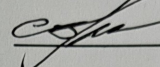


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Кораблебудівний навчально-науковий інститут

Кафедра Зварювального виробництва

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

 Драган С.В.

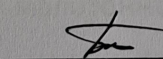
«11» 12 2025р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

На здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

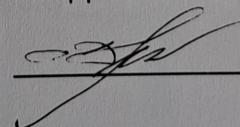
на тему: Розробка технології та механізованої ділянки виготовлення
трубопроводів протипожежної системи малотоннажних суден

Виконав студент 6121м групи

 Борисов В.В.

Керівник роботи:

канд. техн. наук, професор

 Драган С.В.

Миколаїв – 2025р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально-науковий інститут

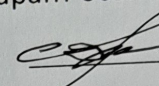
Кафедра Зварювального виробництва

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Освітня програма Інжиніринг зварювання та споріднених процесів

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

 Драган С.В.
«1» 11 2025р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Борисову Василю Валерійовичу

1.Тема роботи: Розробка технології та механізованої ділянки виготовлення трубопроводів протипожежної системи малотоннажних суден

Керівник роботи Драга Станіслав Володимирович

Затверджені наказом ректора № 1366 від «18» 11 2025 року

2.Термін подання роботи: 10.12.2025 року

3.Вихідні дані по роботі:

1.Схеми протипожежних трубопроводів.

2.Матеріал труб ст10,ст20.

3.Річна програма випуску 310т.

4.Перелік питань, що належать до розробки(найменування розділів):

1. Аналіз конструкції та типової технології виготовлення трубопроводу суднової протипожежної системи;

2. Розрахунки та дослідження технології зварювання труб діаметром 25-76 мм із вуглецевих сталей;

3. Розробка технології механізованого виготовлення трубопроводу;

4. Проект механізованої ділянки виготовлення трубопроводу;

5. Розробка заходів щодо охорони праці та техніки безпеки;

6. Економічне обґрунтування розробок.

5. Перелік презентаційних матеріалів:

1. Тема, мета та завдання кваліфікаційної роботи.

2. Характеристика зварної конструкції.

3. Оцінка зварюваності матеріалу труб.

4. Розрахунок режимів зварювання.

5. Розрахункова оцінка очікуваної структури стикового зварного з'єднання.

6. Металографічні дослідження зварного з'єднання.

7. Конструювання центратора труб.

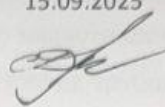
8. Розрахунок двостоякового кантувача.

9. Організація технології виготовлення елементів трубопроводу.

10. Технологічна собівартість складально-зварювальних робіт.

11. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

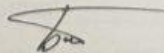
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Драган С.В.	15.09.2025 	15.09.2025 
2	Драган С.В.		
3	Драган С.В.		
4	Драган С.В.		
5	Драган С.В.		
6	Драган С.В.		

7. Дата видачі завдання 15.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз конструкції та типової технології виготовлення трубопроводу суднової протипожежної системи	10.10.2025	
2	Розрахунки та дослідження технології зварювання труб діаметром 25-76 мм із вуглецевих сталей	15.10.2025	
3	Розробка технології механізованого виготовлення трубопроводу	04.11.2025	
4	Проект механізованої ділянки виготовлення трубопроводу	25.11.2025	
5	Розробка заходів щодо охорони праці та техніки безпеки	01.12.2025	
6	Економічне обґрунтування розробок	10.12.2025	

Студент



Борисов В.В.

Керівник роботи



Драган С.В.

АНОТАЦІЯ

У данної кваліфікаційній роботі висвітлюється розробка технології та механізованої дільниці виготовлення трубопроводів протипожежної системи малотоннажних суден.

Метою дослідження є удосконалення технології зварювання елементів протипожежної системи малотоннажних суден на основі використання сучасних високопродуктивних способів зварювання та розробка спеціалізованої механізованої складально-зварювальної дільниці.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, 6-ти розділів основної частини, висновків та списку використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка містить 98 аркушів.

У роботі розроблена удосконалена технологія складання і зварювання елементів протипожежного трубопроводу із сталей 10 і 20, яка передбачає механізацію основних операцій з використанням сучасного устаткування та технологічної оснастки.

Розрахунком визначено і експериментально підтверджено, що очікувана структура усіх зон металу зварного стикового з'єднання – ферито-перлітна.

Для механізації складально-зварювальних робіт розроблено сучасне технологічне устаткування: вибрано випрямляч ВС-500 Буран з механізмом подачі дроту СПМ-430, сконструйовано на підставі розрахунків центратор труб та двостояковий кантувач труб.

Розроблено організацію робіт та технологічний план дільниці для розміщення виробництва у прольоті складально-зварювального цеху суднобудівної верфі. Передбачено двохрядне розташування обладнання з напрямом виробничого потоку у формі простої вилки.

Економічні розрахунки показали що технологічна собівартість складально-зварювальних робіт при виготовленні річної програми (310 т) елементів трубопроводу за розробленою технологією складає – 1260864 грн. Основні затрати – близько 73,5% - припадають на зварювальні матеріали.

Ключові слова: сталь Св-08Г2С, технологічне устаткування, розрахунок, дослідження.

ANNOTATION

This qualification thesis addresses the development of a technology and a mechanized section for manufacturing pipelines of the fire-fighting system for small-tonnage vessels.

The aim of the study is to improve the welding technology of fire-fighting system elements for small-tonnage vessels through the use of modern high-performance welding methods and to develop a specialized mechanized assembly and welding section.

The qualification thesis consists of an introduction, six sections of the main body, conclusions, and a list of references.

The calculation and explanatory report contains 98 pages.

The work develops an improved technology for assembling and welding elements of fire-fighting pipelines made of steels 10 and 20, which предусматриває mechanization of the main operations using modern equipment and technological tooling.

Calculations and experimental verification have determined that the expected structure of all metal zones of the welded butt joint is ferrite–pearlite.

To mechanize assembly and welding operations, modern technological equipment has been developed: a VS-500 *Buran* rectifier with an SPM-430 wire feed mechanism was selected; based on calculations, a pipe centering device and a two-post pipe rotator were designed.

The organization of work and a technological layout of the section for placing production within the span of an assembly and welding shop of a shipbuilding yard were developed. A double-row arrangement of equipment with the direction of the production flow in the form of a simple fork is provided.

Economic calculations showed that the technological cost of assembly and welding operations for manufacturing the annual program (310 t) of pipeline elements using the developed technology amounts to 1,260,864 UAH. The main costs—about 73.5%—are attributed to welding materials.

Keywords: steel Sv-08G2S, technological equipment, calculation, research.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ТРУБОПРОВОДУ СУДНОВОЇ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ СИСТЕМИ	10
1.1 Призначення та конструкція трубопроводу	11
1.2 Характеристика матеріалу труб, оцінка його зварюваності	14
1.3 Типова технологія виготовлення зварних сталевих трубопроводів, особливості зварювання труб малого діаметру	17
1.4 Висновки та завдання кваліфікаційної магістерської роботи	22
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ ТРУБ ДІАМЕТРОМ 25-76ММ ІЗ ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ	24
2.1 Вибір раціональних способів зварювання	25
2.2 Розрахунок та вибір режимів зварювання стикових і таврових з'єднань	28
2.3 Розрахункова оцінка структури та механічних властивостей зварних з'єднань	32
2.4 Металографічні дослідження зварних з'єднань	37
2.4.1 Методика досліджень	37
2.4.2 Результати досліджень	39
Висновки	41
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЗОВАНОГО ВИГОТОВЛЕННЯ ТРУБОПРОВОДУ	42
3.1 Структурна схема та зміст технологічного процесу	43
3.2 Вибір зварювального устаткування	48
3.3 Розрахунки технологічної оснастки	51
3.3.1 Центратор труб	51
3.3.2 Двостояковий кантувач	56
3.4 Контроль якості зварювання, виправлення дефектів	62
Висновки	63
РОЗДІЛ 4. ПРОЄКТ МЕХАНІЗОВАНОЇ ДІЛЬНИЦІ ВИГОТОВЛЕННЯ ТРУБОПРОВОДУ	65
4.1 Основні положення по організації виробництва	66
4.2 Вибір компоновальної схеми ділянки	67
4.3 Розрахунки розмірів робочих місць, площ складів та виробничої площі ділянки, узгодження з нормами технологічного проєктування	69
4.4 Розробка технологічного плану ділянки	70
Висновки	73

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ	
БЕЗПЕКИ	75
5.1 Аналіз потенційних небезпечностей при виготовленні трубопроводу	76
5.2 Шкідливі фактори при зварюванні	82
5.3 Розробка та розрахунок системи місцевої вентиляції	83
Висновки	86
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК	87
Висновки	93
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	96

					КР.131.6121М.02.06.00.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розраб		Борисов В.В.			ВСТУП ВСТУП		Аркуш	Аркушів
Керівник		Драган С.В.					7	3
Консультант		.					НУК	
Н.Контр								
Зав.каф		Драган С.В.						

Система пожежного водогасіння (СПВ) належить до загальносудновисистем і призначена для приймання заборотної води та подавання її у вигляді компактних або розпилених струменів на вогнище пожежі у різних приміщеннях чи відкритих палубах і т. ін. До складу СВП входять приймальні кінгстони, трубопроводи, стаціонарні пожежні стволи та пожежні рукава з переносними стволами [3].

Вода від СВП подається також до систем водо розпилення, водяних завіс, зрошення та спринкельної. Передбачається відбір води для ежекторів в осушувальній та водовідливній системі та системи затоплення, а також для різних суднових потреб (промивання фекальних цистерн, якірних ланцюгів та ключів, миття та продування кінгстон них ящиків).

СВП передбачають на кожному самохідному та несамохідному судні з енергетичною установкою більше 73,6 кВт та чисельністю екіпажу не менше 3 чоловік.

Дія СВП - систем водогасіння - заснована на принципі охолодження предмета, що горить, потужними струменями води, що подаються на вогнища пожежі за допомогою ручних або лафетних стволів.

Вода, будучи найбільш доступним і дешевим середовищем, при атмосферному тиску і температурі 100° має теплоту випаровування близько 540 ккал/кг, що перевищує таку в інших рідин. Охолоджуючи вогнище пожежі, вода одночасно в деякій мірі створює навколо цього вогнища атмосферу, що не підтримує процес горіння, насичену утворюваними при випаровуванні води парами.

Ці системи знаходять широке застосування на морських суднах не тільки для гасіння пожеж, а й постачання водою систем зрошення палуб та приміщень, охолодження механізмів, конструкцій та пристроїв; їх використовують для подачі води в опріснювальні установки, піногенераторні апарати, ежектори, а також для продування донної та бортової арматури і т. ін. [17].

