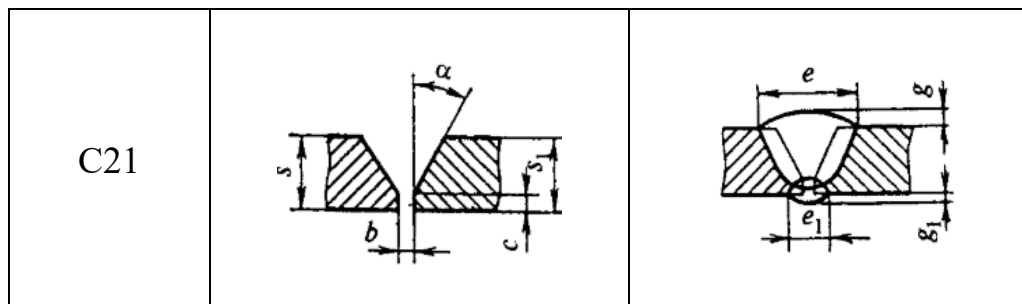
– Стикові односторонні з'єднання з розробкою крайок, кореневим проходом та без підкладки. Дана підготовка крайок стосується швів №3 та №6 за міжнародним стандартом ISO 9692-3.



$$t=7 \text{ мм}, b \leq 3 \text{ мм}, 2 \leq c \leq 4 \text{ мм}, \alpha=60^\circ$$

Рисунок 1.2 – Поперечний переріз зварного стикового з'єднання №3 та №6 за ISO 9692-3 [20]

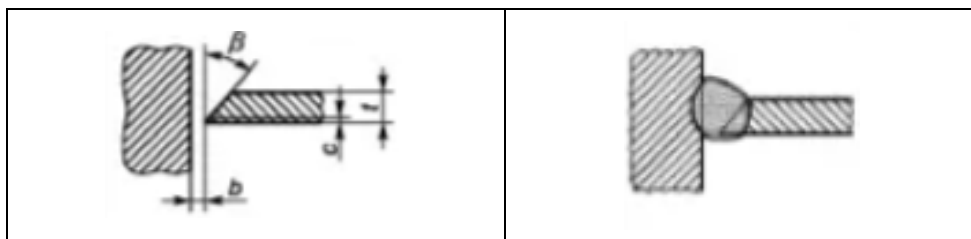
Більш деталізовано показаний тип шва в ДСТУ EN ISO 9692-1:2014



$$t=7 \text{ мм}, b=0^{+2}, \alpha=30^\circ, c=2 \text{ мм}, g=1^{\pm 1} \text{ мм}; e < 12^{\pm 2} \text{ мм}; e_1 < 8^{\pm 2} \text{ мм}; g_1 = 1^{+1}$$

Рисунок 1.3 – Поперечний переріз зварного стикового з'єднання за ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 [18]

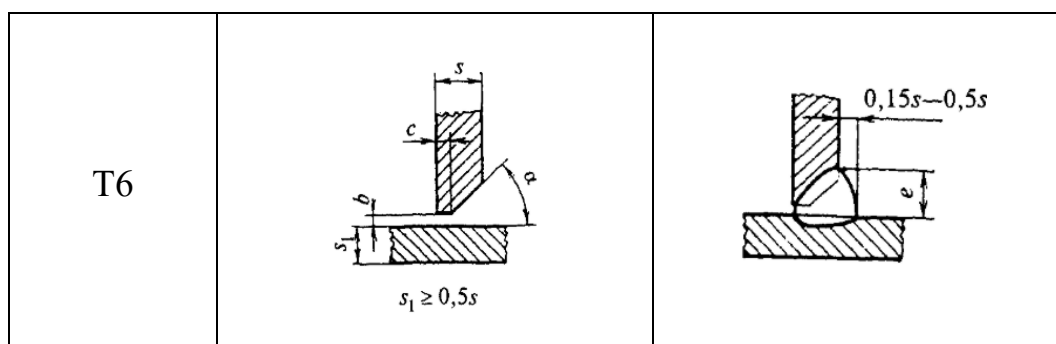
таврові односторонні з'єднання з розробкою крайок та без підкладки. Дана підготовка крайок стосується швів №1, №2 за міжнародним стандартом ISO 9692-2



$$t=7 \text{ мм}, 2 \leq b \leq 4 \text{ мм}, 1 \leq c \leq 2, \beta = 45^\circ$$

Рисунок 1.4 – Поперечний переріз зварного таврового з'єднання №1 та №2 за ISO 9692-2 [21]

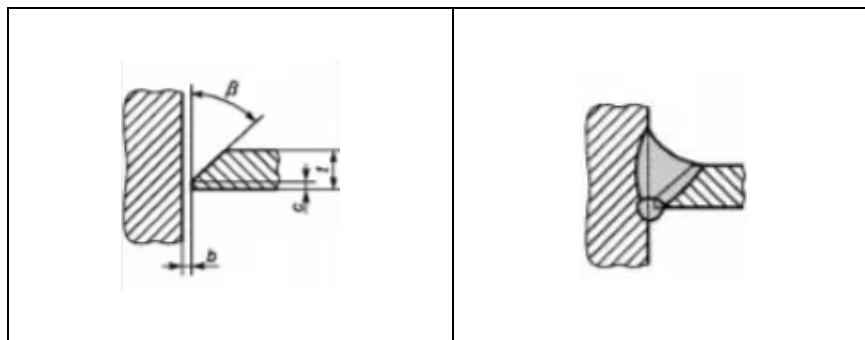
Більш деталізовано показаний тип шва в ДСТУ EN ISO 9692-1:2014



$$t=7 \text{ мм}, b=0^{+1}, \alpha=45^\circ, c=2 \text{ мм}, 1.05 \leq g \leq 3.5 \text{ мм}; e=8^{\pm 2} \text{ мм};$$

Рисунок 1.5 – Поперечний переріз зварного таврового з'єднання за ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 [18]

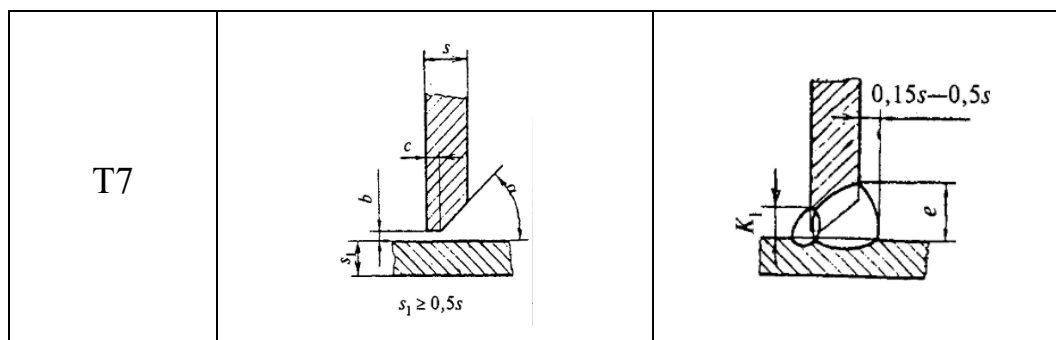
3) Таврові односторонні з'єднання з розробкою крайок, кореневим проходом та без підкладки. Дана підготовка крайок стосується швів №4, №5 за міжнародним стандартом ISO 9692-2.



$$t=7 \text{ мм}, b \leq 4 \text{ мм}, c \leq 2, \beta = 45^\circ$$

Рисунок 1.6 – Поперечний переріз зварних таврових з'єднань №4 та №5 за ISO 9692-2 [21]

Більш деталізовано показаний тип шва в ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 [18]



$$t = 7 \text{ мм}, b = 0^{+1}, \alpha = 45^\circ, c = 2 \text{ мм}, 1.05 \leq g \leq 3.5 \text{ мм}; e = 8^{\pm 2} \text{ мм}; K_1 = 6^{\pm 2} \text{ мм}$$

Рисунок 1.7 – Поперечний переріз зварного таврового з'єднання за ДСТУ EN ISO 9692-1:2014

1.7 Параметри режиму зварювання

Початкові дані для режиму зварювання:

– Для швів №1, №2:

1. Основний метал – AISI 321.
2. Зварювальний дріт – ER347Si.
3. Захисний газ – Ar.

4. Зварювання – автоматичне.
 5. Товщина металу, що зварюється – $t = 7$ мм; $t_1 = 3,5$ мм.
 6. Тип з'єднання – таврове.
 7. Положення шва – РВ.
 8. Тип шва по кількості проходів – однопрохідний.
 9. Форма і розміри підготовки крайок – наведені вище (рис. 1.4).
 10. Катет шва – $K = 3$ мм
- Для швів №3, №6:
1. Основний метал – AISI 321.
 2. Зварювальний дріт – ER347Si .
 3. Захисний газ – Ar.
 4. Зварювання – автоматичне.
 5. Товщина металу, що зварюється – $t = 7$ мм; $t_1 = 7$ мм.
 6. Тип з'єднання – стикове.
 7. Положення шва – РА.
 8. Тип шва по кількості проходів – двопрохідний.
 9. Форма і розміри підготовки крайок – наведені вище (рис. 1.2).
 10. Катет шва – $K = 7$ мм
- Для шва №4:
1. Основний метал – AISI 321
 2. Зварювальний дріт – ER347Si
 3. Захисний газ – Ar
 4. Зварювання – механізоване.
 5. Товщина металу, що зварюється – $t = 7$ мм; $t_1 = 6$ мм;
 6. Тип з'єднання – таврове.
 7. Положення шва – РВ.
 8. Тип шва по кількості проходів – двопрохідний
 9. Форма і розміри підготовки крайок – наведені вище (рис. 1.2).
 10. Катет шва – $K = 6$ мм

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 1.10 – Параметри режиму до всіх зварних з'єднань фільтра-сепаратора пари за ПИ 1.4.1555–85 [рис. 1.2]

№	N _п Звар.	Товщина стінок, мм	За- зор, мм	Кут розк- риття крайки , град	Діаметр дроту, мм	Нап- руга зварю- вання, В	Струм зварю- вання, А	Швидкість зварювання, м/год	Виліт елект- роду, мм
Для напівавтоматичного зварювання									
1	1	3,5; 7	від 0 до 2	- ; 45°	1,2	17	130	від 8 до 14	12 ± 2,4
2	1	3,5; 7	від 0 до 2	- ; 45°	1,2	17	130	від 8 до 14	12 ± 2,4
5	2	8 ; 7	від 0 до 2	- ; 45	1,2	18	150	від 8 до 14	12 ± 2,4
Для автоматичного зварювання									
3	2	7 ; 7	від 0 до 2	30°; 30°	1,6	26	200	від 8 до 14	16 ± 3,2
4	2	6 ; 7	від 0 до 2	- ; 45	1,6	26	200	від 8 до 14	16 ± 3,2
6	2	7 ; 7	від 0 до 2	30°; 30°	1,6	26	200	від 8 до 14	16 ± 3,2

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ ВИРОБУ

Фільтр-сепаратор пари (рис. 2.1) призначений для виділення крапельної вологи з водяної пари відразу на його виході з парогенератора. Основні умови роботи виробу – в основному має комбінований характер робочого навантаження: статичні, динамічні та температурні навантаження. Габаритні розміри конструкції: висота – 565 мм, діаметр – 220 мм, довжина з фланцями – 334 мм. Маса виробу – 30,4 кг. Фільтр-сепаратор пари складається із: штуцера 1 (1шт), днища 1 (1шт), штуцера 2 (1 шт.), днища 2 (1 шт.); обичайки (1 шт.); конденсуючої пластини (1 шт) та фланців (2 шт.).