Системи водогасіння використовують для гасіння пожеж у внутрішніх приміщеннях, на відкритих палубах, платформах, надбудовах, а також для гасіння загальних пожеж берегових об'єктів та інших суден.

Однак потужні водяні струмені систем водогасіння не придатні для гасіння пожеж працюючого електричного обладнання, в акумуляторних ямах, ліхтарних, малярних, а також для гасіння нафтопродуктів у вантажних танках наливних суден.

Також системи водогасіння не можуть служити як основні засоби для гасіння: для пожеж нафтопродуктів та їх залишків у машинних і котельних відділеннях суден, що працюють на рідкому паливі.

Для створення протипожежної системи трубопроводів у більшості випадків у малотоннажному суднобудуванні використовують труби та відростки з низьковуглецевої сталі категорії В, яка поставляється за хімічним складом і механічними властивостями згідно з ДСТУ 7809:2055 Прокат сортовий калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної сталі, марки 10, 15, 20.

Різноманітність конструктивного оформлення зварних вузлів судових трубопроводів обумовлює використання для їх виготовлення переважно ручного (спосіб 111) або механізованого зварювання (спосіб 135), недоліками яких є відносно велика трудомісткість, залежність якості зварювання від кваліфікації зварювальника, а також значні втрати електродного металу на розбризкування.

Незважаючи на широке використання у світовому суднобудуванні таких способів зварювання як порошковим дротом (способи 114, 132, 136 та 138), у вітчизняному суднобудуванні при виготовленні трубопроводів системи водогасіння вони використовуються обмежено. Тому метою даної кваліфікаційної роботи є удосконалення технології зварювання елементів протипожежної системи малотоннажних суден на основі використання сучасних високопродуктивних способів зварювання та розробка спеціалізованої механізованої складально-зварювальної дільниці.

					КР.131.6121М.02.06.00.ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

					КР.131.6121М.02.06.01.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розраб		Борисов В.В.			АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ТРУБОПРОВОДУ СУДНОВОЇ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ СИСТЕМИ		Аркуш	Аркушів
Керівник		Драган С.В.					10	14
Консультант		.				НУК		
Н.Контр								
Зав.каф		Драган С.В.						

1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ТРУБОПРОВОДУ СУДНОВОЇ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ СИСТЕМИ

1.1. Призначення та конструкція трубопроводів малотоннажних суден

З метою розробки технології та спеціалізованої дільниці складально-зварювального цеху виготовлення елементів суднових протипожежних систем в умовах суднобудівної верфі IV класу були вибрані, як судна-представники малотоннажного суднобудування, два типи суден різного призначення (рис. 1.1), технічні характеристики яких наведені в табл. 1.1.



а



б

Рисунок 1.1 – Прогулянкова моторна яхта (**а**) та патрульний катер берегової охорони (**б**)

Дані судна будуються на суднобудівних верфях України та Франції [22].

						Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1

Основні характеристики представників малотоннажних суден

Параметр	Прогулянкова моторна яхта	Патрульний катер
Довжина найбільша, м	27,7	31,8
Ширина, м	6,6	6,3
Осадка, м	1,8	1,15
Водотоннажність, т	120	122
Дальність ходу, миль	4000	1200
Екіпаж:, осіб		14
Матеріал корпусу	алюміній	сталь/алюміній

Загальна відмінність протипожежних систем цих суден полягає у використанні однакової схеми системи водо гасіння - так званої лінійної схеми, коли від магістрального трубопроводу до окремих ріжків (зазвичай 3-8 штук) відводять відростки (рис. 1.2).

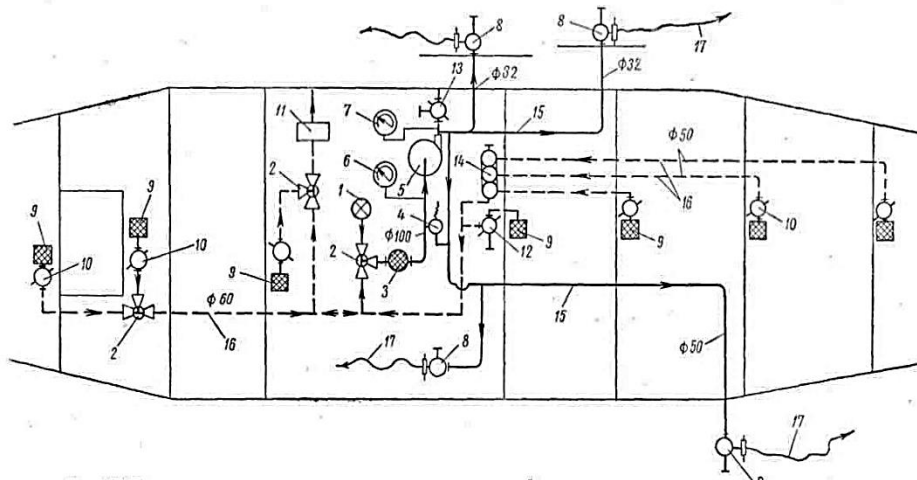


Рисунок 1.2 - Принципова схема системи водогасіння та осушування на малотоннажному судні: 1 - приймальний кінгстон; 2 - кран триходовий з Т-подібною пробкою; 3 - сміттєва коробка; 4 — запобіжний клапан; 5 — пожежний насос; 6 -мановакуумвимірювач; 7 — манометр; 8 — ріжок пожежний; 9 — сітка на приймальному відростку осушувальної системи; 10 — незворотний клапан; 11 - ручний осушувальний насос; 12 — клапан незворотно-запірний; 13 -безповоротно-запірний бортовий відливний клапан; 14 — коробка клапанна з запірними клапанами; 15 — трубопровід системи водогасіння; 16 - трубопровід осушувальної системи; 17 - гнучкий шланг з пожежним ручним стволем.

У цьому випадку пожежний насос використовують і як засіб для відкачування трюмної води, для чого магістраль пожежної системи з'єднана із осушувальним трубопроводом. При цьому використовуються насоси з приводом від двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ). Тиск у напірній магістралі до 1 МПа, витрати води через переносний ствол до 7 л/с. [23].

Проведений аналіз типових трубопровідних систем на судах малої водотоннажності показав, що елементи трубопроводів характеризуються різноманіттям конструктивного оформлення окремих ділянок та місць з'єднання деталей, зокрема:

- прямолінійні труби з широким діапазоном зміни довжини, діаметру та товщини стінки труби;
- криволінійні ділянки труб;
- фланцеві вузли з'єднання окремих частин трубопроводу;
- зварні з'єднання внапуск прямолінійних та криволінійних частин труб;
- зварні з'єднання труб з відростками (рис. 1.3).

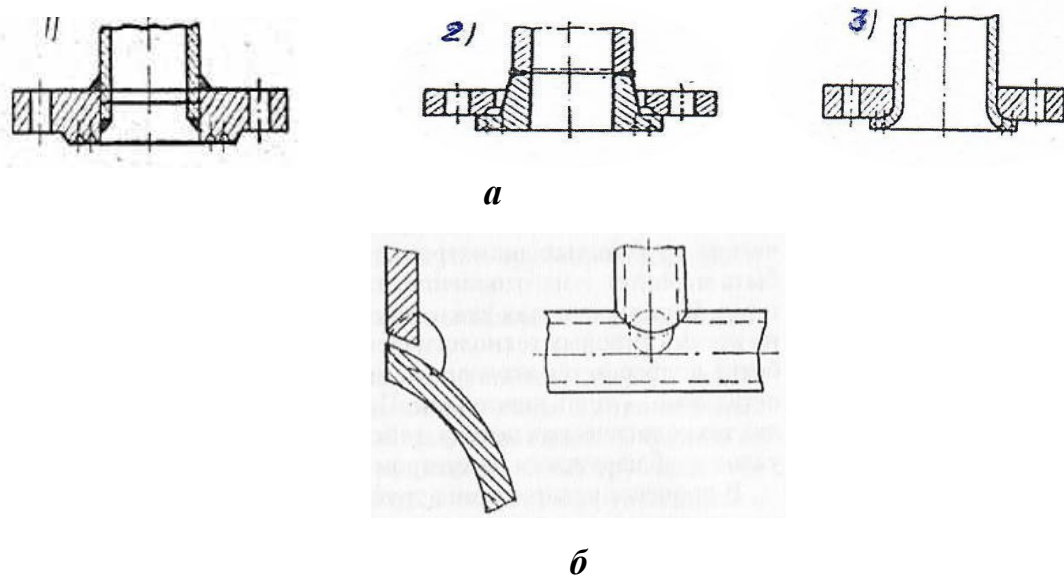


Рисунок 1.3 – Конструкція деяких типових зварних з'єднань сталевих трубопроводів: **а** – фланцеві з'єднання (1 – плоскі, 2 – га приварному бурті встик, 3 – на відбортованій трубі); **б** - з'єднання труби з відростком

Для виготовлення деталей протипожежного трубопроводу найчастіше використовують безшовні сталеві труби, що постачаються згідно з ДСТУ 8938:2019 (табл. 1.2) [24]. Проаналізовані параметри труб дозволили встановити діапазони їх зміни:

- діаметр труб від 25 до 76 мм;
- товщина стінки труби від 2 до 11 мм;
- погонна маса труби від 1,13 до 13,42 кг.

Вказані параметри у подальшому використовуватимуться як вихідні дані для розрахунків режимів зварювання та проектування технологічної оснастки.

Таблиця 1.2

Труби сталеві безшовні, що використовуються для протипожежних трубопроводів малотоннажних суден. (вибірка з ДСТУ 8938:2019)

Зовнішній діаметр d , мм	25	30	32	36	45	48	57	60	63,5	70	73	76
Товщина стінки s , мм	2 - 4	3,5	2 - 5	2 - 6	2 - 5	4	3, 10	3 - 7	7	4 - 8	11	3 - 8
Теоретична маса 1 м, кг	$\frac{1,13^*}{2,07}$	2,29	$\frac{1,48}{3,33}$	$\frac{1,78}{5,35}$	$\frac{2,12}{4,93}$	4,34	$\frac{4,00}{11,60}$	$\frac{4,88}{9,75}$	9,75	$\frac{6,51}{12,20}$	16, 8	$\frac{5,40}{13,42}$

Примітка. * У чисельнику маса, яка відповідає найменшому діаметру труби, у знаменнику – найбільшому діаметру.

Прийнята річна програма обробки труб становить 310 т, що відповідає 2200 пог. м зварних швів.

1.2. Характеристика матеріалу труб, оцінка його зварюваності

Найчастіше для виготовлення суднових протипожежних трубопроводів малотоннажних суден використовують низьковуглецеві гарячекатані труби марок 10 та 20, іноді з цинковим покриттям. Хімічний склад та механічні властивості цих сталей наведені в табл. 1.3 та 1.4 відповідно. Закордонними аналогами сталі 10 є, наприклад, сталі: 1010 (США) та С10, Сk10 (Німеччина), а сталі 20 - 1023 (США) та С20, Сk 20 (Німеччина) [25].

Таблиця 1.3

Хімічний склад сталі (ДСТУ7809: 2015. Прокат сортовий калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі), % мас.

Марка сталі	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
10	0,07 – 0,14	0,17 – 0,37	0,35 – 0,65	≤ 0,30	≤ 0,04	≤ 0,035	≤ 0,15	≤ 0,030	≤ 0,08
20	0,17 – 0,24	0,17 – 0,37	0,35 – 0,65	≤ 0,30	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,25	≤ 0,030	≤ 0,08

Таблиця 1.4

Механічні характеристики сталі (ДСТУ7809: 2015).

Марка сталі	Границя плинності σ_T , Н/мм ²	Тимчасовий опір σ_B , Н/мм ²	Відносне подовження δ_5 , %	Відносне звуження ψ , %	Твердість HB
10	205	330	31	55	143
20	245	410	25	55	163

Вуглецеві сталі 10 та 20 належать до групи сталей, що добре зварюються дуговим зварюванням при раціонально вибраній технології, про що свідчать результати наступних розрахунків показників їх стійкості проти холодних та гарячих тріщин.

Оцінку стійкості металу проти холодних тріщин виконаємо за еквівалентом вуглецю [1]

$$|C|_e = |C|_x (1 + 0,005s), \quad (1.1)$$

де C_x – хімічний еквівалент вуглецю; s - товщина сталі, що зварюється.

$$|C_x| = |C| + \frac{|Mn + Cr|}{9} + \frac{|Ni|}{18} \quad (1.2)$$

Таблиця 1.5

Розрахунки показника C_e для граничних значень
вмісту елементів в сталях та товщини стінки труби

Марка сталі	Вміст хім. елементів, %				Товщина стінки труби s , мм	C_e , %
	C	Mn	Cr	Ni		
10	0,07	0,35	0,15	0,30	2	0,15
	0,14	0,65	0,15	0,30	11	0,23
20	0,17	0,35	0,25	0,30	2	0,25
	0,24	0,65	0,25	0,30	11	0,34

Результати розрахунків, наведені в табл. 1.5, показують, що найбільше значення показника $|C|_e$ відповідає критерію $\leq 0,35$, який свідчить про стійкість вивчених сталей проти утворення холодних тріщин при зварюванні.

Стійкість металу проти утворення гарячих тріщин оцінимо розрахунком показника HCS (Hot Cracking Susceptibility) [26]

$$HCS = \frac{C(S + P + 0,04Si + 0,01Ni)10^3}{3Mn + Cr} \quad (1.3)$$

Результати розрахунку наведені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6

Розрахунки показника HCS для граничних значень
вмісту елементів в сталях

Марка сталі	Вміст хім. елементів, %							HCS
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	
10	0,07	0,35	0,17	0,15	0,30	0,04	0,035	4,95
	0,14	0,65	0,37	0,15	0,30			6,20
20	0,17	0,35	0,35	0,25	0,30	0,035	0,03	6,60
	0,24	0,65	0,65	0,25	0,30			9,96

Оскільки у всіх випадках $HCS > 4$, то вказані сталі схильні до утворення гарячих тріщин і для їх запобігання при розробці технології зварювання слід

використовувати відповідні зварювальні матеріали, зокрема з підвищеним вмістом Mn, наприклад Св-08Г2С. При цьому можна отримати значення показника HCS $\approx 2,5$.

1.3. Типова технологія виготовлення зварних сталевих трубопроводів, особливості зварювання труб малого діаметру

Виготовлення труб-деталей і вузлів труб у цеху в загальному вигляді складається з ряду операцій, що повторюються:

1. Відпал (у тому випадку, якщо труба не піддавалася йому на металургійному заводі);
2. Різання заготовок;
3. Гнуття труб-деталей;
4. Механічна обробка (нарізання різьблення на кінці труби, відборткування, вирізання отворів для відгалужень та ін.);
5. Складання деталей на електроприхватках;
6. Зварювання вузлів труб;
7. Механічна обробка після зварювання (зачищення швів, проточування фланців та кілець, розвальцювання);
8. Маркування та комплектація;
9. Контроль швів та випробування на щільність;
10. Хімічне очищення та нанесення антикорозійних покриттів;
11. Ґрунтування;
12. Нанесення ізоляції;
13. Складання вузлів з арматурою;
14. Зважування;
15. Встановлення заглушок та здача готових вузлів на склад.

Залежно від конструкції та розмірів деталей та вузлів проводять усі або лише частину перерахованих операцій.

					КР.131.6121М.02.06.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

Для можливості механізації виготовлення труб та спеціалізації окремих дільниць цеху використовують поділ на типові технологічні групи, для яких складають типові маршрути виготовлення. Наприклад, один із маршрутів — виготовлення вузлів металевих труб малих діаметрів, інший — діаметром 15-32 мм, може бути маршрут — виготовлення сталевих труб діаметром понад 200 мм і т. ін. При цьому в цехах, як правило, створюють два технологічні потоки, що діють паралельно, виготовлення вузлів труб зовнішнім діаметром до 75 і більше 75 мм [27].

У процесі виготовлення труби переміщують за технологічним маршрутом цеховими кранами або спеціальними підвісними конвеєрами з автоматичним адресуванням і проходять послідовно через спеціалізовані дільниці цеху, де піддаються необхідним операціям обробки. На кожній дільниці обробку веде спеціалізована бригада.

Складання вузлів труб полягає у попередньому з'єднанні на прихватках труб-деталей з відростками, фланцями, деталями штуцерних з'єднань або іншими елементами для подальшого скріплення зварюванням.

У сучасному суднобудуванні використовують наступні методи складання трубопроводів [28]:

- за монтажними схемами з наступним підганянням за місцем на судні та еталонними трубами;
- за шаблонами-макетами;
- на макетувавальному верстаті з використанням 3D-моделей.

В останньому випадку при розробці трубопровідної системи розташування її елементів безперервно узгоджують з розміщенням суміжних систем з урахуванням положення корпусних деталей і вузлів механічного та електромеханічного обладнання використовуючи комплекси САПР-К, САПР-МО, САПР-ЦЕ та ін. При цьому комплекси, аналогічні САПР-Т, дозволяють розробляти програми керування автоматизованими верстатами та гнучкими автоматизованими лініями для обробки труб.

Зварювання вузлів трубопроводів зазвичай виконують електродуговим способом плавким або неплавким електродом, а іноді контактним способом. Для приєднання труб малих діаметрів (менше 26 мм) іноді ще застосовують газове зварювання.

Перевагу у всіх випадках надають автоматичному зварюванню, а у разі складності його застосування — механізованому у середовищі захисних газів [17].

При автоматичному та механізованому зварюванні плавким електродом (спосіб 135) трубопроводів малого діаметру (25 – 75 мм) з товщиною елементів 2 -11 мм із вуглецевих сталей (див. табл. 1.2) переважно використовують електродний дріт марки Св-08ГС або Св-08Г2С, як захисний газ - CO₂. Характерними недоліками зварювання в CO₂, як відомо є великі втрати електродного дроту на розбризкування металу та необхідність виконання зачищення виробів після зварювання, що підвищує трудомісткість та технологічну собівартість виготовлення трубопроводів [5].

Зварювання також виконують неплавким вольфрамовим електродом (спосіб 141) та покритим електродом (спосіб 111). В останньому способі використовують електроди марок УОНИ – 13/45 або УОНИ – 13/45А.

Зварювання у 135 спосіб в CO₂ виконується постійним струмом зворотної полярності дротом діаметром $d_e = 0,8 - 1,2$ мм. Проблемою зварювання стикових з'єднань тонкого металу є складність забезпечення повного провару стінки труби та недопущення її пропалин. Тому при виготовленні пожежних трубопроводів зварювання “на вису” використовують рідко, його замінюють зварюванням на підкладних кільцях. Зварювання стиків здійснюють з V-подібною розробкою крайок зі скосом 30°. Притуплення крайок становить 0,5 – 1,5 мм, зварювальний зазор 0,5 – 5,0 мм (нижня межа відповідає зварюванню “на вису”, верхня – зварюванню на підкладках).

Зварювання стиків труб з товщиною стінки до 2,5 мм виконують однобічним швом з зовнішнього боку без розробки крайок; при

					КР.131.6121М.02.06.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

товщині стінки більше 2,5 мм - зварювання з одно- або двобічним скосом крайок на підкладних кільцях.

Режими механізованого зварювання в CO₂ стиків труб наведені в табл. 1.7, приварювання відростків до труби – в табл. 1.8.

Таблиця 1.7

Режими механізованого зварювання в CO₂ стиків труб

Товщина стінки труби, мм	Номер проходу	Діаметр електродного дроту, мм	Зварювальний струм, А	Напруга на дузі, В
2,0 – 2,5	1	0,8	70 - 85	18 - 19
3,0 – 4,0	1	1,0	80 - 100	18 - 20
5,0	1	1,0	95 - 115	18 - 20
6,0	1	1,0	95 - 115	18 - 20
6,0	2	1,0	105 - 125	18 - 21
7,0 – 9,0	1	1,0	110 - 120	18 - 20
7,0 – 9,0	2	1,0	110 - 130	18 - 21
10,0 – 11,0	1	1,0	110 - 130	18 - 21
10,0 – 11,0	2,3	1,0	110 - 140	18 - 21

Таблиця 1.8

Режими механізованого приварювання в CO₂ відростків до труби

Товщина стінки відростка, мм	Номер проходу	Діаметр електродного дроту, мм	Зварювальний струм, А	Напруга на дузі, В
2,0	1	0,8	50 - 60	18 - 19
2,0	1	1,0	80 - 90	18 - 20
2,5 – 3,0	1	0,8	60 - 70	18 - 19
2,5 – 3,0	1	1,0	80 - 90	18 - 20
2,5 – 3,0	1	1,2	110 - 130	18 - 21
3,5 – 4,5	1	1,2	115 - 135	18 - 21

5,0 – 6,0	1	1,2	130 - 150	19 - 21
5,0 – 7,0	2	1,2	140 - 160	20 - 22

Тут треба відмітити, що оптимальними з огляду на забезпечення високої продуктивності зварювання елементів трубопроводів є з'єднання без підкладних кілець та без непроварів, які можна отримати шляхом автоматичного зварювання з використанням найсучаснішого устаткування з синергетичним керуванням.