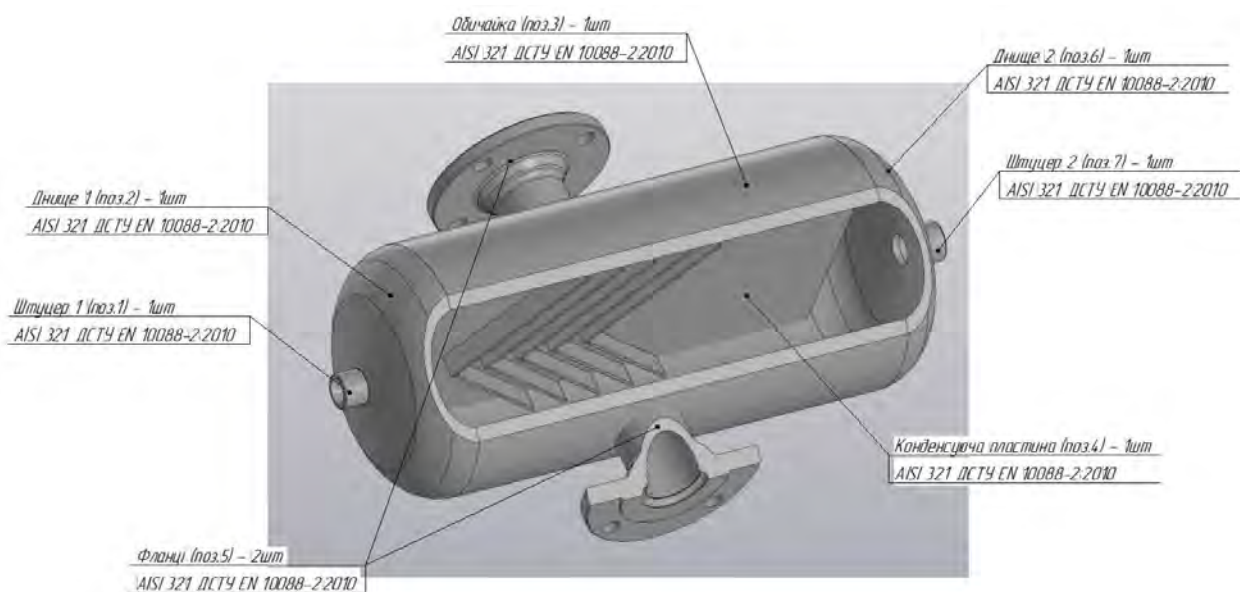


Рисунок 2.1 – Технологічне розчленування фільтра-сепаратора пари на складові деталі та зварні вузли (складальні одиниці)

2.1 Розроблення схеми технологічного процесу виготовлення зварного виробу

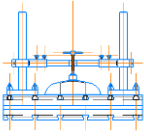
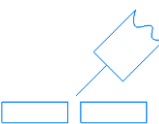
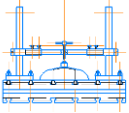
В схемі технологічного процесу виготовлення фільтра-сепаратора пари виконується за такою послідовністю [31]:

Таблиця 2.1 – Схема технологічного процесу кладання-зварювання

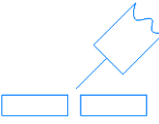
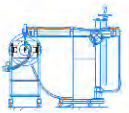
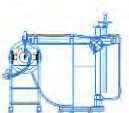
№	Назва операції	Ескіз	Назва переходів
005	Транспортна		Транспортувати листи нержавійки та заготовки на заготівельну ділянку. Для всіх транспортних операцій використовується колісний електричний візок ЕК-202.
010	Фрезерувальна		Обробити деталі з прес-заготовок по розмірам з креслень Центрувати по висоті.
015	Правильна		Правити листи на листопрямувальній машині W11F 4X1250
020	Транспортна		Транспортувати листи на ділянку розмітки та різання
025	Різальна		Різання листів болгаркою Mächtz MAG-12/1350 VS зі спеціальним різальним кругом по нержавійці Bosch Expert for Inox (125x1.0 мм)
030	Вальцювальна		Виготовити обичайку з заготовлених листів металу машиною ВАЕ-1.3
035	Контрольна		1.Перевірка розмірів після вальцювання згідно з ДСТУ 8540:15 2. Візуальна перевірка на наявність дефектів деталей згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017
040	Транспортна		Транспортувати готові деталі на зварювально-підготовчу ділянку
045	Підготовча		Знежирити поверхню та підготувати до зварювання
050	Транспортна		Транспортувати готові деталі на ділянку складання-зварювання

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Продовження таблиці 2.1

№	Назва операції	Ескіз	Назва переходів
055	Підготовча		Зачистити країки та зварювані поверхні днища 1 (поз. 2 - ЗВ21.09.01.000 СК) та штуцера 1 (поз. 1 - ЗВ21.09.01.000 СК) в місцях з'єднання, шабером.
060	Складальна		1. Встановити в складальний пристрій днище 1 (поз. 2-ЗВ21.09.01.000 СК) та штуцер 1 (поз. 1 - ЗВ21.09.01.000 СК) 2. Прихватити способом зварювання в захисних газах плавким електродом зварювання штуцер 1 (поз. 1 - ЗВ21.09.01.000 СК) до днища 1 (поз. 2 - ЗВ21.09.01.000 СК) в складальному пристрої
065	Контрольна		Проконтролювати якість прихватки шляхом візуального огляду згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017
070	Зварювальна		1. Встановити прихвачені деталі в установці для зварювання 2. Провести зварювання кільцевого кутового шва №2 напівавтоматичним способом зварювання в захисних газах плавким електродом за допомогою інвертора Migomat Ideal Mig 22 параметри зварювання див. WPS №002.
075	Контрольна		Проконтролювати якість зварного шва №2 шляхом візуального огляду згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017
080	Підготовча		Зачистити країки та зварювані поверхні днища 2 (поз. 6 - ЗВ21.09.01.000 СК) та штуцера 2 (поз. 7) в місцях з'єднання, шабером.
085	Складальна		1. Встановити в складальний пристрій днище 2 (поз. 6 - ЗВ21.09.01.000 СК) та штуцер 2 (поз. 7 - ЗВ21.09.01.000 СК) 2. Прихватити напівавтоматичним способом зварювання в захисних газах (поз. 7- ЗВ21.09.01.000 СК) до днища 2 (поз. 6- ЗВ21.09.01.000 СК) в складальному пристрої

Продовження таблиці 2.1

№	Назва операції	Ескіз	Назва переходів
090	Контрольна		Проконтролювати якість прихватки шляхом візуального огляду згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017
095	Зварювальна		1. Встановити прихвачені деталі в прилад для зварювання 2. Провести зварювання кільцевого кутового шва №1 напівавтоматичним способом зварювання в захисних газах плавким електродом за допомогою інвертора Migomat Ideal Mig 22, параметри зварювання див. WPS №001.
100	Контрольна		Проконтролювати якість зварного шва №2 шляхом візуального огляду згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017
105	Підготовча		Зачистити крайки та зварювані поверхні обичайки (поз. 3-3B21.09.01.000 СК) в місцях з'єднання шабером.
110	Складальна		1. Встановити в складальний пристрій обичайку (поз. 3-3B21.09.01.000 СК) 2. Прихватити напівавтоматичним способом зварювання в захисних газах плавким електродом торці обичайки (поз. 3-3B21.09.01.000 СК) в складальному пристрої
115	Контрольна		Проконтролювати якість прихватки шляхом візуального огляду згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017
120	Зварювальна		1. Встановити прихвачені деталі в прилад для зварювання (3B21.09.04.000 ВЗ) 2. Провести зварювання стикового шва №3 напівавтоматичним способом зварювання в захисних газах плавким електродом, параметри зварювання див. WPS №003
125	Контрольна		Проконтролювати якість зварного шва №3 шляхом візуального огляду згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017

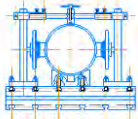
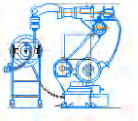
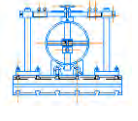
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3B21.09.00.000ПЗ

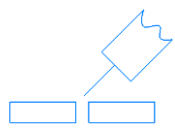
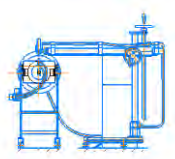
Арк.

30

Продовження таблиці 2.1

№	Назва операції	Ескіз	Назва переходів
130	Складальна		1. Встановити в складальний пристрій (ЗВ21.09.03.000 ВЗ) обичайку (поз. 3 - ЗВ21.09.01.000 СК) та фланці (поз. 5 - ЗВ21.09.01.000 СК) 2. Прихватити напівавтоматичним способом зварювання в захисних газах плавким електродом фланці (поз. 5 - ЗВ21.09.01.000 СК) до обичайки (поз. 3 - ЗВ21.09.01.000 СК) в складальному пристрої
135	Контрольна		Проконтролювати якість прихватки шляхом візуального огляду згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017
140	Зварювальна		1. Встановити прихвачені обичайку (поз. 3 - ЗВ21.09.01.000 СК) та фланці (поз. 5 - ЗВ21.09.01.000 СК) в пристрій для зварювання (ЗВ21.09.05.000 ВЗ) 2. Провести зварювання кільцевого кутового шва №4 автоматичним способом зварювання в захисних газах плавким електродом параметри зварювання див. WPS №004
145	Контрольна		Проконтролювати якість зварного шва №4 шляхом візуального огляду згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017
150	Складальна		1. Встановити в складальний пристрій обичайку (поз. 3 - ЗВ21.09.01.000 СК) та конденсуючу пластину в саму обичайку (поз. 4 - ЗВ21.09.01.000 СК) 2. Прихватити напівавтоматичним способом зварювання в захисних газах плавким електродом пластину і обичайку (поз. 6 - ЗВ21.09.01.000 СК) в складальному пристрої

Продовження таблиці 2.1

№	Назва операції	Ескіз	Назва переходів
155	Контрольна		Проконтролювати якість прихватки шляхом візуального огляду згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017
160	Зварювальна		1. Встановити прихвачені обичайку (поз. 3 - ЗВ21.09.01.000 СК) та конденсуючу пластину (п.4 - ЗВ1 21.09.01.000 СК) в пристрій для зварювання (ЗВ21.09.03.000 ВЗ) 2. Провести зварювання кутового шва №5 напівавтоматичним способом зварювання в захисних газах плавким електродом, параметри зварювання див. WPS №005
165	Контрольна		Проконтролювати якість зварного шва №5 шляхом візуального огляду згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017
170	Складальна		1. Встановити в складальний пристрій вузли 1 , 2 та 3 2. Прихватити напівавтоматичним способом зварювання в захисних газах плавким електродом вузли 1 та 2 до вузла 3 в складальному пристрої
175	Контрольна		Проконтролювати якість прихватки шляхом візуального огляду згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017
180	Зварювальна		1. Встановити прихвачені вузли 1 , 2 та 3 в пристрій для зварювання (ЗВ21.09.04.000 ВЗ) 2. Провести зварювання кільцевого стикового шва №6 автоматичним способом зварювання в захисних газах плавким електродом параметри зварювання див. WPS №006
185	Контрольна		Проконтролювати якість зварного шва №6 шляхом візуального огляду згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017

Кінець таблиці 2.1

№	Назва операції	Ескіз	Назва переходів
190	Контрольна		Проконтролювати якість всіх зварних швів шляхом радіаційного методу контролю згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017
195	Калібрувальна		Калібрувати різьби на штуцерах
200	Контрольна		Проконтролювати якість калібровки шляхом граничних різьбових калібрів згідно з ДСТУ ISO 1502:2006
205	Контрольна		Остаточний контроль всього виробу. Перевірити стан зовнішньої поверхні фільтра - сепаратора пари на відсутність механічних пошкоджень
210	Випробувальна		Опресувати водою на 1.5Р МПа При виявленні падіння тиску в області швів виріб потрапляє до відбракованої продукції.
215	Транспортна		Транспортування виробу на склад готової продукції.

Поетапна послідовність складання-зварювання фільтра-сепаратора пари:

Складання-зварювання фільтр-сепаратора пари

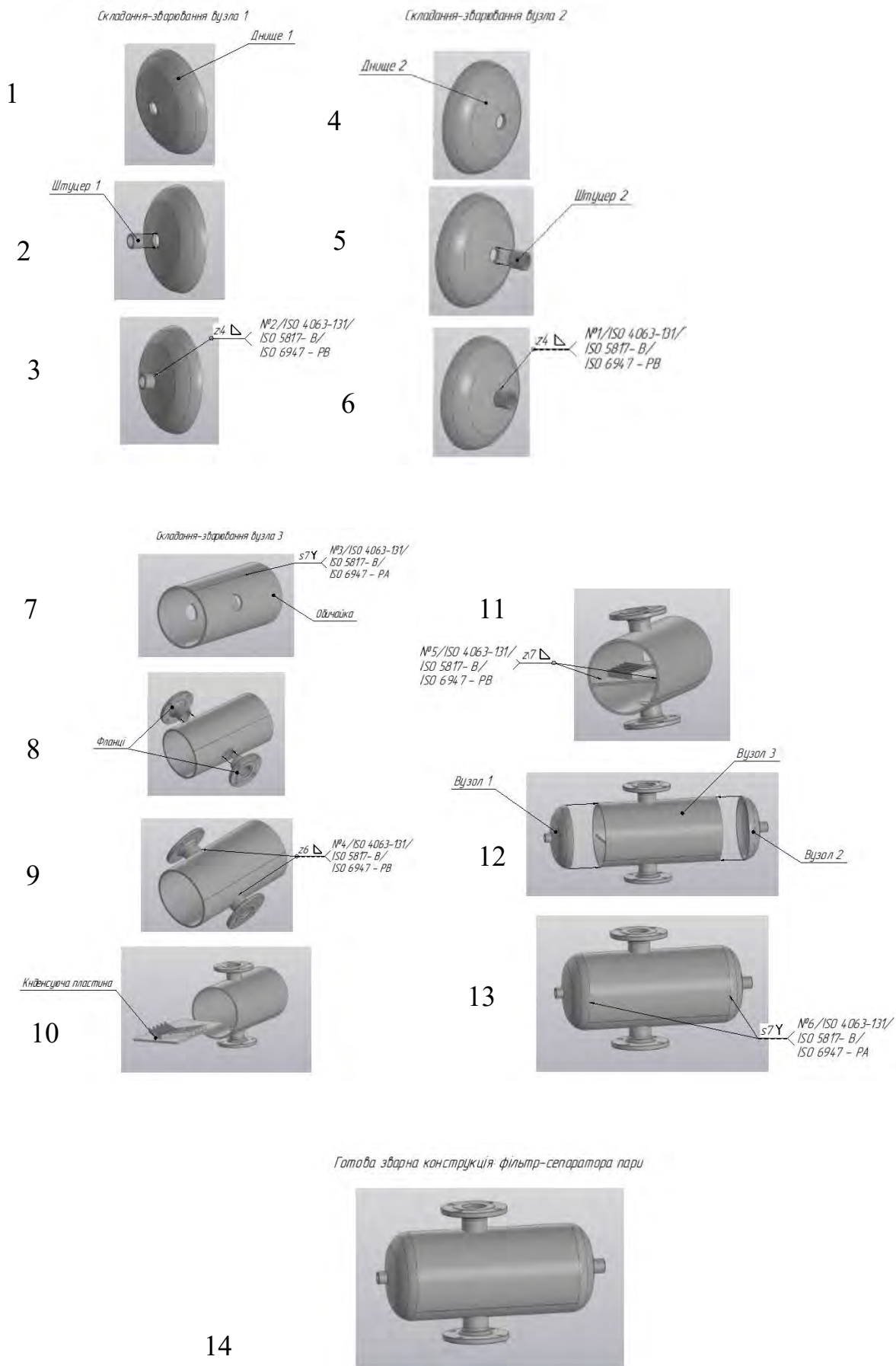


Рисунок 2.2 – Фільтр-сепаратор пари

					3В21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

2.2 Вибір складально – зварювального устаткування

Для гарантування якісних технологічних характеристик зварних з'єднань, оснастка повинна забезпечувати: необхідну точність геометричних розмірів при складанні конструктивних елементів виробу та відповідний рівень фіксації з оптимізуванням механізації складально-зварювальних робіт.