Разом з тим відомо [15], що у суднобудуванні підвищення рівня автоматизації тільки зварювальних операцій не можна вважати ефективним напрямком розвитку зварювального виробництва в цілому, оскільки лише 25 – 46% загальної трудомісткості побудови судна припадає на зварювальні роботи, решту складають незварювальні операції. Так, на трубообробне виробництво припадає 4 – 5 %, в якому вказана частка трудомісткості розподіляється на питомі складові наступним чином: заготівельні операції 3%, гнуття 8%, обробка пригонка та складання під зварювання 15%, зварювання 12%, остаточна обробка та випробовування 12%. Звідси стає очевидним необхідність проведення робіт щодо комплексної механізації трубообробного виробництва. В цехових умовах перспективною розробка відповідних комплексно-механізованих потокових ліній або ділянок складально-зварювального цеху, зокрема в малотоннажному суднобудуванні.

Про роботи у цьому напрямку відомо із навчально-наукової літератури [29], де описана можлива схема автоматизованої потокової лінії виготовлення судового трубопроводу (рис. 1.4).

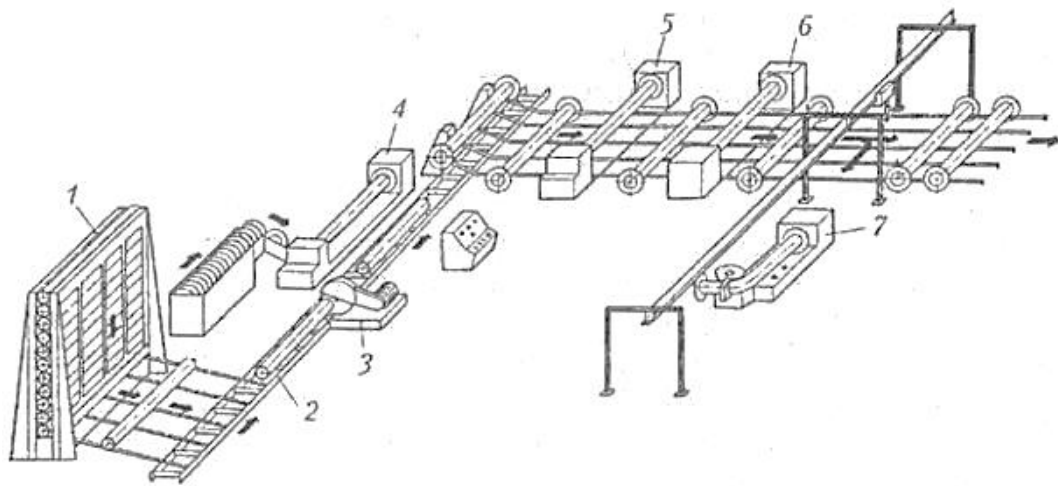


Рисунок 1.4 – Схема потокової лінії виготовлення суднового трубопроводу

Роботи на лінії виконуються у наступному порядку. Труби, що прибули з металургійного заводу, завантажують у стелажі 1, звідки трубу по рольгангу 2 подають до верстата 3, де з неї вирізають заготовку потрібної довжини. Потім на верстаті 4 труби прихоплюють і на верстаті 5 приварюють фланці. Далі фланці і район приварювання обточують автоматично на фланцепроточувальному верстаті 6. Труба з фланцями подається на автоматичний трубозгинальний верстат 7, де згинається за заданою формою. Готовий вузол трубопроводу подають на випробування.

Таким чином, усі основні операції на потоковій лінії виявляються комплексно-механізованими.

1.4. Висновки та завдання кваліфікаційної магістерської роботи

Виконаний аналіз конструкції суднової протипожежної системи на представниках малотоннажних суден, властивостей та зварюваності сталей, з яких виготовляються елементи трубопроводів, типової технології їх зварювання та організації виробництва дозволяє зробити такі головні висновки.

1. Суднова протипожежна система трубопроводу малотонажного судна являє собою складну конструкцію, до складу якої входять прямолінійні та криволінійні безшовні труби, фланці та відростки, що з'єднуються між собою

за допомогою зварювання. Елементи трубопроводу характеризуються показниками: діаметр труб та трубних заготовок змінюється у межах від 25 до 76 мм; товщина стінки труби - від 2 до 11 мм; погонна маса труби - від 1,13 до 13,42 кг/м.

2. Для виготовлення елементів трубопроводу використовують переважно вуглецеві сталі 10 та 20, які при раціонально вибраній технології добре зварюються всіма способами електродугового зварювання.

3. Типова технологія зварювання труб передбачає найчастіше використання механізоване (спосіб 135) та ручне (спосіб 111) зварювання елементів трубопроводу “на вису” або на підкладних кільцях.

4. Застосовані способи зварювання характеризуються підвищеною трудомісткістю робіт та зварювальних матеріалів, особливо при зварюванні в середовищі CO₂.

5. Резервом підвищення ефективності виробництва трубопроводів в умовах цеху є розробка удосконаленої технології зварювання на основі використання високопродуктивних зварювальних матеріалів та технологічного устаткування, а також спеціалізованої комплексно-механізованої дільниці цеху.

Виходячи з вказаних висновків та для досягнення мети даної кваліфікаційної роботи необхідно вирішити наступні завдання.

1. Вибрати ефективні способи зварювання, які забезпечують високу продуктивність процесу та якість зварних з'єднань.

2. Розрахувати режими зварювання для всього діапазону товщин елементів протипожежного трубопроводу.

3. Оцінити розрахунком структуру та механічні властивості зварних з'єднань.

4. Провести металографічні дослідження зварних з'єднань.

5. Вибрати зварювальне устаткування та розробити технологічну оснастку для складально-зварювальних операцій.

					КР.131.6121М.02.06.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

6. Розробити технологічний процес та скласти технологічний план спеціалізованої ділянки виготовлення трубопроводів.
7. Розробити заходи щодо охорони праці та техніки безпеки на ділянці.
8. Виконати економічну оцінку розробленої технології складання і зварювання вузлів трубопроводу.

					КР.131.6121М.02.06.02.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розраб		Борисов В.В.			Розрахунки та дослідження технології зварювання труб діаметром 25-76 мм із вуглецевих сталей		Аркуш	Аркушів
Керівник		Драган С.В.					24	18
Консультант		.					НУК	
Н.Контр								
Зав.Каф		Драган С.В.						

2. РОЗРАХУНКИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ

ТРУБ ДІАМЕТРОМ 25 -76 ММ ІЗ ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

2.1. Вибір способу зварювання та зварювальних матеріалів

Вуглецеві сталі з вмістом вуглецю до 0,30%, до яких належать сталі 10 і 20 (див. табл. 1.3), що використовують для виготовлення протипожежних трубопроводів, добре зварюються всіма способами дугового зварювання [5].

З метою обґрунтованого вибору способу зварювання, який забезпечить реалізацію удосконаленої технології виготовлення елементів трубопроводу, коротко проаналізуємо показники технологічності придатних механізованих та автоматизованих способів (табл. 2.1) [14].

Таблиця 2.1

Показники технологічності способів зварювання

Показники технологічності	Спосіб зварювання		
	121 зварювання під флюсом (SAW)	135 зварювання в захисному газі (MAG)	136 зварювання порошковим дротом (самозахисним або у захисному газі) (FCAW)
Можливість легування металу шва	через флюс і дріт	тільки через дріт	тільки через дріт
Вигорання легуючих елементів	мінімальне	підвищене	
Втрати електродного металу	відсутні	підвищені	мінімальні
Зовнішній вигляд шва	гладка поверхня	горбиста поверхня	гладка поверхня
просторове положення	тільки нижнє	будь-яке	будь-яке
Зачистка при багатошаровому зварюванні	необхідна	не потребується	
Зачищення від бризок після зварювання	не потребується	необхідне	часто не потребується
Спостереження за зварювальною ванною	утруднене	можливе	можливе
Протяжність шва	бажано велика	будь-яка	будь-яка
Основні шкідливості і	токсичні	світлове	світлове

Показники технологічності	Спосіб зварювання		
	121 зварювання під флюсом (SAW)	135 зварювання в захисному газі (MAG)	136 зварювання порошковим дротом (самозахисним або у захисному газі) (FCAW)
небезпечності	речовини	випромінювання	випромінювання, токсичні речовини

Спосіб 121 – найпоширеніший спосіб автоматичного зварювання плавким електродом. У суднобудуванні даний спосіб використовують переважно у серійному виробництві для виконання кільцевих, прямолінійних і кутових швів довжиною від 0,8 м і більше на металі товщиною 3 ... 100 мм з вільним входом та виходом зварювальної головки для початку і кінця шва.

Безсумнівними перевагами цього способу порівняно з іншими способами є: висока продуктивність, стабільність високої якості і гарний зовнішній вигляд зварних з'єднань, високий рівень локальної автоматизації, низькі витрати електродного металу та електроенергії.

До недоліків можна віднести: можливість зварювання лише у нижньому положенні, необхідність більш ретельної (у порівнянні з ручним зварюванням) підготовки крайок і більш точного складання деталей під зварювання, неможливість зварювання стикових швів без підкладки або попереднього підварювання кореня шва.

Спосіб 135 широко застосовується як механізований, менше – в автоматичному режимі виконання. Механізоване зварювання застосовують для виконання коротких швів на виробах з невеликою товщиною деталей.

Переваги способу наступні: можливість зварювання в будь-якому просторовому положенні і стикових з'єднань навису, підвищення продуктивності порівняно з ручним зварюванням у 1,2 ... 1,5 разу, висока маневреність і мобільність (у порівнянні з автоматичним

зварюванням), можливість візуального контролю за рухом дуги по стику.

Головний недолік – велике розбризкування металу (до 10 ... 12 %) і, відповідно, підвищені втрати електродного металу, погіршення формування швів, схильність до утворення пор при зварюванні на форсованих режимах та низька ударна в'язкість при негативних температурах.

Спосіб 136 набув широкого застосування у суднобудуванні для зварювання маловуглецевих і низьколегованих сталей внаслідок використання замість суцільних електродних дротів всепозиційних порошкових дротів, які забезпечують наступні переваги технології: високу продуктивність процесу, особливо при зварюванні у вертикальному

відмінні зварювально-технологічні характеристики, значно менше розбризкування.

До недоліків можна способу слід віднести велику ймовірність утворення шлакових включень у кореновому проході при виконанні багатопрохідних швів і відносно велику вартість електродного дроту. Тому використання даного способу не рекомендовано для зварювання труб [8].

Таким чином, найбільш придатним способом зварювання труб протипожежної системи малотоннажних суден можна вважати механізоване зварювання 135 способом за умови зниження затрат технології на роботи, зв'язані з розбризкуванням металу.