Складально-зварювальна оснастка повинна забезпечувати:

- можливість зварювання у необхідному положенні [33];
- точність складання в межах, які визначаються відповідними допусками креслень;
- вільний доступ до місця зварювання;
- надійне закріплення зварного виробу;
- зниження зварювальних деформацій і напружень у зварювальному вузлі;
- необхідна міцність та жорсткість конструктивних елементів та пристроїв;
- виключення можливості заклинювання притискних механізмів під дією зварювальних деформацій;
- вільне знімання зварювального виробу з пристрою.

Згідно з вихідними даними виріб складається з штуцера 1, штуцера 2, днища 1, днища 2, обичайки, конденсуючої пластини та з двох фланців. Відстань між конденсуючою пластиною та обичайкою повинна бути витримана із заданою точністю. Вісі між зварними вузлами та деталями у вузлах повинні співпадати.

Етап 1 Виконання технічних вимог щодо дотримання послідовності складання та точності складання виробу можливо при використанні складального пристрою. Крім того, для точного складання потрібний прилад для фіксації деталей для забезпечення правильного з'єднання за розмірами.

Етап 2 На рис. 2.3 приведений варіант складального пристрою. Для фіксації фільтра-сепаратора пари, а точніше обичайки, конденсуючої пластини та фланців, в необхідному положенні при зварюванні прийнято використовувати компонування до зварювальної установки рис. 2.4 та рис. 2.5.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

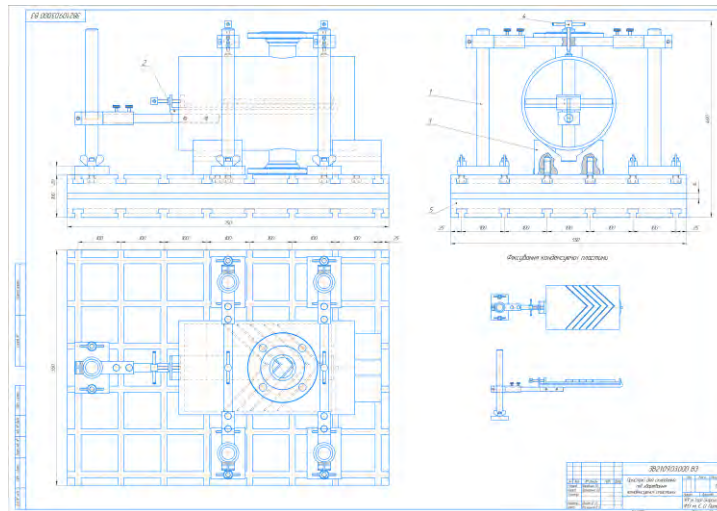


Рисунок 2.3 – Пристрій для складання під зварювання конденсуючої пластини

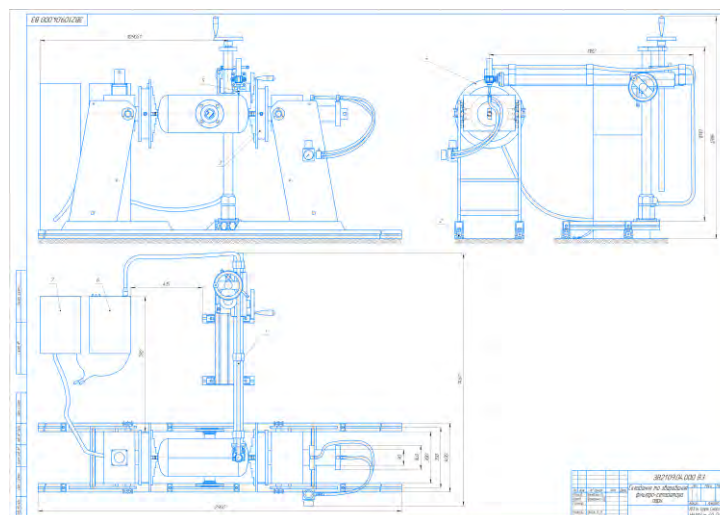


Рисунок 2.4 – Установка для складання та зварювання фільтра-сепаратора пари

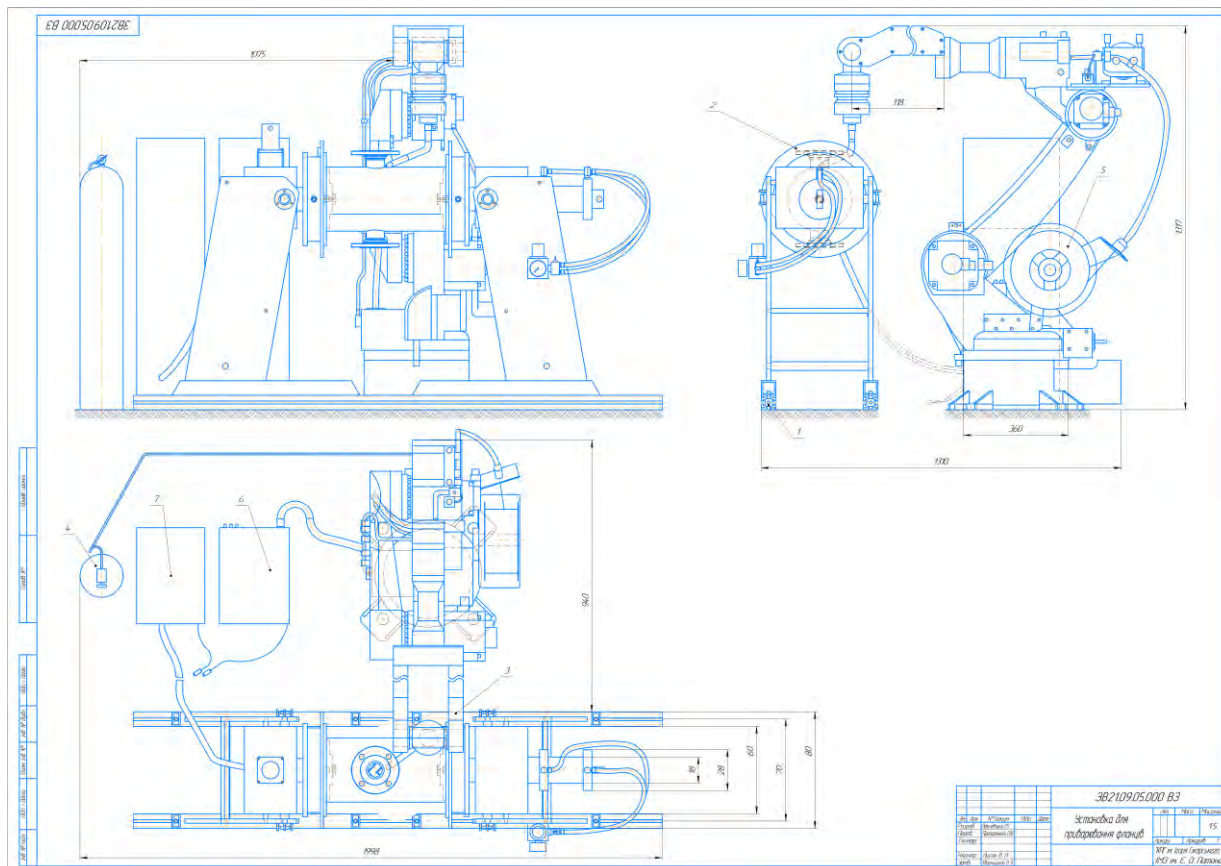


Рисунок 2.5 – Установка для приварювання фланців фільтра-сепаратора пари

2.3 Вибір виробничих технологій та вибір устаткування заготівельного та зварювального виробництва для виготовлення сферичного балону

Перед обробкою і різанням прокат має пройти операцію правлення, адже при транспортуванні і зберіганні прокату його геометрична форма могла дещо змінитися, що у майбутньому може сказатися на якості виробу. Для правлення будемо використовувати листопрокатну машину W11F 4X1250. Машину зображено на рис.2.6.



Рисунок 2.6 – Листопрокатна машина W11F 4X1250 [23]

Деталі днище 1 та днище 2 виготовляються за допомогою штампування та доставляються вже готові заготовки під днища, заготовки обробляють на ЧПК. Візьмемо для цих цілей фрезерний верстат з ЧПК «Яструб 1212-250». ЧПК зображений на рис.2.7.



Рисунок 2.7 – Фрезерний верстат з ЧПК «Яструб 1212-250» [24]

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Не менш важливим перед початком оброблення прокату з подальшим виготовленням з нього деталей є очистка, тобто видалення з поверхні прокату залишків мастила і інших забруднень. Для цього ми будемо використовувати велику дробометальну камеру КД-1600. Оскільки металевий напівфабрикат, деталі і сам виріб мають відносно невеликі габаритні розміри, для їх транспортування між ділянками виробництва буде достатньо використання колісного електричного візка ЕК- 202. Для підймання і завантаження вантажів на візок будемо використовувати мостовий кран.

Для різання листів нержавійки використовується болгарка Mächtz MAG-12/1350 VS (рис. 2.8), для різання використовувався різальний диск Bosch Expert for Inox (125x1.0 мм) (рис. 2.9).



Болгарка Mächtz MAG-12/1350 VS

Рисунок 2.8 – Болгарка Mächtz MAG-12/1350 VS [25]



Рисунок 2.9 – Круг відрізний Bosch Expert for Inox (125x1.0 мм) [26]

					3В21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Для створення обичайки використовують вальцювальну машину ВАЕ-1.3 (рис. 2.10)



Рисунок 2.10 – Вальцювальна машина ВАЕ-1.3 [27]

Для складання та зварювання використовують таке обладнання:

1. Плита монтажна із т-пазами та з пристосуванням під складання - зварювання (рис. 2.11)

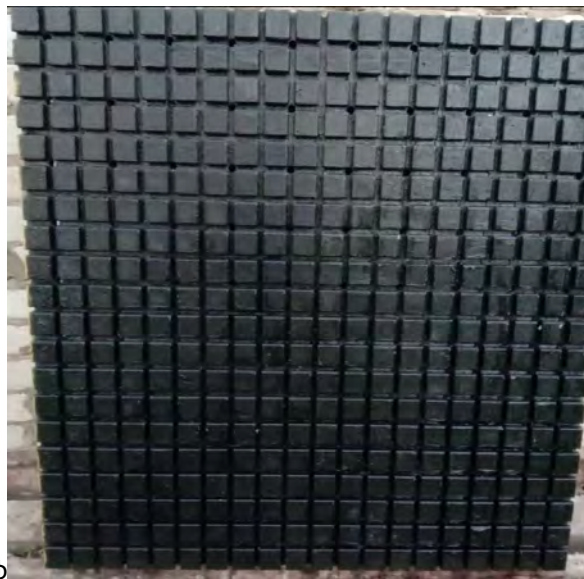


Рисунок 2.11 – Плита монтажна із т-пазами [28]

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

2 Позиціонер передньої та задньої бабок HTS (рис. 2.12) [31]

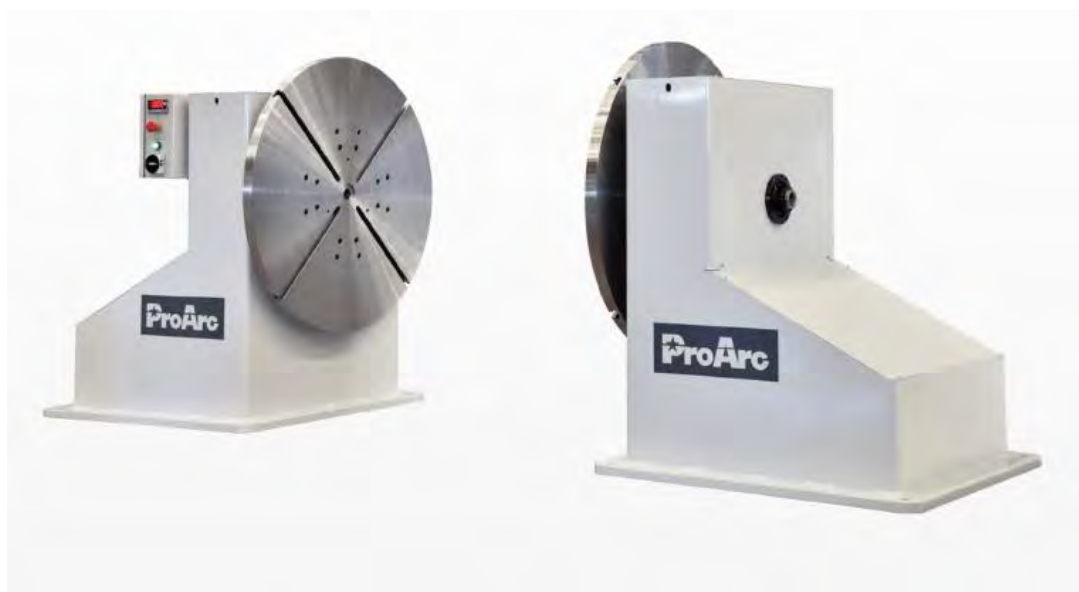


Рисунок 2.12 – Позиціонер передньої та задньої бабок HTS [29]

3 Обрані опора для пальника (рис. 2.13) та утримувач (рис. 2.14) від фірми MERKLE.



Рисунок 2.13 – Опора для пальника [32]

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

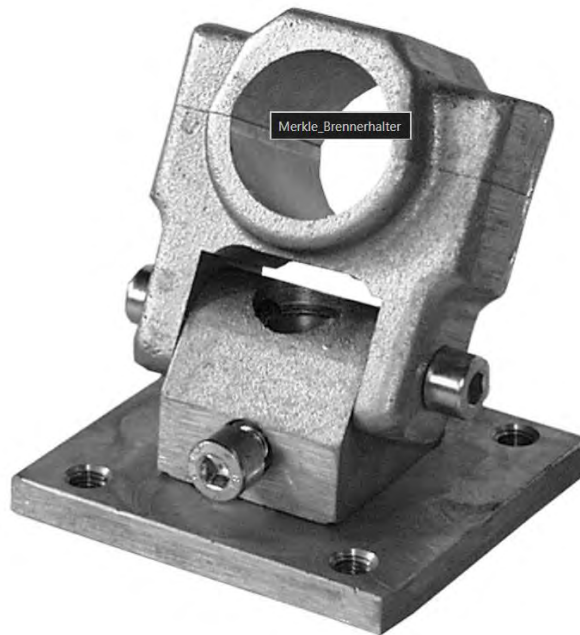


Рисунок 2.14 – Утримувач для пальника [32]

4 Робот для зварювання YOOHEART 7 Axis Robotic Welding Workstation (рис. 2.15).



Рисунок 2.15 – Робот для зварювання YOOHEART 7 Axis Robotic Welding Workstation [34]

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

2.4 Обладнання для зварювання конструкції

В даній конструкції було обрано способи : автоматичне та напіваавтоматичне зварювання плавким електродом в інертному газі MIG 131. Тому що в нашій конструкції використовується хромонікелева нержавіюча сталь товщиною від 3,5 до 8 мм зварювальник деталей. Джерело живлення вибираємо по параметрам згідно з таблиці 1.10. Тому для автоматичного плавким електродом в суміші інертному газі, було обрано професійний зварювальний інверторний напіваавтомат MIGOMAT IDEAL MIG 220. Детальніше: (рис.2.16).



Рисунок 2.16 – Зварювальний інвертор Migomat Ideal Mig 220 [22]

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Режими роботи або ключові функції Migomat Ideal Mig 220:

1. Режим напіваавтоматичного зварювання у середовищі захисних газів (вуглекислий газ, аргон, суміші),
2. Режим роботи без газу з використанням порошкового дроту,
3. Ручне електродугове зварювання (ММА) із застосуванням покритих електродів,
4. Захист від перегріву, короткого замикання та стрибків напруги,
5. Мікропроцесорне управління для точних налаштувань. Характеристики інвентора вказані в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Характеристики інвентора Migomat Ideal Mig 220

Клас апарату	Побутовий, напівпрофесійний.
Напруга живлення	від 190 до 240 В
Частота струму	від 50 до 60 Гц
Номінальний зварювальний струм	200 А
Діапазон напруги	від 15 до 30,2 В
Діапазон струму	від 20-310 А
Діаметр дроту	від 0,6 до 1,0 мм
Діаметр електрода	від 1,6 до 4,0 мм
Швидкість подачі дроту	від 1,5 до 16 м/хв
Кількість пар роликів	5,5 кВт
Максимальна потужність	5,5 кВт
ККД	85%
Режими зварювання	MIG, ММА.
Робочий цикл	60%.

3 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕНОГО ЗВАРНОГО ВИРОБУ

Фільтр-сепаратор пари є відповідальною конструкцією по таким факторам: хімічний склад виробу, габаритні розміри та призначення виробу. Для перевірки швів даної конструкції застосовують два контролю: візуальний контроль згідно з ДСТУ EN ISO 17637:2017 та радіаційний контроль, який буде виконаний рентгенографічним методом контролю. Якщо при обстеженні швів виявляють недопустимі дефекти, як пори та тріщини, і якщо їх можна виправити, то з'єднання зрізають по лінії стику, заново обробляють механічним методом і заварюють стики по новій. Виправляти кожен шов можна тільки один раз. Якщо дефекти не можна виправити чи виправлялося двічі і виявили знову дефекти в шві, то конструкція відправляється на склад браку.

Для контролю використовують таке обладнання:

- для візуального контролю використовують: VT-1 набір інструментів візуально-вимірювального контролю (рис. 3.1.)



Рисунок 3.1 – Набір для візуально-оптичного контролю
NOVOTEST VT-1 [35]

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

- для рентген-контролю використовують : рентгенівський апарат РАП-М (рис. 3.2)

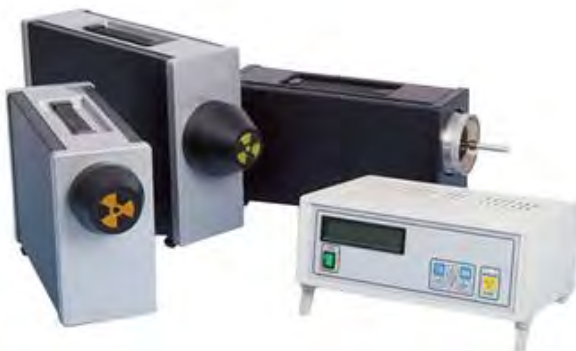


Рисунок 3.2 – Рентгенівський апарат РАП-М [36]

Так як фільтр-сепаратор пари буде перебувати під статичними навантаженнями та короточасними динамічними навантаженнями, високі постійні температури та вібрації то приймаємо такі допустимі розміри дефектів до всіх швів:

Вихідні дані:

Дана конструкція підпадає до категорії – В (ISO 5817)

Товщина кожної пластини: $t = 3,5 \text{ мм}$; $t = 6 \text{ мм}$; $t = 7 \text{ мм}$; $t = 8 \text{ мм}$

Шви виконуються: ДСТУ ISO 4063-131/PB (шви: №1, №2, №4, №5) всі інші за ДСТУ ISO 4063-131/PA (шви: №3, №6).

Допустимі розміри по зовнішнім дефектам швів вказано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Допустимі розміри зовнішніх дефектів за EN ISO 5817:2003 [37]

№ п/п	Індекс за ISO 6520-1	Найменування дефектів	t, мм	Допустимі розміри дефектів для оціночних груп
1.1	100	Тріщини	$t \geq 0,5$	Недопуск
1.2	104	Кратерні тріщини	$t \geq 0,5$	Недопуск
1.3	2017	Поверхневі пори	від 0,5 до 3,0	Недопуск

					3В21.09.00.000ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			46

Продовження таблиці 3.

1.4	2025	Кратерна лунка на поверхні	від 0,5 до 3,0	Недопуск
1.5	401	Несплавлення (не повне проплавлення)	$t \geq 0,5$	Недопуск
		Мікронесплавлення	$t \geq 0,5$	Недопуск
1.6	4021	Недостатнє проплавлення кореневого шва	$t \geq 0,5$	Недопуск
1.7	5011	Підріз безперервний	від 0,5 до 3,0	Недопуск
1.8	5013	Підрізи в корені шва	від 0,5 до 3,0	Недопуск
1.9	502	Перевищення посилення стикового шва	$t \geq 0,5$	$h \ 1\text{мм}+0,1b$, але не більше 5 мм
1.11	505	Різкий (крутий) перехід від зварного шва	$t \geq 0,5$	$\alpha \geq 150^\circ$
1.12	506	Наплив на основний метал	$t \geq 0,5$	Недопуск
1.13	510	Пропал (наскрізний)	$t \geq 0,5$	Недопуск
1.14	515	Ввігнутість («утяжина») кореня шва	від 0,5 до 3,0	Недопуск
1.15	516	Пористість у корені зварного шва	$t \geq 0,5$	Недопуск
1.16	517	Дефект у місці поновлення зварювання (нерівність)	$t \geq 0,5$	Недопуск
1.17	602	Зварювальні бризки	$t \geq 0,5$	Недопуск

Таблиця 3.2 – Допустимі розміри внутрішніх дефектів за EN ISO 5817:2003[37]

№ п/п	Індекс по ISO 6520-1	Найменування дефектів	t, мм	Допустимі розміри дефектів для оціночних груп
2.1	100	Тріщини	$t \geq 0,5$	Недопуск
2.2	1001	Мікротріщини	$t \geq 0,5$	Допустимість залежить від виду основного металу, схильності його до утворення тріщин
2.3	2011 2012	Пори Пористість (рівномірно розподілена)	1) $t \geq 0,5$	Одношарові 1,0%
			2) $t \geq 0,5$	1,0%
			3) $t \geq 0,5$	0,2S але не більше 3 мм; 0,2a але не більше 3 мм
2.4	2013	Скупчення пор	1) $t \geq 0,5$	—
			2) $t \geq 0,5$	0,2S але не більше 2 мм; 0,2a але не більше 2 мм
2.5	2014	Ланцюжок пор	1) $t \geq 0,5$	Одношарові Багатошарові
			2) $t \geq 0,5$	—
			3) $t \geq 0,5$	0,2S але не більше 2 мм; 0,2a але не більше 2 мм
2.6	2015 2016	Газовий канал, подовжена(червяко подібна) пора	$t \geq 0,5$	0,2a; але не більше 2 мм; але не більше 25 мм
2.7	202	Усадкова раковина	$t \geq 0,5$	Недопуск
2.8	2024	Усадкова раковина в кінці валика зварного шва	$t \geq 0,5$	Недопуск
2.12	401 4011 4012 4013	Несплавлення(відсутність з'єднання); несплавлення з крайкою по боковій стороні; несплавлення між валиками; несплавлення в корені шва	$t \geq 0,5$	Недопуск

4 ПРОЄКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ ЦЕХУ

Проектування ділянки цеху залежить від габаритних розмірів конструкції та типу виробництва. В нашому випадку фільтр-сепаратор пари має не великі габаритні розміри, а тип виробництва середньо серійне, тому для виготовлення даної конструкції треба достатньо не велику площу цеху. На рис. 4.1. зображені ділянка складання та зварювання. Розміри вибраних прольотів вказані в таблиці

Таблиця 4.1 – Розміри прольотів

Ширина прольоту впрл, м	Висота цеху до нижнього поясу ферм, м
30	5

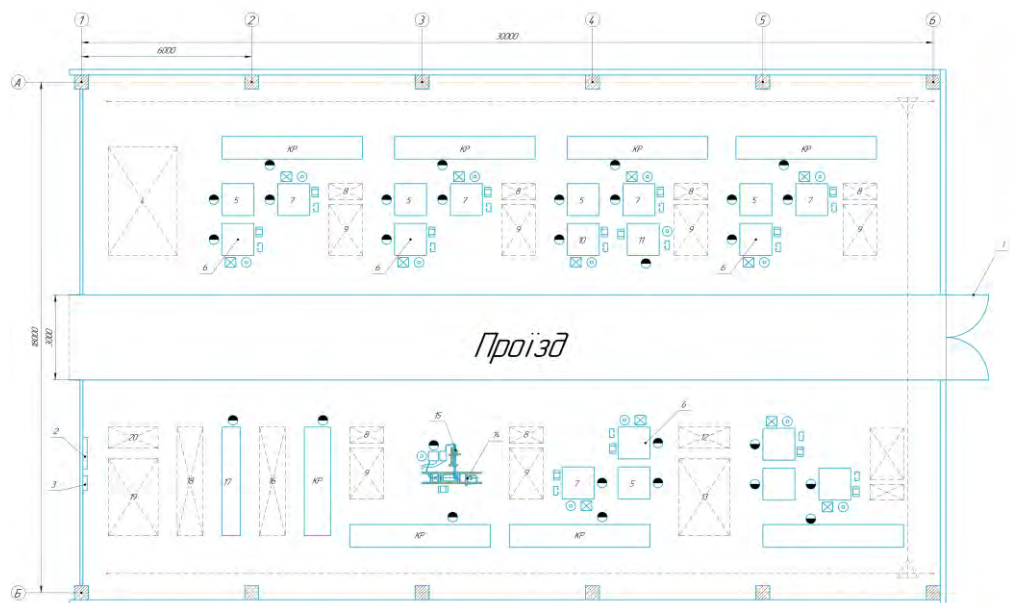


Рисунок 4.1 – План ділянки цеху

На рис.4.1 позначені такі технологічні одиниці обладнання:

1. Ворота.
2. Пожежний щит.
3. Аптечка.
4. Склад протравлених та готових деталей до складання-зварювання.
5. Стіл для шабріння деталей перед зварюванням.