В останні десятиліття значного поширення набуло зварювання у сумішах захисних газів на основі аргону з роздільним або сумісним додаванням кисню та вуглекислого газу. Практика зварювального виробництва показує, що при зварюванні в газовій суміші 75 ... 80 % Ar + 20 ... 25 % CO_2 розбризкування значно менше, ніж при зварюванні в чистому вуглекислому газі [5]. У такій атмосфері навколо

					КР.131.6121М.02.06.02.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

зони горіння дуги і формування шва не відбувається окиснення матеріалів. Поряд з цим комбінований захист зварювальної дуги сумішшю інертного та активного газів дозволяє змінити форму дуги та характер перенесення електродного металу, знижує критичне значення зварювального струму.

У теперішній час у суднобудуванні найчастіше застосовують зварювання у газовій суміші Pureshield P3 (82 % Ar + 18 % CO₂), яка дозволяє досягти істотного економічного ефекту за рахунок зниження трудових витрат на зачистку зварних з'єднань від приварених бризок, втрат електродного металу та підвищення продуктивності праці зварювальників на 10 ... 20 %.

Дана газова суміш дозволяє отримати більш міцний та щільний метал шва, структура при цьому стає більш дрібнозернистою, опуклість шва меншою, разом з тим зростає глибина проплавлення основного металу за рахунок підвищення зварювального струму.

Для механізованого зварювання у суміші Pureshield P3 вибираємо обміднений легований зварювальний дріт Св-08Г2С діаметром 0,8 – 1,2 мм. У дроті вміст вуглецю та сірки знижений, а марганцю і кремнію – підвищений (табл. 2.2) у порівнянні з основним металом, завдяки чому забезпечується висока стійкість металу шва проти утворення гарячих тріщин.

Таблиця 2.2

Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С, мас. (ДСТУ 2246-70)

Марка дроту	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
Св-08Г2С	0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	0,25;	≤ 0,025	≤ 0,03	≤ 0,2

На підставі проведеного аналізу для зварювання елементів трубопроводу вибираємо механізований спосіб зварювання 135 у захисній газовій суміші Pureshield P3 дротом Св-08Г2С.

2.2. Розрахунок режимів зварювання

Виходячи з аналізу конструкції зварних з'єднань трубопроводу представників малотоннажних суден (див. рис. 1.3) та вибраного способу зварювання, розрахуємо параметри режимів зварювання згідно з методикою [14].

Вихідними даними для розрахунків є товщина зварюваного металу s і форма скосу крайок (для стикового з'єднання) або катет кутового шва k (для таврового або напусткового з'єднання).

Розрахунки виконаємо відповідно до рекомендованої схеми:

$$s(k) \rightarrow d_e \rightarrow I_{зв} \rightarrow U_d \rightarrow F_H \rightarrow V_{зв} \rightarrow V_{др} \rightarrow q_{п}.$$

Розрахунок режимів зварювання стикових з'єднань починаємо з визначення потрібної глибини проплавлення стінки труби [1].

1. Глибина проплавлення призначається у залежності від товщини металу

$$H = s + 1, \text{ мм} \quad (2.1)$$

2. Сила зварювального струму

$$I_{зв} = \frac{H}{k_H} 100, \text{ А} \quad (2.2)$$

де k_H – коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від умов виконання зварювання, діаметра електродного дроту (табл. 2. 3)

Таблиця 2.3

Значення коефіцієнта k_H при зварюванні в захисному газі постійним струмом зворотної полярності

Діаметр електрода d_e , мм	0,8	1,0	1,2
Допустима густина струму j , А/мм ²	150	200	250
k_H , мм/100 А	3,80	3,40	2,10

3. Діаметр електродного дроту

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{I_{зв}}{j}}, \text{ мм} \quad (2.3)$$

4. Напруга на дузі

$$U_{\text{л}} = 20 + \frac{5 \times 10^{-3} \times I_{зв}}{\sqrt{d_e}} \pm 1, \text{ В} \quad (2.4)$$

5. Швидкість зварювання

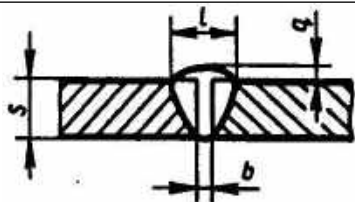
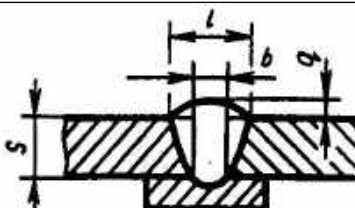
$$v_{зв} = \frac{\alpha_n I_{зв}}{3600 \gamma F_n}, \text{ см/с} \quad (2.5)$$

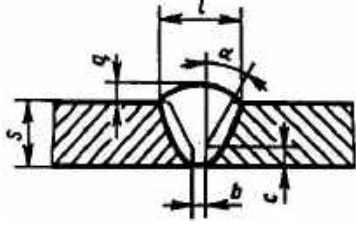
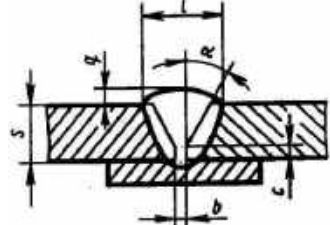
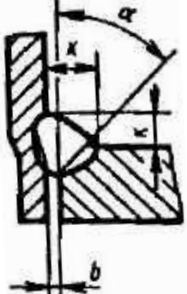
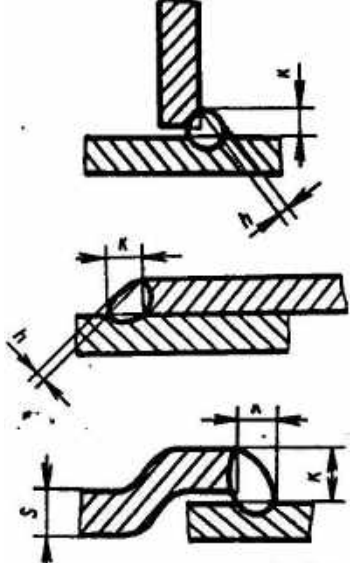
де α_n – коефіцієнт наплавлення, приймаємо $\alpha_n = 16 \text{ г/А}\cdot\text{год}$; γ – щільність наплавленого металу, $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$; F_n – площа поперечного перерізу зварного шва.

Площу F_n розраховуємо відповідно до даних табл. 2.4 [8].

Таблиця 2.4

Зварні з'єднання та формули розрахунку площ поперечного перерізу шва

Тип з'єднання	Підготовка кромки, умови виконання шва	Ескіз шва	Формула розрахунку площі поперечного перерізу
1	2	3	4
Стикове	1. Без скошу кромки, односторонній		$F = s \cdot b + 0,75 l a$
	2. Без скошу кромки, односторонній на підкладці, що залишається		

	3. Зі скосом двох кромки, односторонній		$F = s \cdot b + (s - c)^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + 0,75 l \cdot q$
	4. Зі скосом двох кромки, на підкладці, що залишається		
Кутове	5. З'єднання фланця або кільця з трубою		$F = \frac{\kappa^2}{2} + 1,05 \kappa h$
Таврове або внапусток	6. Без скосу кромки, односторонній		$F = \frac{\kappa^2}{2} + 1,05 \kappa h$

6. Швидкість подачі електродного дроту

$$v_{\text{пд}} = \frac{4a_p I_{\text{зв}}}{3600 \rho d_e^2 g}, \text{ см/с} \quad (2.6)$$

де a – коефіцієнт розплавлення електродного металу, приймаємо орієнтовно $a_p = 17 \text{ г/А} \cdot \text{год.}$

7. Погонна енергія зварювання

$$q_{\Pi} = \frac{I_{\text{зв}} U_{\text{д}} h}{v_{\text{зв}}}, \text{ Дж/см} \quad (2.7)$$

8. Витрати захисного газу

$$Q_{\Gamma} = 10 + \frac{(I_{\text{зв}} - 30)}{51,3}, \text{ л/хв.} \quad (2.8)$$

9. Виліт електрода l_e приймається у залежності від діаметра d_e : при $d_e \leq 2 \text{ мм}$ $l_e = 15 - 20 \text{ мм}$.

Розрахунок параметрів режиму зварювання з'єднань кутових, таврових та внапусток (див. табл. 2.3) починаємо з вибору діаметра електродного дроту і відповідної допустимої густини зварювального струму. Тоді зварювальний струм розраховуємо за формулою

$$I_{\text{зв}} = j \frac{\rho d_e^2}{4} \quad (2.9)$$

Далі розрахунки виконуємо за формулами (2.4) – (2.9).

Зведені результати розрахунків параметрів режимів для з'єднань різних типів наведені в табл. 2. 5

Таблица 2.5

Тип з'єднання згідно з табл. 2.3	Товщина стінки труби s, мм	Катет кутового шва k, мм	Площа перерізу шва $F_{\text{ш}}, \text{ мм}^2$	Параметри режиму зварювання						
				d_e , мм	$I_{\text{зв}}$, А	$U_{\text{д}}$, В	$v_{\text{зв}}$, м/го	$v_{\text{пд}}$, м/год	q_{Π} , Дж/см	Q_{Γ} , л/хв.
1,2	2	-	6	0,8	80	20	27,4	350,0	1576,6	11,0
	4	-	13,5	1,0	147	21	21,7	411,6	3840,0	12,8
	7	-	27,5	1,2	235	21	17,1	330,4	7792,1	14,7
3,4	3	-	9,9	1,0	118	20	26,2	229,4	2432,1	12,2
	5	-	17,3	1,0	176	21	20,3	492,8	4915,9	13,3
	11	-	34,9	1,2	143,238	21,22	23,8,21,6	278,0462,8	3406,86545,0	12,714,5

					*					
5	-	5	16,2	1,2	283	22	34,9	550,3	4816,7	15,4
6	-	4	10,1	1,0	157	21	31,4	305,3	2835,0	13,0

Примітка *2 проходи

Як видно з табл. 2.5, найбільша погонна енергія вкладається у зварювальний метал при виконанні одnobічного однопрохідного стикового шва труб з розробкою кромки, тому для подальших досліджень впливу режиму зварювання на властивості металу вибираємо вказане з'єднання.

2.3. Розрахункова оцінка структури та механічних властивостей стикового зварного з'єднання

Для дослідження очікуваної структури металу та основних показників механічних властивостей зварних з'єднань на першому етапі перевіримо один з розрахованих режимів зварювання шляхом побудови термічного циклу зварювання у зоні термічного впливу (ЗТВ), а далі визначимо очікувану структуру металу цієї зони використовуючи відповідну діаграму термокінетичного перетворення аустеніту сталі.

У даній роботі виконаємо розрахунок термічного циклу для стикового з'єднання труб з товщиною стінки 7 мм із сталі 20 при зварюванні за один

прохід у газовій суміші Pureshield P3 (82 % Ar + 18 % CO₂) на режимі з найбільшою погонною енергією $q_{\text{п}} = 7792,1$ Дж/см (див. табл. 2.5).

У розрахунку вважаємо, що даний режим забезпечує повне проплавлення стінки труби по товщині. Розрахункова схема являє собою джерело тепла, що швидко рухається по пластині [14].

Розрахуємо ефективну теплову потужність нагрівання виробу як

					КР.131.6121М.02.06.02.ПЗ					Лист
										33
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

$$q_e = I_{36} \cdot U_o \cdot \eta, \quad (2.10)$$

$$q_e = 235 \cdot 21 \cdot 0,75 = 3701 \text{ Дж/с.}$$

Температура у напрямку, перпендикулярному осі переміщення джерела тепла, у будь-який момент часу t в заданій точці з координатою y_0 розраховується за формулою

$$T(y_0, t) = \frac{q_e}{v s \sqrt{4 \pi l c g t}} \exp\left(-\frac{y_0^2}{4 \lambda t} - b t\right) + T_0, \quad (2.11)$$

де v - швидкість зварювання, $v = 0,58$ см/с; s - товщина стінки труби, $s = 0,7$ см; λ - коефіцієнт теплопровідності сталі, $\lambda = 0,35$ Дж/см³·с·град.; $c\gamma$ - об'ємна теплоємність металу, $c\gamma = 4,24$ Дж/см³·с; a - коефіцієнт температуропровідності металу, $a = 0,08$ см²/с; b - коефіцієнт температуровіддачі металу, с⁻¹; T_0 - початкова температура у точці, яка розглядається, $T_0 = 20$ °С.

Відстань y_0 за умови, що $T_m = 1350$ °С визначається як

$$y_0 = \frac{0,484 \cdot q_e}{2 \cdot \eta \cdot g \cdot (T_m - T_0)} \quad (2.12)$$

$$y_0 = \frac{0,484 \cdot 3701}{2 \cdot 0,7 \cdot 4,24 \cdot 0,35(1350 - 20)} = 0,65 \text{ см.}$$

Час нагрівання до $T_{\max}$ розраховується за формулою

$$t_m = \frac{y_0^2}{2a} \quad (2.13)$$

$$t_m = \frac{0,65^2}{2 \cdot 0,08} = 2,64 \text{ с.}$$

Коефіцієнт температуровіддачі розрахуємо за формулою

$$b = \frac{2a}{c\gamma \cdot \eta}, \quad (2.14)$$

де a - коефіцієнт тепловіддачі, $a = 0,003$ Дж/см²·с град.

$$b = \frac{2 \cdot 0,003}{4,24 \cdot 0,7} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}. \quad (2.15)$$

Розрахунок термічного циклу у точці на відстані $y_0 = 0,65$ см від осі шва виконуємо за формулою (2.11), результати розрахунку наведені у табл. 2.6 та на рис. 2.1.

Таблиця 2.6

Термічний цикл точки у ЗТВ при зварюванні стикового з'єднання

Час t , с	1	2	3	5	7	10	15	20
$T(y, t), ^\circ\text{C}$	994,83	1343,35	1358,02	1262,0	1124,89	985,93	827,83	721,44
Час t , с	30	50	70	100	150	200	250	300
$T(y, t), ^\circ\text{C}$	583,71	432,59	346,35	265,70	191,03	139,02	106,75	83,62

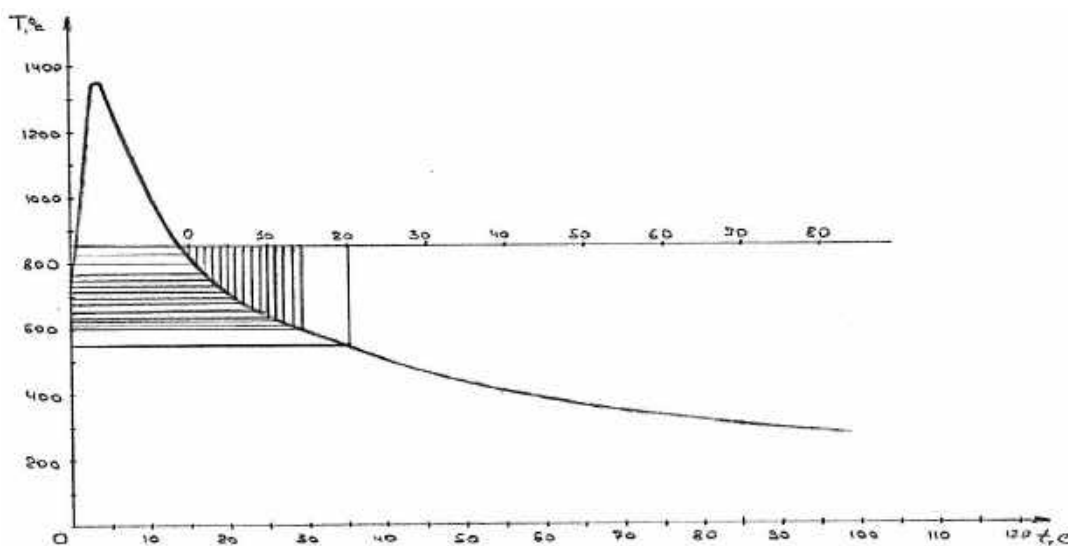


Рисунок 2.1 - Термічний цикл зварювання стикового з'єднання труб з товщиною стінки $s = 7$ мм зі сталі 20, виконаного відповідно до табл. 2.3 (випадок умов 1).

Для оцінки очікуваної структури металу ЗТВ спочатку розрахуємо критичну температуру A_{c3} , при якій починається перетворення аустеніту у ферит для сталі 20 (у залежності від хімічного складу) за формулою

$$A_{c3} = 854 - 180 \cdot C - 14 \cdot Mn + 44 \cdot Si - 2 \cdot Cr - 18 \cdot Ni. \quad (2.16)$$

При мінімальному вмісті елементів:

$$A_{c3\max} = 854 - 180 \cdot 0,17 - 14 \cdot 0,35 + 44 \cdot 0,17 - 2 \cdot 0,25 - 18 \cdot 0,3 = 820,1 ^\circ\text{C};$$

При максимальному вмісті

$$A_{c3min} = 854 - 180 \cdot 0,24 - 14 \cdot 0,65 + 44 \cdot 0,37 - 2 \cdot 0,25 - 18 \cdot 0,3 = 812,1 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Приймаємо середнє значення $A_{c3} = 816 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Далі розраховану криву охолодження нанесемо на діаграму перетворення аустеніту сталі 20 (рис. 2.2).

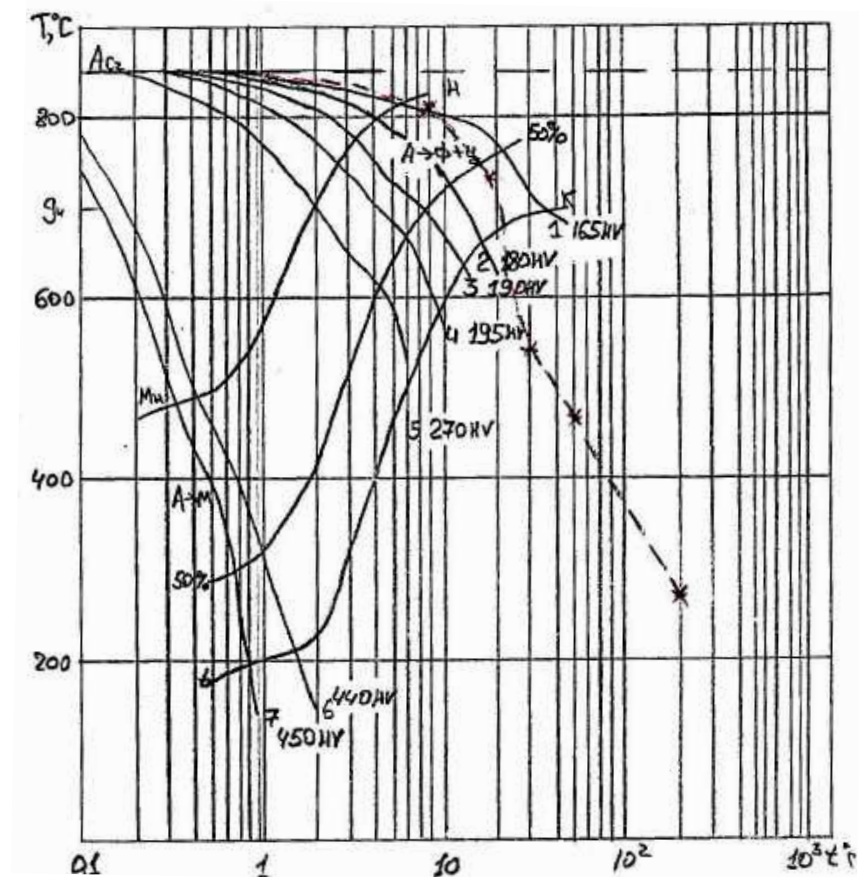


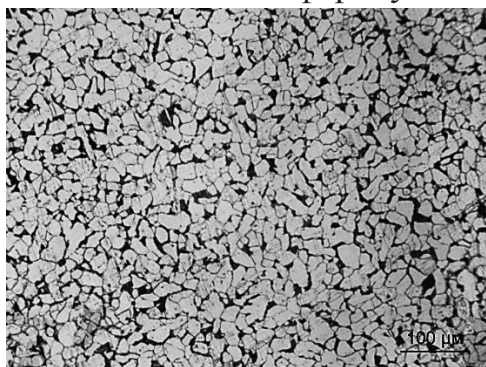
Рисунок 2.2 - До визначення твердості металу ЗТВ при зварюванні стикового з'єднання труб зі сталі 20

Як видно з діаграми при повному охолодженні у ЗТВ очікувана твердість металу становитиме 170 HV, яка відповідає ферито-перлітній структурі.

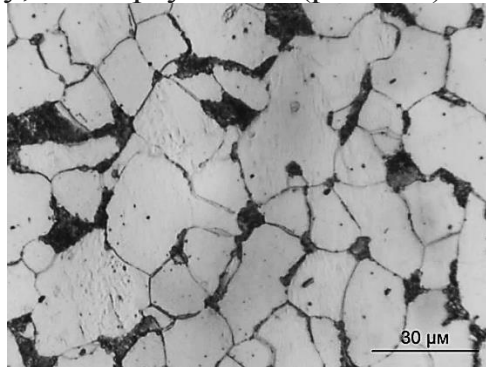
Як відомо [30], ферито-перлітна структура - це мікроструктура, характерна для сталей з низьким та середнім вмістом вуглецю (до 0,8%).