6. Установка для складання фільтра сепаратора пари.
7. Пристосування для зварювання вузлів конструкції.
8. Склад бракованих зварних вузлів.
9. Склад перевірених та готових до наступного етапу складання-зварювання зварних виробів.
10. Пристосування для складання та прихоплення вузла 2 конструкції.
11. Стенд для складання та зварювання обичайок ED15H10.
12. Проміжний склад браку.
13. Проміжний склад перевірених та готових до наступного етапу складання-зварювання зварних виробів.
14. Двостояковий горизонтальний обертач Тур R.
15. Опора з утримувачем для пальника.
16. Склад проконтрольованих фільтрів сепаратора пари.
17. Дільниця виробування.
18. Склад випробуваних фільтрів сепаратора пари.
19. Склад готової продукції.
20. Склад відбракованої продукції.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ

Стартап-проект передбачає собою розробку та впровадження технології складання та роботизованого зварювання промислового фільтра-сепаратора пари. Оскільки важливим аспектом промисловості будь-якого напрямку є забезпечення енергоефективності, безпеки та надійності роботи технологічного обладнання. Для забезпечення таких умов, в першу чергу, потрібно відслідковувати якість промислової пари та видаляти з неї вологу й конденсаційні домішки на виробничих ділянках, саме для цього потрібні ефективні вологовдділювачі, саме це і розробляється.

Сепаратор пари із корозійно-стійкої сталі здебільшого може потребуватись хімічною промисловістю, харчовою промисловістю, медичними установами, фармакологічними підприємствами та ін. Але використовуватись сепаратор пари може тільки у пароконденсатних системах та трубопроводах, як спеціалізоване обладнання.

Промисловий сепаратор пари із корозійно-стійкої сталі знижує затрати на ремонт та заміни, так як корозійно-стійка сталь AISI 321 менш схильна до корозії в агресивних середовищах гарячої пари, та запобігає гідроударам і ерозії трубопровідної арматури. Також промисловий сепаратор пари з вищевказаної сталі може використовуватись на важких підприємствах з високими навантаженнями та тиском у ході виробництва, наприклад: у машинобудуванні та металургійній промисловості, так як на таких типах підприємств потрібна підвищена стійкість обладнання до високих температур та стирання швидкісними потоками рідини. Використання сталі AISI 321 для виготовлення промислових сепараторів пари 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, а також підвищується ККД усієї парової системи.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На ринку існує мало подібних конструкцій з подібного матеріалу. Для виробництва сепараторів пари здебільшого використовують звичайні вуглецеві сталі або чавун. Використання звичайної сталі передбачає подальші технологічні операції, як складне внутрішнє та зовнішнє захисне оброблення поверхні, а використання тонколистових або крихких матеріалів не забезпечує достатньої жорсткості, безпеки та стійкості під час роботи під високим тиском на вищевказаних промислових об'єктах, а також має суворі обмеження щодо максимального робочого тиску та діаметрів приєднувальних патрубків.

5.1 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. 5.1) формують цілісне бачення концепції стартапу та її ринкової спрямованості.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проєкту [38]

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка технології складання і роботизованого зварювання промислового фільтра-сепаратора пари, що забезпечить надійне функціонування в різних агресивних середовищах та відповідає вимогам важкої, хімічної та харчової промисловості	1 Хімічна промисловість	1 Стійкість до агресивних середовищ гарячої пари, надійність, міцність, довговічність
	2 Металургійні заводи	2 Міцність, стійкість до ерозії, стійкість до корозії в конденсаті, надійність

Продовження таблиці 5.1

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
	3 Харчові підприємства	3 Відповідність санітарним нормам (сталь AISI 321), стійкість до корозії, довговічність

5.2 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 парових систем від накипу та шламу, а також інші операції.

Довговічність. Стійкість виготовлюваного обладнання до впливів зовнішнього та внутрішнього середовища (агресивна насичена пара та конденсат, швидкісне ерозійне зношення, механічні навантаження, гідроудари та високий тиск), а також строк служби зварних з'єднань.

Ергономічність та технологічна стабільність. Забезпечує надійне й безпечне функціонування парових магістралей у промислових зонах, на харчових та медичних об'єктах. Якісна сепарація пари гарантує подачу сухого теплоносія, що критично для точного дотримання температурних режимів.

					3B21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Екологічність. Промисловий фільтр-сепаратор пари виготовляється з нержавіючої сталі AISI 321. Рівень впливу на довкілля під час експлуатації є нульовим; обладнання, що вийшло з ладу, може бути повністю утилізоване (переплавлене).

Безпека. Сепаратор пари, виготовлений з нержавіючої сталі, витримує значні стрибки тиску, упереджує руйнівні гідроудари та може використовуватись весь строк експлуатації без загрози для здоров'я чи життя персоналу за умови правильного обслуговування пароконденсатної системи.

Аналіз учасників ринку:

Промислові сепаратори пари та елементи пароконденсатних систем на ринку України постачає або виробляє низка компаній, які є конкурентами при впровадженні нового продукту :

- ТОВ «ТЕПЛОТЕРМ» — це провідний вітчизняний виробник та постачальник обладнання для промислових парових і водогрійних котелень, який самостійно виготовляє високоефективні сепаратори пари відцентрового типу серії СП-25.
- ТОВ «ОПЕКС ЕНЕРГОСИСТЕМИ» — вітчизняний виробник та постачальник теплообмінного й парового обладнання, орієнтований на промисловий сектор та індивідуальні інженерні рішення.
- ТОВ «МАШЗАВОД» — спеціалізується на виготовленні промислових сепараторів великого діаметра (від 200 до 3000 мм), включаючи газосепаратори та факельне обладнання.

Отже, вище наведено кілька українських компаній, які займаються виготовленням, збутом, обслуговуванням фільтрів-сепараторів пари, коротке порівняння наведене в таблиці 5.2, що дасть більш доступне порівняння існуючих компаній та розроблюваного стартап-проекту [39].

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проєкту [40, 41]

№ п/п	Характеристика	Проект	«Тепло- терм»	«Опекс енергосистеми»	«Маш- завод»	W	N	S
1	Експлуатаційні затрати	Низькі	Середні	Висока	Середні	-	-	+
2	Довговічність	Висока	Висока	Середня	Висока	-	-	+
3	Ергономічність	Висока	Висока	Середня	Висока	+	+	-
4	Екологічність	Висока	Висока	Середня	Висока	-	+	-
5	Безпека	Середня	Висока	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.

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

У цьому підрозділі слід детально описати та охарактеризувати технології, які дозволяють реалізувати ідею проєкту – виготовлення промислового фільтра-сепаратора пари 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. 5.3):

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно з ідеєю проєкту?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити?
- чи доступні такі технології авторам проєкту?

Таблиця 5.3 – Технологічна можливість здійснити ідею проєкту

№ п/п	Опис ідеї проєкту	Технологія реалізації ідеї проєкту	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Виготовлення промислового сепаратора пари корозійностійкої сталі AISI 321	Автоматичне роботизоване зварювання в суміші газів MIG(131)	Технологія доступна, та достатньо поширена у виробництві	Автори проєкту мають доступ до обладнання та досвід його використання

Продовження таблиці 5.2

№ п/п	Опис ідеї проекту	Технологія реалізації ідеї проекту	Наявність технологій	Доступність технологій
2	Альтернатива: Використання автоматичного TIG - зварювання	Використання автоматизованог о способу зварювання TIG (141)	Технологія доступна при невеликому переобладнанн і зварювального устаткування	Автори мають доступ до цієї технології, досвід икористання, але значно вищі затрати на виробництво
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 фільтра-сепаратора пари із нержавіючої сталі AISI 321, з використанням зварювальної ЧПК установки YOOHEART 7 Axis Robotic Welding Workstation.

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.

5.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

Сучасний розвиток промислового виробництва, впровадження жорстких екологічних стандартів та стрімке зростання вартості енергоресурсів вимагають від підприємств максимальної оптимізації технологічних процесів. Пароконденсатні системи є основою теплоенергетики, харчової, хімічної, та фармацевтичної промисловості. Використання вологої або забрудненої пари призводить до гідроударів та знижує якість стерильності та чистоту робочого середовища, зменшує термін використання трубопроводів і теплообмінників та знижує ККД теплообмінників. Відповідно, попит на вискоєфективне обладнання для підготовки пари — зокрема, фільтри-сепаратори пари — демонструє стабільне зростання. Це зумовлено потребою підприємств у ефективному використанні енергоресурсів та продовження терміну експлуатації дороговартісного обладнання. Короткі відомості подані в таблиці 5.4.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Таблиця 5.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3-4 ключових виробників фільтрів сепаратора пари
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	близько 250 – 450 млн грн/рік (за оцінками відкритих джерел)
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає, за рахунок нових тенденсії на опалення
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Суворі вимоги до якості в разі використання, так як працюють сепаратори під високим тиском і температурою
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Сепаратори пари працюють під високим тиском і температурою, тому до них висуваються суворі вимоги безпеки
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	12–18 % але можуть зростати а рахунок високої доданої вартості інженерних розрахунків у 25-30 %

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 5.4, можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням. В цьому випадку можна затвердити, що попри загальну економічну нестабільність, попит на обладнання стабільно підтримується за рахунок глобальних процесів децентралізації енергетики, модернізації промислових котелень та підвищення вимог до

енергоефективності підприємств, також середній рівень конкуренції з специфічним розподілом, що створює гарні умови для реалізації стартапу.

Далі визначаються потенційні групи споживачів, їх потреби, характеристики та формується орієнтовний попит, який задовільняє даний продукт: функціональність та технологічність продукції, наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – 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	Очищення пари від конденсату, захист турбін та теплообмінників від гідроудару й корозії	Важка промисловість, ТЕЦ, хімічні заводи, харчові та фармацевтичні комбінати	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.	Надійність під високим тиском, тривалий строк служби, стійкість матеріалу до агресивного середовища кислотного конденсату

Продовження таблиці 5.5

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
2	Монтаж нових та модернізація діючих парових котелень	Проектно- монтажні організації, інжинірингові компанії	Вимагають сертифікації виробу, та стандартизацію для можливості установки у вже існуючі системи, чи заміну установлених компонентів на новий	Чітка стандартизація розмірів фланців, наявність сертифікатів відповідності ДСТУ/ISO, гарантія

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 321, 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 в кваліфікованих кадрах, так як 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 сепаратори пари в багатьох галузях, ось деякі з них:

- інноваційні матеріали та конструкції. При наявності широкого асортименту матеріалів у світі, технології сепарації пари залишаються на своєму поточному етапі розвитку. Впровадження нових конструкторських рішень і матеріалів може спровокувати зростання попиту на енергоефективне обладнання;

- сепаратори пари для специфічних галузей. Залишається висока вартість на специфічні та одиничні рішення (наприклад, для хімічної чи харчової промисловості), попит помірний, але все ще не задоволений;

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

- сепаратори пари для ВПК. Попит незадоволений через обстріли виробництв, які працюють на військово-промисловий сектор. Також в ході бойових дій з'являються нові підприємства, які потребують надійної пароконденсатної системи для технологічних процесів.

Отже, залишається незадоволений попит у достатньо широких сферах виробництва. До того ж, при імпортозаміщенні можна знизити вартість обладнання, строки постачання та підвищити надійність постачальників, які будуть підпорядковуватись державним секторам промисловості.

Ідентифікація зовнішніх загроз та ризиків (Threats)

Успішній реалізації проєкту може перешкодити відмова постачальників обладнання на доставку устаткування для зварювання, а також те, що кваліфікованих кадрів можуть мобілізувати. На початкових етапах становлення виробництва ці ризики є критичними, в залежності від геополітичної ситуації в світі, вітчизняних виробників зварювального обладнання дуже мало, тому існує ризик щодо постачання потрібного обладнання.

Скорочений SWOT аналіз стартап-проєкту надано в таблиці 5.6

Таблиця 5.6 – SWOT аналіз стартап-проєкту

Сильні сторони: – Висока надійність і довговічність – Висока міцність – Висока стійкість до різних агресивних середовищ та абразивного стирання	Слабкі сторони: – Мала кількість кваліфікованих кадрів – Відсутність власних виробничих баз – Обмеженість фінансових ресурсів стартапу.
Можливості: – Незадоволений попит на сепаратори пари в Україні. – Можливість державної підтримки в разі виробництва для ВПК	Загрози: – Мобілізація кваліфікованих кадрів – Порушення постачання обладнання – Критична залежність від геополітичної ситуації у світі.

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 (ST+WO – стратегія).

WO (захисні стратегії для мінімізації ризиків проєкту) – стратегія спрямована на те, щоб використати високий попит на ринку та потенціал імпортозаміщення для подолання браку власних ресурсів, кадрів та виробничої бази.

ST-стратегії (мінімізація загроз через мобілізацію внутрішніх переваг проєкту) – спрямована на те, щоб завдяки автоматизації, надійності продукту та гнучкості робота захистити стартап від ризиків війни, мобілізації кадрів та блокування імпорту.

Обґрунтування вибору стратегії.

Проєкт реалістично оцінює свої можливості та ресурси та готовий до умов високо ризику. Вибір комбінації стратегій створює стійку бізнес-модель: WO залучає ресурси та вирішує проблему браку фінансів, отримані ресурси інвестуються в автоматизацію, що автономно запускає стратегію ST – захист бізнесу від дефіциту кадрів та забезпечення стабільно високої якості, яка виграє конкуренцію у дорожчого імпорту.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Висновки до розділу

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

– можливість ринкової комерціалізації:

Наявність попиту. Ринок фільтрів-сепараторів пари демонструє стабільне зростання. Зокрема, компанія «Теплотерм» планує збільшити продажі на 19–25% у 2026 році, що свідчить про позитивну динаміку попиту.

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

– перспективи впровадження

Потенційні групи клієнтів. Малі та середні підприємства, які потребують мобільних та адаптивних пароконденсатних систем; галузі з високими вимогами до сухості та чистоти пари, 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 сепараційних установок: компактні та енергоефективні рішення для малих та середніх підприємств. Інноваційних пароконденсатних систем: системи з можливістю інтеграції з розумними технологіями та автоматизованим управлінням. Спеціалізованих рішень: пароконденсатне обладнання, адаптоване до специфічних вимог окремих галузей.

– доцільність подальшої імплементації

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

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 пароконденсатного обладнання.

					3B21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Технологія виготовлення фільтра-сепаратора пари передбачає використання способів електродугового зварювання, що характеризується шкідливими та небезпечними виробничими факторами, які за певних умов можуть призводити до професійних захворювань робітників зварювальних професій.

Метою розділу є забезпечення належних умов праці при автоматичному зварюванні в захисних газах.

6.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів (ШНВФ)

Розглянемо шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які виникають при автоматичному та напівавтоматичному зварюванні в суміші газів. У таблиці 6.1 наведено всі ШНВФ

Таблиця 6.1 – Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при зварюванні

ШНВФ для автоматичного зварювання у Ar+O ₂ (2%)			Інтенсивність фактора	
			Автомат.	Напівавтомат.
Шкідливі виробничі фактори	Шкідливі речовини		Xx	Xx
	Випромінювання в оптичному діапазоні.	Ультрафіолетове	xx	xx
		Видиме	xx	xx
		Інфрачервоне	xx	xx
	Електромагнітні поля		-	-
	Магнітні поля		-	-

Продовження таблиці 6.1

ШНВФ для автоматичного зварювання у Ag+O ₂ (2%)		Інтенсивність фактора	
		Автомат.	Напіваавто мат.
	Іонізуючі випромінювання	-	-
	Шум	x	x
	Ультразвук	-	-
	Статичне навантаження на руку	-	xx
Небезпечні виробничі фактори	Електричний струм	xx	xx
	Іскри, бризки і викиди розплавленого металу	xx	xx
	Механізми і вироби, що рухаються	xx	xx
	Системи, які знаходяться під тиском, що не дорівнює атмосферному	xx	xx

Примітки: xx – інтенсивний фактор; x – помірний фактор; (-) – незначний фактор чи його відсутність.

Несприятливу дію шкідливих факторів виробничого середовища на здоров'я працівників і викликані ними професійні захворювання у зварювальному виробництві можна розділити на три основні групи:

1. Захворювання, викликані дією хімічних факторів.
2. Захворювання під дією фізичного навантаження, а також одноманітних, часто повторювальних рухів вимушеної пози.
3. Захворювання, викликані фізичними факторами (нагрівання чи охолодження, мікроклімат, шум, ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання).

При використанні механізованого дугового зварювання в середовищі захисних газів і також при користування установкою для лазерного різання металу необхідно дотримуватись таких норм:

- вимоги до відповідного звукового тиску на робочому місці ДСН 3.3.6.037-99 [42];
- вимоги для захисту від впливу вібрацій ДСН 3.3.6.039-99; [43]
- загальні вимоги до облаштування робочих місць НПАОП 28.5-1.02-07 [44];
- експлуатація балон із стисненим газом повинна відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.07-94 [45];
- використання лазерних технологій повинно задовольняти НПАОП 28.52-1.31-13 [46].

Для захисту персоналу від лазерного випромінювання необхідно встановлювати захисні екрани або кожухи, що перешкоджають потраплянню випромінювання на робочі місця; розміщувати пульт керування лазерною установкою в окремому приміщенні (вигородці) з телевізійною або іншою системою спостереження за ходом процесу, тощо. Одним з важливих етапів проєктування технологічних процесів зварювання є розробка та проєктування заходів та засобів відповідних норм для колективного захисту від небезпечного впливу для одного чи іншого факторів виробничих процесів.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Наприклад, одним з таких заходів можна обрати, встановлення пристрою для місцевої вентиляції з можливістю очистки видаленого повітря від шкідливих аерозолів та газів.

6.2 Вимоги безпеки праці

6.2.1 Вимоги до технологічних процесів

Вимоги безпеки праці до технічних зварювальних процесів встановлені в нормативних документах НПАОП 28.52-1.31-13 [46].

Механізоване дугове зварювання в захисних газах

Місцевими повітроприймачами необхідно видаляти повітря:

- під час дугового зварювання в інертних газах та сумішах газів - не менше ніж 150 м³/год.

Експлуатація балонів, контейнерів зі стиснутим і скрапленим газом, рамп, здійснюється відповідно до норм «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Балони зі стиснутими газами розташовані на відстані не ближче 5 м від зварювального пальника і 1 м — від отоплювальних приладів. У разі наявності на опалювальних приладах екранів, що захищають балони від нагрівання, відстань від балона до екрана має бути не меншою 0,1 м

6.2.2 Вимоги до виробничих приміщень

Виробничі приміщення для зварювання відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99 [47].

Робочі місця для дугового зварювання захищають переносними світло-непроникними огорожами з матеріалів, що не згорають, та забезпечують надійність захисту і висота яких не менш ніж 2,5 м.

Відстань між устаткуванням, від устаткування до стін та колон приміщення, інших споруд, ширина проходів та проїздів відповідають чинним будівельним

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

нормам, нормам технологічного проектування заготівельно-зварювальних цехів та ДБН В.2.2-28:2010 [48].

Ширина проходів по периметру робочого стола, стенда, зварювального виробу - 1 м.

Підлоги для виробничих приміщень для виконання дугового зварювання мають бути виготовлені з матеріалів, що не згоряють і мають малу теплопровідність. Підлога повинна мати рівну не ковзку поверхню.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані загальнообмінною припливновитяжною вентиляцією відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 [49].

Повітрообмін зварювальних цехів розраховується на розведення шкідливих речовин, не вловлених місцевими витяжними пристроями, до рівня ГДК.

Видалене з виробничих приміщень в атмосферу повітря проходить фільтрацію (очистку) від шкідливих речовин до концентрацій, що не перевищують допустимих рівнів викидів.

Подавання припливного повітря здійснюється у напрямку робочої зони. Температура повітря, що подається вентиляційними установками, не нижче +2 °С згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [47].

Освітлення цеху, ділянок і робочих місць, де виконуються роботи з дугового зварювання, відповідають ДБН В.2.5-28-2006 [50].

Для працюючих в середині виробничих приміщень передбачені санітарно-побутові приміщення та пристрої згідно з ДБН В.2.2-28:2010 [48].

6.2.3 Вимоги до організації робочих місць

Організація, облаштування та оснащення робочих місць для зварювання відповідають ДСТУ 2456-94 [51].

Під час виконання зварювальних робіт в одному приміщенні з іншими роботами вживаються заходи, що виключають можливість впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на працюючих.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Робоче місце зварника щодо розташування робочої поверхні, органів управління та контролю відповідає вимогам ДСТУ 2456-94 [51].

Обладнання для дугового зварювання в захисних газах має захисні переносні екрани, які забезпечують захист електрозварників від оптичного випромінювання.

6.2.4 Вимоги до вентиляції

Відповідно до ДСТУ 2456-94 [51] для дугового зварювання необхідно використовувати місцеву вентиляцію. В інших випадках можна використовувати загально-обмінну вентиляцію. Її також слід використовувати в поєднанні з місцевою вентиляцією. Призначена для видалення з виробничого приміщення шкідливих речовин, які не видаляються місцевою витяжною системою. Швидкість руху повітря, що виробляється місцевою витяжною системою поблизу джерела виділення шкідливих речовин, має бути такою: при зварюванні в інертних газах - не менше від 0,15 до 0,3 м/с;

6.3 Інженерні рішення для забезпечення безпеки праці

6.3.1 Вибір вентиляції

Для відсмоктування зварювальних аерозолів використовується місцева вентиляція. Визначаємо кількість повітря, яку видалятиме відсмоктувач, якщо діаметр воронки $d = 0,4$ м (Рис. 6.1).

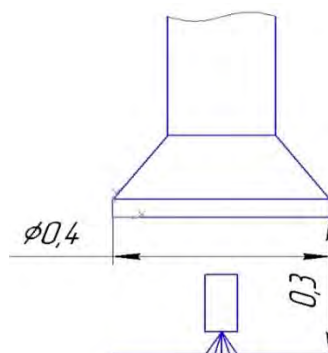


Рисунок 6.1 – Місцевий відсмоктувач (розміри вказані у метрах)

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Швидкість повітря в отворі відсмоктувача розраховують за формулою:

$$V_o = 8 \cdot V_x \cdot (x \div d)^2 = 8 \cdot 0.3 \cdot (0.3 \div 0.4)^2 = 1.35 \text{ м/с}$$

де x – відстань від вхідного отвору воронки до зони зварювання, м;

d – діаметр вхідного отвору, м.

V_x – швидкість повітря в зоні зварювання, $V_x = 0,3 \text{ м/с}$.

Витрати повітря, що видається відсмоктувачем, визначаються за формулою:

$$L_M = 3600 \cdot V_o \cdot F_o = 3600 \cdot 1.35 \cdot 0.09 = 437.4 \text{ м}^3/\text{год}$$

де V_o – швидкість повітря в отворі відсмоктувача, м/с;

F_o – площа відкритого перерізу витяжного отвору відсмоктувача, $F_o = 0,09 \text{ м}^2$.

Вигляд відсмоктувача шкідливих аерозолів показано на рисунку 6.1.

6.3.2 Вимоги до експлуатації зварювального обладнання

Обладнання, що застосовується для зварювання, в тому числі технологічне, механічне і допоміжне, відповідає вимогам ДСТУ 2456-94 [51].

Підключення та вмикання мережі живлення устаткування для дугового зварювання, спостереження за його справним станом, а також ремонт проводить електротехнічний персонал, що має групу допуску не нижче III. Джерела живлення підключаються до розподільних електричних мереж з напругою не вище 600 В. Безпосереднє живлення зварювальної дуги від силової, освітлювальної та контактної мережі не допускається.

Біля роз'ємів (затискачів) для підключення джерел зварювання розташовано напис «МЕРЕЖА!». На видному місці корпусу джерела живлення розташовано напис «Без заземлення не вмикати!».

З'єднування джерел живлення зі зварювальними установками здійснюється кабелями. Зварювальне обладнання оснащено вольтметрами, які вказують на наявність або відсутність напруги у зварювальному колі.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

В установках механізованого дугового зварювання вольтметр розташовується на панелі джерела живлення, а в установках автоматизованого дугового зварювання – на пульті керування.

Металеві частини всіх видів зварювального обладнання, які в процесі експлуатації можуть опинитись під напругою, повинні бути надійно заземлені. Кожна одиниця зварювального обладнання повинна мати окремий провід заземлення, який приєднується до магістралі заземлення. Корпуси машин контактного зварювання і шаф управління педальні пускові кнопки, а також вторинні обмотки трансформаторів повинні бути заземлені.

Вимоги до виконання захисного заземлення на всіх видах зварювального обладнання та гранично допустимі рівні напруги дотику та струмів, що можуть виникати на зварювальному обладнанні, мають відповідати вимогам ПУЕ-2017 [52].

Допуск осіб до виконання зварювальних робіт повинен здійснюватися після їх ознайомлення з технічною документацією і проведення інструктажу з експлуатації обладнання та охорони праці.

6.3.3 Вимоги до застосування засобів індивідуального захисту

Засоби індивідуального захисту працюючих проходять періодичні контрольні огляди та перевірки в терміни, встановлені нормативно-технічною документацією на відповідні засоби.

Для захисту шкіряного покриву голови і шиї, очей від випромінювання дуги й від бризок розплавленого металу зварники застосовують спеціальні наголовні фіксуєчі або ж ручні щитки (маски), які виготовляються із вимогами, що регламентує стандарт ДСТУ EN 175-2001 [53]. Виготовлення світлофільтрів виконується згідно ДСТУ EN 169-2001 [54].

Найбільш важливим та відповідальним елементом масок є скляні світлофільтри, призначені для захисту очей від ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Світлове випромінювання дуги послаблюється світлофільтрами від 1 до 10 разів. Для зварювання будемо використовувати світлофільтр із ступенем захисту 12, який підходить по параметрам режиму зварювання (сила струму $I =$ від 175 до 300 А).

Захисний одяг, що використовують під час зварювання та споріднених процесів відповідає вимогам ДСТУ ISO 7239:2011 [55].

6.4 Пожежна безпека

Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007 [56] об'єкти, на яких виконуються зварювальні роботи, відповідно до вимог вибухопожежної небезпеки, відносяться до категорії Г (негорючі речовини й матеріали у гарячому, розжареному, розплавленому станах, процеси обробки яких супроводжуються виділенням променистої теплоти, іскор та полум'я; горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюються чи утилізуються у вигляді палива).

Пожежна безпека забезпечується:

- запобігання спалаху ізоляції при КЗ за рахунок максимального струменевого захисту;
- запобігання утворення горючого середовища за рахунок надійної герметизації обладнання, обмеженням застосування і зберігання горючих і вибухонебезпечних речовин;
- застосування пожежної сигналізації з датчиком (ИДФ-І, ДПД і др.);
- використання вогнегасників (клас пожежі В): ОХП-10, ОХВП-10, ОВП-7, ОХ-7, ОП-10А; для класу пожежі Е вогнегасники типу УО, ОП-10А (вибрати тип і кількість відповідно до НАПБ Б.03.002-2007).

При організації технологічного процесу дотримуються усіх вимог електростатичної іскробезпеки.