Вона складається з двох основних фаз: фериту та перліту. Ферит - це м'яка, пластична фаза, що є твердим розчином вуглецю в залізі. Перліт, у

свою чергу, є евтектоїдною сумішшю фериту і цементиту (карбіду заліза) і являє собою пластини фериту і цементиту, що чергуються. (рис. 2.3)



а



б

Рисунок 2.3 - Типова ферито-перлітна структура вуглецевої сталі з вмістом вуглецю до 0,25% при різному збільшенні (світлі зерна - ферит; темні – пластинчастий перліт)

Така структура є достатньо пластичною і тому забезпечує стійкість металу проти утворення холодних тріщин.

Розрахуємо середні значення деяких показників механічних властивостей металу шва досліджуваного зварного стикового з'єднання зі сталі 20 та порівняємо їх зі стандартними для основного металу (див. табл. 1.4). Розрахунок виконаємо за формулами [1]:

$$s_{\text{шв.}} = 4,8 + 50C + 25,2Mn + 17, Si + 23,9Cr + 7, Ni + 17,6Cu ; \quad (2.17)$$

$\sigma_{\text{в шв. max.}} = 528 \text{ Н/мм}^2$; $\sigma_{\text{в шв. min.}} = 427 \text{ Н/мм}^2$; $\sigma_{\text{в шв ср}} = 457 \text{ МПа}$. Різниця становить 11,5%.

$$d_{\text{шв}} = 4 - (21,8C + 15Mn + 4,9Si + 2,4Ni + 5,8Cr + 6,2Cu) . \quad (2.18)$$

$\delta_{\text{шв. min.}} = 29,58\%$; $\delta_{\text{шв. max.}} = 35,59\%$; $\delta_{\text{шв. ср.}} = 32,60\%$. Різниця 30,4%.

Отриману різницю можна пояснити перемішуванням основного та електродного металу в металі шва.

2.4.Металографічні дослідження зварних з'єднань

2.4.1. Методика досліджень

Металографічні дослідження виконували на зразках зварених у газовій суміші Pureshield P3 дротом марки Св-08Г2С [31] діаметром 1,2 мм на режимі: $I_{зв} = 215 \text{ А}$, $U_d = 20 \text{ В}$.

Підготовку зразків для проведення досліджень проводили у наступній послідовності.

1. Із середньої частини трубної заготовки діаметром 70 мм вирізали механічним способом 3 поперечних зразка розмірами 40'15'7 мм.

1. На фрезерному верстаті виконували механічну обробку поверхонь, що підлягають дослідженню.

3. Виконували шліфування та полірування досліджуваної поверхні зразка.

Металографічні дослідження проводили у такій послідовності.

1. Зразок у нетравленому стані піддавали зовнішньому огляду та вимірюванню геометрії шва з метою визначення наявних дефектів зварювання – тріщин несплавлень, підрізів і т. ін. та відповідності розмірів нормативним вимогам.

2. Проводили вивчення мікроструктури металу зон зварного з'єднання: шва, ЗТВ та основного металу.

3. Виконували вимірювання твердості металу вказаних зон.

Розміри зварного шва вимірювали штангенциркулем з ціною поділки 0,1 мм.

Для металографічних досліджень використовували мікроскоп НЕОРНОТ 21 (рис. 2.4, **а**), технічні характеристики якого наведені в табл. 2.7.

Структуру металу фотографували цифровим фотоапаратом SONY

DSC – W15, оснащеним адаптером для підключення до тубусу мікроскопа. Мікроструктуру зон зварного з'єднання знімали при збільшенні $\times 200$.

Вимірювання твердості металу зварних з'єднань виконували методом Віккерса (HV) з використанням мікротвердоміра ПМТ-3 (рис. 2.4, б), технічні характеристики якого наведені в табл. 2.8.



Рисунок 2.4 - Прилади для металографічних досліджень:

а - мікроскоп НЕОФНОТ 21; **б** - мікротвердомір ПМТ-3

Таблиця 2.7.

Технічні характеристики мікроскопа НЕОФНОТ 21

Збільшення мікроскопа, крат	від 100 до 1000
Діапазон обертання столика, град	від 0 до 360
Розміри фотопластинок, см	9×12
Розмір фотоплівки, мм	24×36
Джерела світла	Галогенні лампи 12В – 100Вт Ксенонова лампа ХВО 101

Таблиця 2.8

Технічні характеристики мікротвердоміра ПМТ-3

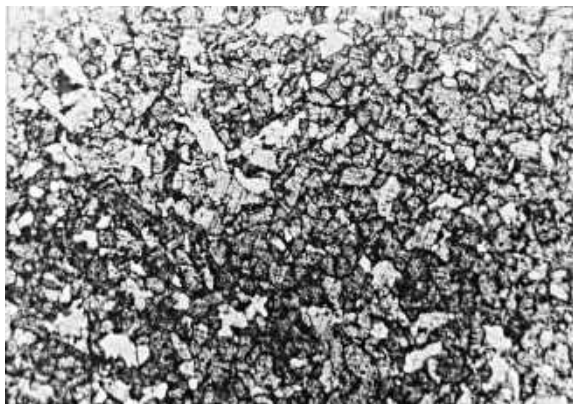
діапазон навантаження, Н	0,0196 ... 4,9
керування навантаженнями	ручне
збільшення мікроскопа	130, 500, 800

габаритні розміри не більше, мм	270 x 290 x 470
маса не більше, кг	22

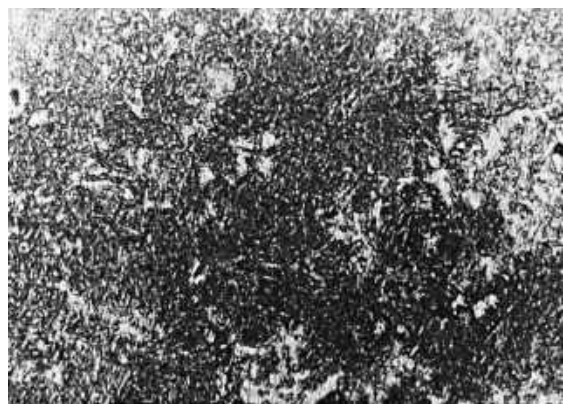
2.4.2. Результати досліджень

Попередній аналіз шліфів показав, що такі зовнішні дефекти зварних з'єднань як підрізи, несплавлення, непровари та тріщини відсутні. Формування швів у цілому задовільне.

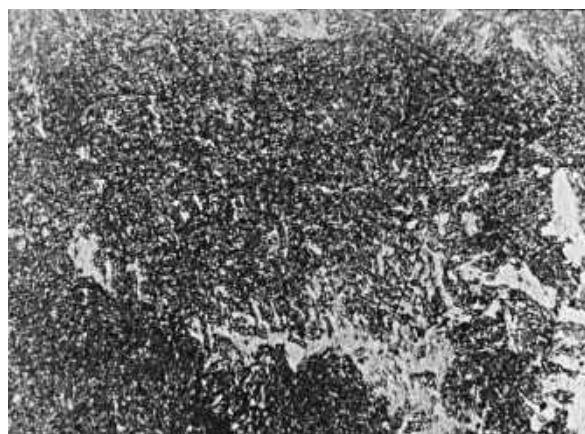
Вимірюванням геометрії шва встановлено, що ширина шва змінюється в межах $e = 10,8...12,2$ мм; висота шва $g = 1,8...2,5$ мм. Порівняння цих параметрів з вимогами ГОСТ 14771-76 (ДСТУ EN ISO 9692-1:2014) свідчить про перевищення максимально допустимої ширини шва на 0,2 мм, а висоти шва – на 0,5 мм. Для приведення розмірів шва до допустимих величин потрібна механічна обробка поверхні, яка і передбачена чинним технологічним процесом підготовки швів під фарбування.



a



б



в

Рисунок 2.5 - Мікроструктури ділянок зварного з'єднання:
а - основний метал; **б** – перехідна зона сплавлення; **в** - метал шва; x200

Дослідження мікроструктури металу (рис. 2.5) показало, що у всіх зонах зварного з'єднання метал має ферито-перлітну структуру, яка

відрізняється лише розмірами зерен: від подрібнених, характерних для відпаленого основного металу (рис. 2.5, **а**) зі зростанням у зоні сплавлення (рис. 2.5, **б**) і до крупних зерен металу шва (рис. рис. 2.5, **в**).

Вимірювання твердості металу проводили посередині товщини зразка, результати вимірювання в різних ділянках зварного з'єднання наведені в табл. 2.9.

Таблиця 2.9

Твердість металу у досліджених зонах зварного з'єднання, HV

Місце вимірювання	Твердість	
	у точках виміру	середнє значення
Основний метал	165, 170, 175	170
ЗТВ	170, 180, 185	178
Шов	190, 205, 210	202

Аналіз отриманих результатів вимірювання показав, що в міру наближення до центру з'єднання твердість металу підвищується з до 165 ... 175 HV в основному металі до 190...210 HV у центральній частині шва. При цьому середнє значення твердості металу у ЗТВ становить 178 HV, що добре узгоджується з теоретично визначеним за діаграмою на рис. 2.2 (розбіжність становить 5,3 %) і не перевищує допустиме

значення 350 HV, встановленого вимогами розд. XIV Правил Регістру судноплавства України [19].

В цілому, металографічні дослідження підтвердили правильність розрахунків режимів зварювання зварних з'єднань труб судових протипожежних трубопроводів малотонажних суден.

Висновки

1. Для зварювання елементів трубопроводу протипожежної системи малотоннажного судна вибраний механізований спосіб зварювання у газовій захисній суміші Pureshield P3 (82 % Ar + 18 % CO₂) суцільним дротом марки Св-08Г2С діаметром 0,8 – 1,2 мм у залежності від типу з'єднання та товщини з'єднуваних деталей.

2. Виконано розрахунки режимів зварювання для всіх типів стикових та кутових швів, які використовуються у трубопроводі із сталі 20.

3. Розрахунком термічного циклу стикового шва, виконаного з максимальною погонною енергією, і експериментально підтверджено, що очікувана структура усіх зон металу зварного з'єднання – ферито-перлітна з різною величиною зерна: від дрібнозернистої в основному металі до крупнозернистої у шві.

4. Встановлено, що метал ЗТВ має твердість, 178 HV, шва - 202 HV які не перевищують допустимого за Правилами Регістру судноплавства України значення 350 HV.

5. Розраховані показники механічних властивостей металу шва σ_b та δ_5 для граничних значень вмісту хімічних елементів в основному металі і показано, що міцність та пластичність металу шва перевищує відповідні.