Передбачається також аварійне зливання пожежно-небезпечних рідин, аварійне втручання горючих газів із апаратури.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Рекомендується періодично проводити очистку робочих місць цеху, обладнання від горючих відходів, пилу, утилізації пожежонебезпечних відходів виробництва, а також заміна ЛВЖ і ГЖ на пожежно-небезпечні технічні миючі засоби.

Приміщення обладнуються засобами для колективного та індивідуального захисту людей від небезпечних факторів пожежі та протидимового захисту.

Висновок до розділу

У розділі з охорони праці були розроблені заходи безпеки під час автоматичного зварювання в захисних газах. Були розглянуті небезпечні та шкідливі фактори при виробництві. Запропоновані заходи для забезпечення задовільних умов роботи працівників. Визначені настанови, яких потрібно дотримуватися на робочих місцях. Вказані способи захисту від впливу шкідливих факторів. Встановлені вимоги для індивідуального захисту та інженерні рішення для забезпечення безпеки. Також були вказані правила пожежної безпеки.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

ВИСНОВКИ

Отже, результатом виконання даного дипломного проекту стала розробка технологічного процесу складання-зварювання фільтр-сепаратора пари, що забезпечило продуктивність, рентабельність виготовлення даної конструкції. За допомогою довідкової літератури були підібрані складально-зварювальні установки та режими зварювання. Обрано обладнання для автоматичного зварювання плавким електродом в інертному газі під такі шви: №1, №2, №3, №4, №5 та №6. Також було розрахована вентиляція цеху в розділі охорони праці та розроблений стартап проєкт в економічній частині дипломної роботи.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сепаратори пари та газу [Електронний ресурс] // ОРЕКС. – Режим доступу: <https://opeks.ua/ua/separatori-paru-ta-gazu/> (дата звернення: 13.05.2026). – Назва з екрана.
2. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Металознавство і термічна обробка зварних з'єднань» для студентів напряму підготовки 050504 «Зварювання» усіх форм навчання [Електронний ресурс] / уклад. В. Т. Котик ; Нац. техн. ун-т України «КПІ». – Електрон. текст. дані (1 файл ; 1,99 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2010.
3. Жароміцні сталі та сплави [Електронний ресурс] // Метал Холдинг. – Режим доступу: <https://metalholding.ua/ua/blog/zaraprochni/> (дата звернення: 13.05.2026). – Назва з екрана.
4. Сталь AISI 321 [Електронний ресурс] // Мартенсит. – Режим доступу: <https://martensit-plus.com/stal-aisi-321-2/> (дата звернення: 11.05.2026). – Назва з екрана.
5. Сталь AISI 321 [Електронний ресурс] // WESTA. – Режим доступу: <https://westa.kiev.ua/ru/standarty/marki-stali/stal-aisi-321> (дата звернення: 11.05.2026). – Назва з екрана.
6. Numerical investigation of residual stresses and distortion in welded structures [Електронний ресурс] // ScienceDirect. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921509318308098> (дата звернення: 13.05.2026).
7. Український інститут руйнування та міцності матеріалів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukirs.com.ua/> (дата звернення: 13.05.2026). – Назва з екрана.
8. Обладнання і технологія зварювальних робіт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tvpursit1muzyka.blogspot.com/2020/03/13.html> (дата звернення: 11.06.2026). – Назва з екрана.

					<i>ЗВ21.09.00.000ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

9. Види зварних тріщин [Електронний ресурс] // ARMAX. – Режим доступу: <https://armax.ua/ua/vidy-svarnykh-treshin/> (дата звернення: 13.05.2026). – Назва з екрана.

10. Дипломне проєктування. Рекомендації до виконання дипломного проєкту [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» спеціальності 131 Прикладна механіка / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Бойко В. П., Буріка В. В., Гаєвський О. А., Гаєвський В. О., Зворикін К. О., Зворикін Л. О., Коваленко В. Л., Лагодзінський І. М., Лисак В. В., Прохоренко О. В., Сливінський О. А., Стреленко Н. М. – 2-ге вид., переробл. та доповн. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,24 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 115 с. – Назва з екрана. (дата звернення: 13.05.2026).

11. Зварювання стикових пластин з низьковуглецевої сталі у нижньому положенні (РА) металевим (плавким) електродом в активних газах (135/MAG/GMAW) [Електронний ресурс] / Білоцерківський інститут неперервної професійної освіти. – Режим доступу: https://binpo.com.ua/wp-content/uploads/2023/04/Технологія-та-режими-зварювання-MIG_MAG_GMAW.pdf (дата звернення: 03.05.2026).

12. Загальні характеристики зварювальних напівавтоматів MIG/MAG. Переваги і недоліки методів зварювання [Електронний ресурс] // ТД БМ. Блог електротехнічної компанії. – Режим доступу: <https://td-bm.com.ua/blogs/zagalni/uk/apparat-zagalni-harakteristiki-zvaruvalnih-napivavtomativ-mig-mag/> (дата звернення: 01.06.2026). – Назва з екрана.

13. Напівавтоматичне та автоматичне зварювання MIG/MAG – повний курс [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://shudnenny.koshachek.com/articles/napivavtomatichne-ta-avtomatichne-zvarjuvannja-mig.html> (дата звернення: 05.05.2026). – Назва з екрана.

14. Перелік продукції [Електронний ресурс] // ТОВ «ДіПи Ейр Газ». – Режим доступу: https://dpairgas.com.ua/?page_id=6480&lang=uk (дата звернення: 09.06.2026). – Назва з екрана.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

15. Типи та дія зварювального захисного газу [Електронний ресурс] // Кріогенсервіс. – Режим доступу: <https://www.kriogen-service.com/news/id/tipi-ta-diya-zvaryuvalnogo-zakhisnogo-gazu/> (дата звернення: 09.06.2026). – Назва з екрана.

16. ДСТУ EN ISO 14175:2014 Матеріали зварювальні. Захисні гази для дугового зварювання та різання. – Чинний від 2016-01-01. – Вид. офіц. – Київ: ДП УкрНДНЦ, 2014. – 9 с.

17. Зварювальний дріт ER347/347LSi 1.0 мм: продаж, ціна у Сумах [Електронний ресурс] // ТОВ «Укрторгекспорт». Нержавіючий та кольоровий металопрокат, спеціальні сталі і сплави. – Режим доступу: <https://ukrtorgexport.com/ua/p978118460-svarochnaya-provoloka-er347347lsi.html> (дата звернення: 03.06.2026). – Назва з екрана.

18. ДСТУ EN ISO 9692-1:2014. Зварювання та споріднені процеси. Типи підготовки з'єднань. Частина 1. Ручне дугове зварювання, зварювання плавким електродом у захисному газі, газове зварювання, зварювання TIG та променеве зварювання сталей (EN ISO 9692-1:2013, IDT; ISO 9692-1:2013, IDT). – Київ : Мінекономрозвитку України, 2015.

19. ДСТУ EN ISO 14343:2019. Зварювальні матеріали. Дроти та стрічки електродні, дроти та прутки для дугового зварювання нержавіючих і жароміцних сталей. Класифікація (EN ISO 14343:2017, IDT; ISO 14343:2017, IDT). – Чинний від 2019-11-01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.

20. ISO 9692-3:2003 Welding and allied processes – Recommendations for joint preparation – Part 3 [Електронний ресурс] // Scribd. – Режим доступу: <https://www.scribd.com/document/880680408/ISO-9692-3-122003-en> (дата звернення: 27.05.2026).

21. ISO 9692-2:2024. Welding and allied processes — Joint preparation — Part 2: Submerged arc welding of steels. – 2nd ed. – Geneva : International Organization for Standardization (ISO), 2024. – 10 p.

22. Зварювальний інверторний напівавтомат MIGOMAT IDEAL MIG 220 [Електронний ресурс] // Baushop : магазин інструментів та обладнання. –

					ЗБ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Режим доступу: <https://baushop.com.ua/ua/p1500739807-svarochnyj-invertornyj-poluavtomat.html> (дата звернення: 10.06.2026). – Назва з екрана.

23. W11F 4×1250 механічні листопрокатні машини. Вальці. Станок [Електронний ресурс] // Prom.ua. – Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p467876264-w11f-4x1250-mehanicheskie.html> (дата звернення: 02.06.2026). – Назва з екрана.

24. Фрезер з ЧПК Яструб 1212-250 для бізнесу. Верстат з ЧПК 2023 року [Електронний ресурс] // CNC Machines. – Режим доступу: <https://cncmachines.com.ua/uk/product/yastreba-1212-250uk/> (дата звернення: 26.05.2026). – Назва з екрана.

25. Шліфмашина кутова MACHTZ MAG 12/1350 VS [Електронний ресурс] // MACHTZ. – Режим доступу: <https://machtz.com.ua/ua/products/shlifmashina-uglovaya-mchtz-mag-121350-vs> (дата звернення: 26.05.2026). – Назва з екрана.

26. Відрізний круг Bosch 2608600549 [Електронний ресурс] // Кулібін. – Режим доступу: https://kulibin.com.ua/ua/catalog/krugi_otreznye/bosch-2608600549/ (дата звернення: 26.05.2026). – Назва з екрана.

27. Вальцювальний верстат електричний ВАЕ-1.3 [Електронний ресурс] // Prom.ua. – Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p1732328334-valtsovochnyj-stanok-elektricheskij.html> (дата звернення: 22.05.2026). – Назва з екрана.

28. Стіл зварювальний 3000×1500, арт. 1460 [Електронний ресурс] // Укрметиз, ТОВ : Allbiz. – Режим доступу: <https://ukrmetiz.all.biz/uk/stil-zvaryvalnyj-3000h1500-art-1460-g22844296> (дата звернення: 12.06.2026). – Назва з екрана.

29. Headstock and Tailstock Positioner (HTS) [Електронний ресурс] // ProArc. – Режим доступу: <https://www.proarc.com.tw/products/welding-equipment/headstock-and-tailstock-positioner-hts/> (дата звернення: 07.05.2026). – Назва з екрана.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

30. Китай 321 лист з нержавіючої сталі. Виробники, постачальники, фабрика, експортер, продавець – Лінкун [Електронний ресурс] // Xi'an Linhui Import & Export Co., Ltd. – Режим доступу: <https://ua.lksteelpipe.com/321-stainless-steel-sheet> (дата звернення: 29.05.2026). – Назва з екрана.

31. Координація зварювальних робіт [Електронний ресурс] : метод. вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології та інжиніринг у зварюванні» освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр / уклад. О. А. Гаєвський, В. О. Гаєвський ; КПП ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл : 2,75 Мбайт). – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 48 с.

32. Brennerstativ für Drekipptische | 019.0.0305 [Електронний ресурс] // Hebutec eShop. – Режим доступу: <https://www.hebutec-shop.ch/Automatenbauteile/Dreh-Kipptische/Brennerhalter/1647/Brennerstativ-fuer-Drekipptische> (дата звернення: 13.05.2026). – Назва з екрана.

33. ДСТУ EN ISO 6947:2022 Зварювання та споріднені процеси. Робочі положення (EN ISO 6947:2019, IDT; ISO 6947:2019, IDT). – Чинний від 2023-12-31. – Вид. офіц. – Київ: ДП УкрНДНЦ, 2022. – 19 с.

34. Сучасний 7-осьовий промисловий робот для автоматизації зварювання MIG/TIG [Електронний ресурс] // Prom.ua. – Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p3062522345-sovremennyj-osevoj-promyshlennyj.html> (дата звернення: 12.06.2026). – Назва з екрана.

35. Візуально-оптичний контроль [Електронний ресурс] // NOVOTEST – прилади та системи контролю якості. – Режим доступу: <https://novotest.ua/ua/vizualno-opticheskij-kontrol> (дата звернення: 18.06.2026). – Назва з екрана.

36. РАП-М. Рентгенівські апарати [Електронний ресурс] // НВЦ «Кропус». – Режим доступу: <https://www.kropus.com/products/rentgen/rapm.php> (дата звернення: 18.06.2026). – Назва з екрана.

					ЗВ21.09.00.000ІІЗ	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

37. ДСТУ ISO 5817:2016 Зварювання. Зварні шви під час зварювання плавленням сталі, нікелю, титану та їх сплавів. Рівні якості залежно від дефектів. – Чинний від 2016-08-01. – Вид. офіц. – Київ: ДП УкрНДНЦ, 2016. – 28 с.

38. Розробка стартап-проєкту [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до написання економічної частини дипломної роботи : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра денної форми навчання / уклад. Я. І. Глущенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл : 0,365 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 18 с.

39. Opendatabot [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://opendatabot.ua/> (дата звернення: 01.06.2026). – Назва з екрана.

40. ОПЕКС Енергосистеми. Теплоенергетичне обладнання від виробника [Електронний ресурс] // ОРЕКС. – Режим доступу: <https://oreks.ua/ua/> (дата звернення: 01.06.2026). – Назва з екрана.

41. Устаткування для парових та водогрійних котелень [Електронний ресурс] // Теплотерм : інтернет-магазин обладнання для топкових, парових та водогрійних котелень. – Режим доступу: <https://www.teploterm.ua/ua/> (дата звернення: 15.06.2026). – Назва з екрана.

42. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – Київ : МОЗ України, 1999. – 29 с.

43. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. – Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 1999.

44. НПАОП 28.5-1.02-07. Правила охорони праці при термічній обробці металів. – Київ : Держгірпромнагляд України, 2007.

45. ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском. – Київ : Держнаглядохоронпраці України, 1994.

46. НПАОП 28.52-1.31-13. Правила охорони праці під час зварювання металів. – Київ : Міністерство соціальної політики України, 2013.

					ЗВ21.09.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

47. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 1999.

48. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. – Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. – Чинний з 01.10.2011.

49. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 149 с.

50. ДБН В.2.5-28:2006. Природне і штучне освітлення. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 76 с.

51. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки. – Київ : Держстандарт України, 1995.

52. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ-2017). – Київ : Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017. – 617 с.

53. ДСТУ EN 175-2001. Засоби індивідуального захисту очей та обличчя під час зварювальних та споріднених процесів. – Київ : Держстандарт України, 2001.

54. ДСТУ EN 169-2001. Засоби індивідуального захисту очей. Фільтри під час виконання зварювання та споріднених процесів. Вимоги до пропускання та рекомендації щодо використання. – Київ : Держстандарт України, 2001.

55. ДСТУ 7239:2011. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. – Київ : Держспоживстандарт України, 2011.

56. НАПБ Б.03.002-2007. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – Київ : МНС України, 2007.

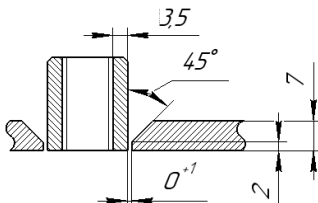
ДОДАТКИ

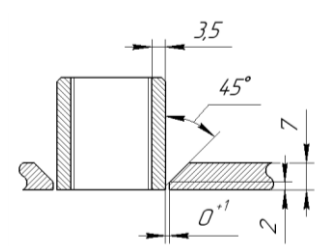
					3B21.09.00.000	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

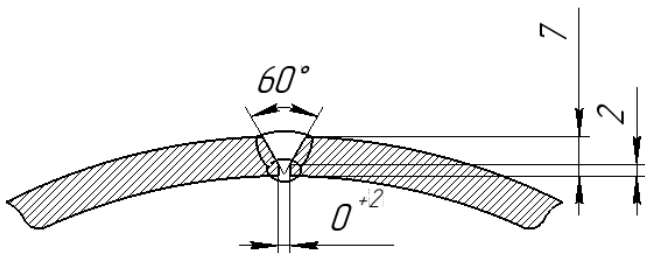
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
A1						
				Документація		
			ЗВ21.09.01.000 СК	Складальне креслення		
				Деталі		
Справ. №		1		Штуцер 1	1	
		2		Днище 1	1	
		3		Обичайка	1	
		4		Конденсуюча пластина	1	
		5		Фланці	2	
		6		Днище 2	1	
		7		Штуцер 2	1	
Підп. і дата						
Зам. інв. №						
Інв. № ориг.						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зам. інв. №						
Підп. і дата						

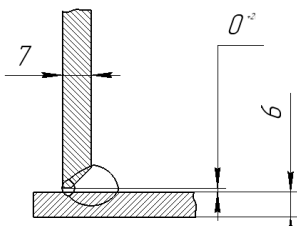
Формат		Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
Перев. пирмін.							
Справ. №					Документація		
	A1			ЗВ21.09.04.000 ВЗ	Вид загальний		
					Деталі		
			1		Опора з утримувачем для пальника	1	
			2		Основна рама	1	
					Стандартні вироби		
Підп. і дата			3		Пристрій для закріплення конструкції на планшайді	1	
			4		Двостояковий горизонтальний обертач	1	
			5		Пальник EnerSol EMT-3-20-180	1	
			6		Зварювальний інвертор Migomat Ideal Mig 220	1	
			7		Джерело живлення для двостоякового обертача	1	
Підп. і дата							
Зам. інв. №							
Інв. № докл.							
Інв. № орг.							

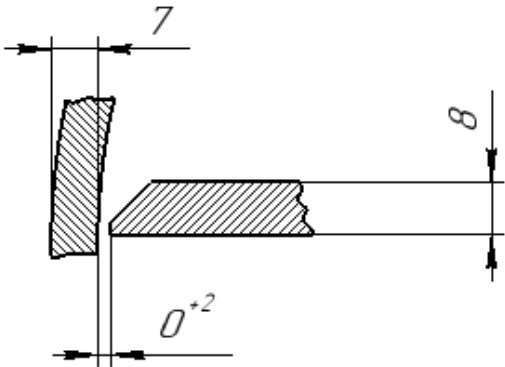
[illegible]

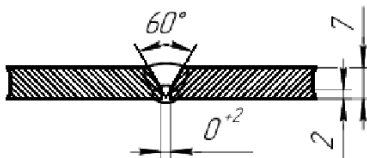
КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О. Патона	Цех зварювання фільтрів-сепаратора пари	Технологічна конструкція для зварювання	WPS-131-1.9.1-PB-01					
			Лист_1_					
Виробник: Цех зварювання фільтрів - сепараторів пари								
Протокол підтвердження відповідності (WPQR) № 001/ЗВ від 10.05.2026			Товщина матеріалу t_1 (мм): 3.5					
			Товщина матеріалу t_2 (мм): 7					
Основний матеріал: AISI 321			3 розробленням крайок, згідно ISO 9692-1: тип 1.9.1					
Спосіб зварювання: 131			Метод підготовки: механічний, зачищення металевою щіткою перед зварюванням					
Тип з'єднання: FW ss nb			Зварювальний матеріал: ER347Si, $\varnothing$ 1.2 мм, ДСТУ EN ISO 14343-A					
Положення зварювання: PB			Захист зони зварювання: Ar+2% O ₂ ДСТУ ISO 14175:2004					
Кваліфікація зварників			По ДНАОП 0.00-1.16-96:131 T FW W11 t3.5 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)
1	1	131	1,2	130	17	7,6	15	0,16
Відстань від дроту до поверхні виробу: від 10 мм до 15 мм								
Кут нахилу електроду: —								
Температура прокалювання електродів (флюсу): не регламентується (для дроту ER347Si не застосовується)								
Попередній підігрів: не потрібен								
Температура між шарами зварного шва – не більше: —								
При виконанні шару, напрямок зварювання: —								
Прихватки в процесі зварювання: переварюється								
Склав: Пальчевський М.С.					Перевірів: Прохоренко О.В.			

КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О. Патона	Цех зварювання фільтрів-сепаратора пари	Технологічна конструкція для зварювання	WPS-131-1.9.1-PB-02					
			Лист_2_					
Виробник: Цех зварювання фільтрів - сепараторів пари								
Протокол підтвердження відповідності (WPQR) № 002/ЗВ від 10.05.2026			Товщина матеріалу t ₁ (мм): 3.5					
			Товщина матеріалу t ₂ (мм): 7					
Основний матеріал: AISI 321			З розробленням крайок, згідно ISO 9692-1: тип 1.9.1					
Спосіб зварювання: 131			Метод підготовки: механічний, зачищення металевою щіткою перед зварюванням					
Тип з'єднання: FW ss nb			Зварювальний матеріал: ER347Si, Ø 1.2 мм, ДСТУ EN ISO 14343-A					
Положення зварювання: PB			Захист зони зварювання: Ar+2% O ₂ ДСТУ ISO 14175:2004					
Кваліфікація зварників			По ДНАОП 0.00-1.16-96:131 T FW W11 t3.5 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)
1	1	131	1,2	130	17	7,6	15	0,16
Відстань від дроту до поверхні виробу: від 10 мм до 15 мм								
Кут нахилу електроду: —								
Температура прокалювання електродів (флюсу): не регламентується (для дроту ER347Si не застосовується)								
Попередній підігрів: не потрібен								
Температура між шарами зварного шва – не більше: —								
При виконанні шару, напрямком зварювання: —								
Прихватки в процесі зварювання: переварюється								
Склав: Пальчевський М.С.					Перевірів: Прохоренко О.В.			

КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О. Патона	Цех зварювання фільтрів-сепаратора пари	Технологічна конструкція для зварювання	WPS-131-2.3-PA-03					
			Лист_3_					
Виробник: Цех зварювання фільтрів - сепараторів пари								
Протокол підтвердження відповідності (WPQR) № 003/ЗВ від 10.05.2026		Товщина матеріалу t ₁ (мм): 7						
		Товщина матеріалу t ₂ (мм): 7						
Основний матеріал: AISI 321		3 розробленням крайок, згідно ISO 9692-2: тип 2.3						
Спосіб зварювання: 131		Метод підготовки: механічний, зачищення металевою щіткою перед зварюванням						
Тип з'єднання: BW ss nb		Зварювальний матеріал: ER347Si, Ø 1.6 мм, ДСТУ EN ISO 14343-A						
Положення зварювання: PA		Захист зони зварювання: Ar+2% O ₂ ДСТУ ISO 14175:2004						
Кваліфікація зварників		По ДНАОП 0.00-1.16-96:131 T BW W11 t7 PA 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)
1	2	131	1,6	200	26	7,6	15	0,3
Відстань від дроту до поверхні виробу: від 10 мм до 15 мм								
Кут нахилу електроду: —								
Температура прокалювання електродів (флюсу): не регламентується (для дроту ER347Si не застосовується)								
Попередній підігрів: не потрібен								
Температура між шарами зварного шва – не більше: —								
При виконанні шару, напрямку зварювання: —								
Прихватки в процесі зварювання: переварюється								
Склав: Пальчевський М.С.					Перевірів: Прохоренко О.В.			

КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О. Патона	Цех зварювання фільтрів-сепаратора пари	Технологічна конструкція для зварювання	WPS-131-2.4.9-PB-04					
			Лист_4_					
Виробник: Цех зварювання фільтрів - сепараторів пари								
Протокол підтвердження відповідності (WPQR) № 004/3В від 10.05.2025				Товщина матеріалу t ₁ (мм): 7				
				Товщина матеріалу t ₂ (мм): 6				
Основний матеріал: AISI 321				3 розробленням крайок , згідно ISO 9692-2: тип 2.4.9				
Спосіб зварювання: 131				Метод підготовки: механічний, зачищення металевою щіткою перед зварюванням				
Тип з'єднання: FW ss nb				Зварювальний матеріал: ER347Si, Ø 1.6 мм, ДСТУ EN ISO 14343-A				
Положення зварювання: PB				Захист зони зварювання: Ar+2% O ₂ ДСТУ ISO 14175:2004				
Кваліфікація зварників				По ДНАОП 0.00-1.16-96:131 T FW W11 t6 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)
1	2	131	1,6	200	26	7,6	15	0,3
Відстань від дроту до поверхні виробу: від 10 мм до 15 мм								
Кут нахилу електроду: —								
Температура прокалювання електродів (флюсу): не регламентується (для дроту ER347Si не застосовується)								
Попередній підігрів: не потрібен								
Температура між шарами зварного шва – не більше: —								
При виконанні шару, напрямок зварювання: —								
Прихватки в процесі зварювання: переварюється								
Склад: Пальчевський М.С.					Перевірив: Прохоренко О.В.			

КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О. Патона	Цех зварювання фільтрів-сепаратора пари	Технологічна конструкція для зварювання	WPS-131-2.4.9-PB-05					
			Лист_5_					
Виробник: Цех зварювання вентиляційних заслінок								
Протокол підтвердження відповідності (WPQR) № 005/3В від 10.05.2026				Товщина матеріалу t ₁ (мм): 8				
				Товщина матеріалу t ₂ (мм): 7				
Основний матеріал: AISI 321				3 розроблення крайок , згідно ISO 9692-2: тип 2.4.9				
Спосіб зварювання: 131				Метод підготовки: механічний, зачищення металевою щіткою перед зварюванням				
Тип з'єднання: FW ss nb				Зварювальний матеріал: ER347Si , 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)
1	1	131	1,2	150	18	7,6	15	0,16
Відстань від дроту до поверхні виробу: від 10 мм до 15 мм								
Кут нахилу електроду: —								
Температура прокалювання електродів (флюсу): не регламентується (для дроту ER347Si не застосовується)								
Попередній підігрів: не потрібен								
Температура між шарами зварного шва – не більше: —								
При виконанні шару, напрямком зварювання: —								
Прихватки в процесі зварювання: переварюється								
Склав: Пальчевський М.С.					Перевірив: Прохоренко О.В.			

КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О. Патона	Цех зварювання фільтрів-сепаратора пари	Технологічна конструкція для зварювання	WPS-131-2.3-PA-06					
			Лист_6_					
Виробник: Цех зварювання фільтрів - сепараторів пари								
Протокол підтвердження відповідності (WPQR) № 006/3В від 10.05.2026				Товщина матеріалу t ₁ (мм): 7				
				Товщина матеріалу t ₂ (мм): 7				
Основний матеріал: AISI 321				3 розробленням крайок, згідно ISO 9692-1: тип 2.3				
Спосіб зварювання: 131				Метод підготовки: механічний, зачищення металевою щіткою перед зварюванням				
Тип з'єднання: BW ss nb				Зварювальний матеріал: ER347Si, Ø 1.6 мм, ДСТУ EN ISO 14343-A				
Положення зварювання: PA				Захист зони зварювання: Ar+2% O ₂ ДСТУ ISO 14175:2004				
Кваліфікація зварників				По ДНАОП 0.00-1.16-96:131 T BW W11 t7 PA 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)
1	2	131	1,6	200	26	7,6	15	0,3
Відстань від дроту до поверхні виробу: від 10 мм до 15 мм								
Кут нахилу електроду: —								
Температура прокалювання електродів (флюсу): не регламентується (для дроту ER347Si не застосовується)								
Попередній підігрів: не потрібен								
Температура між шарами зварного шва – не більше: —								
При виконанні шару, напрямок зварювання: —								
Прихватки в процесі зварювання: переварюється								
Склав: Пальчевський М.С.					Перевірів: Прохоренко О.В.			