					КР.131.6121М.02.06.03.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розраб		Борисов В.В.			Розробка технології механізованого виготовлення елементів трубопроводу		Аркуш	Аркушів
Керівник		Драган С.В.					42	23
Консультант							НУК	
Н.контр								
Зав.Каф		Драган С.В.						

3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЗОВАНОГО ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТРУБОПРОВОДУ

3.1. Структурна схема та зміст технологічного процесу

Технологічний процес виготовлення елементів протипожежного трубопроводу є частиною загального виробничого процесу виготовлення системи водо гасіння.

Як відомо, головне призначення будь-якого технологічного процесу – забезпечення випуску зварних виробів з мінімальними затратами у відповідності з вимогами конструкторської-технологічної документації.

При розробці технологічного процесу складання і зварювання трубопроводу мають бути враховані особливості конструкції його вузлів, раціональна послідовність виконання технологічних операцій, їх трудомісткість, технічні можливості обладнання та перспективи удосконалення існуючої технології.

Технологічний процес складання і зварювання трубопроводу, що проектується в даній роботі, передбачає реалізацію трьох головних етапів: підготовку вузлів під зварювання, зварювання та контроль якості. Пропонована принципова структурна схема (рис. 3.1) ілюструє послідовність виконання операцій технологічного процесу і слугує основою для розробки його змісту. При цьому у залежності від конфігурації трубопроводу (наявності або відсутності гнутих труб) рух зварного виробу може здійснюватися за різними напрямками виробничого потоку.

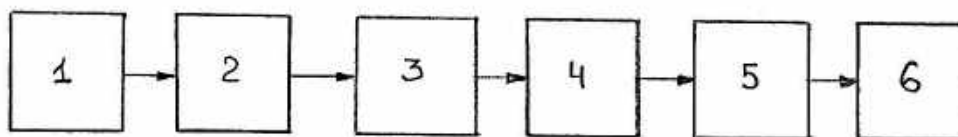


Рисунок 3.1 - Принципова структурна схема технологічного процесу:
1 – Зачищення труб; 2 – Гнуття; 3 – Складання та зварювання; 4 – Контроль якості зварювання; 5 – Гідро випробовування; 6 – Виправлення дефектів, складування виробів

Слід також відзначити, що частина технологічного обладнання може бути використана з базового технологічного процесу. Зокрема, зачищення кромки від бруду та розробку кромки під зварювання пропонується виконувати на трубозачисному верстаті МЗ -1, приварювання фланців на установці ЛК-1, гнуття труб на верстаті ИБ 3428. Для проведення гідровипробовувань частин трубопроводу використовується типова стаціонарна камера.

Для механізації складальних робіт перед зварюванням стикових з'єднань у проекті пропонується використати спеціальні центратори, зварювальні роботи виконувати сучасним високопродуктивним устаткуванням, встановлення виробу у зручне для зварювання положення - за допомогою двостоякового кантувача.

Зміст технологічного процесу наведено в табл. 3.1, у якій нормування операцій виконано для умовного елемента трубопроводу, що складається з 3- прямих труб діаметром 75 мм з товщиною стінки 5 мм та одного відростку діаметром 50 мм з товщиною стінки також 5 мм (рис. 3.2).

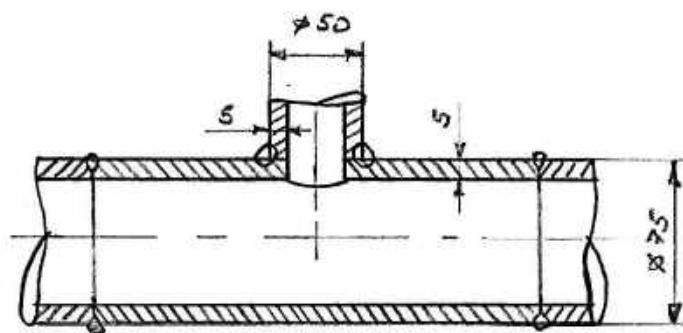


Рисунок 3.2 – Конструкція зварних з'єднань елемента трубопроводу

Конструкція стикових з'єднань відповідає типу 3, таврового з'єднання – типу 6 (див. табл. 2.4). Зварювання виконується на режимах, наведених у табл. 2.5.

					КР.131.6121М.02.06.03.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

Нормування робіт виконується відповідно до розрахункових формул [8] (табл. 3.2).

Таблиця. 3.1.

Зміст технологічного процесу складання і зварювання умовного
елемента трубопроводу

Найменування операції	Пере-ходи	Технологічні комплекси прийомів	Спосіб виконання робіт*	Устаткування, оснастка, інструмент	Норма часу, н-год.	Трудо-місткість операції, год.*
1	2	3	4	5	6	7
1. Зачищення трубних заготовок	1.1 Зачистити першу трубну заготовку	1.1.1. Подати першу трубну заготовку, закріпити у верстаті	М	Тельфер	0,15	0,17
		1.1.2. Виконати зачищення кромки	А	Трубозачи-сний вер-стат МЗ-1		
		1.1.3. Зняти першу трубну заготовку	М	Тельфер		
	1.2. Зачистити другу трубну заготовку	1.2.1. Подати другу трубну заготовку, закріпити у верстаті	М	Тельфер		
		1.2.2. Виконати зачищення кромки	А	Трубозачи-сний вер-стат МЗ-1		
		1.2.3. Зняти другу трубну заготовку	М	Тельфер		
2. Складання зварного вузла	2.1. Зібрати деталі стикового з'єднання з дотриманням зазору під зварювання	2.1.1. Подати почергово трубні заготовки до складально-зварювального стенду	М	Тельфер	0,34	0,16
		2.1.2. Встановити центратор труб	Р	Центратор		
		2.1.3. Сумістити торці труб, зафіксувати зазор під зварювання прихопленнями.	М	Пост механізованого зварювання, кантувач		

	2.2. Зібрати деталі таврового з'єднання під зварювання	2.2.1. Подати відросток трубної заготовки заготовки до складально-зварювального стану	Р			
		2.2.2. Встановити відросток, сумістити зварювальні кромки деталей	М	Складальний стан		
		2.2.3. Зафіксувати деталі прихопленнями під зварювання	Р			
		2.2.4. Зачистити прихоплення	М	Зачисна переносна машина		
3. Зварювання вузла	3.1. Виконати зварний шов стикового з'єднання	Заварити шов способом 135 у суміші Pureshield Р3 за допомогою кантувача. Параметри режиму зварювання повинні відповідати табл. 2.5.	М	Пост механізованого зварювання, кантувач	0,35	
	3.2. Провести контроль якості зварювання швів	Виконати контроль якості зварювання зовнішнім оглядом	Р	Зварювальний стан	0,07	0,02
	3.3. Виконати зварний шов таврового з'єднання	Заварити шов способом 135 у суміші Pureshield Р3. Параметри режиму зварювання повинні відповідати табл. 2.5.	М	Пост механізованого зварювання		
	3.4. Провести контроль якості зварю-	Виконати контроль якості зварювання зовнішнім оглядом.	Р	Зварювальний стан		

КР.131.6121М.02.06.03.ПЗ

Лист

46

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

	вання швів					
	4.2. Виконати контроль якості кутових швів	Проконтролювати зварні шви методом УЗК в обсязі відомості контролю.	М	Те ж саме	0,04	
	4.3. Провести і гідровипробовування елемента трубопроводу	Провести гідровипробовування відповідно до встановлених вимог	А	Камера гідровипробовувань		За регламентом
	4.4. Здати зварний виріб ВТК		Р			0,1
Тривалість технологічного процесу						0,51

Примітка *А – автоматичний, М – механізований, Р – ручний; **Час виконання операції залежить від кількості зварних з'єднань у вузлі.

					КР.131.6121М.02.06.03.ПЗ	Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Формули для нормування робіт при виконанні технологічних операцій

1. Зачищення прверхні	$T = [0,28B + 0,016]1,2$
2. Складання вузла: стиків з'єднання таврові з'єднання	$T = [0,011 (s - 6) + 0,42]0,8$ $T = [0,0077 (s - 6) + 0,31]1,1$
3. Механізоване зварювання	$T = \frac{1}{V_{зз}}1,3$
4. Контроль якості зварювання, хв./м: стиків з'єднання таврові з'єднання	1 2

Розрахунки показали, що загальна тривалість технологічного процесу (без урахування операції гідровипробовування) складання і зварювання умовного елемента трубопроводу становить 0,51 год., тобто приблизно 30 хв.

Тривалість реального процесу залежить від конструкції трубопроводу і може змінюватися у достатньо широких межах.

3.2. Вибір зварювального устаткування

Для виконання зварювальних робіт на ділянці, що проєктується, вибраний комплект устаткування для механізованого МІГ/МАГ зварювання, який складається зі зварювального випрямляча ВС-500 БУ-РАН та подавального механізму СПМ 430 (рис. 3.3) [32].

Випрямляч ВС-500 БУРАН (рис. 3.3, *а*) є джерелом постійного струму трансформаторного типу, яке дозволяє виконувати зварювальні роботи в умовах важкого машинобудування, металургії та ін. Випрямляч призначений для механізованого зварювання вуглецевих та легованих сталей, дротом су-

цільного перерізу діаметром $d = 0,8-2,4\text{мм.}$, або самозахисним, $d=$ до $2,4\text{мм}$ в середовищі захисного газу - двоокису вуглецю CO_2 (або його суміші).



а



б

Рисунок 3.3 – Комплект зварювального устаткування: зварювальний випрямляч ВС 500 Буран (**а**) та подавальний механізм СПМ – 430 з пальником

Подавальний механізм СПМ – 430 (рис. 3.3, **б**) призначений для зварювання на постійному струмі електродним дротом, що плавиться, в середовищі захисних газів у комплекті з джерелами для МІГ/МАГ зварювання.

Пристрій СПМ – 430 з 4-роликівим механізмом подачі з підвищеним тяговим зусиллям забезпечує стабільне подавання дроту на відстані до 5 м від джерела при будь-якому розташуванні зварювальних кабелів та дозволяє виконувати якісне зварювання в обмежених умовах доступу. Тароване зусилля притискного пристрою забезпечує встановлення касети (діаметром 200 мм) з масою до 5 кг.

Автоматичне керування газовим трактом, зварювальним джерелом і подавальним механізмом здійснюється за допомогою кнопки на пальнику.

Крім того, до комплекту входять: кабель маси із затискачем, зворотний кабель, стандартний пальник ABIMIG 305AT з поворотним гусаком, та змінні поворотні гусаки на 240, 340 та 540 Ампер і з усіма кабелями та рознімачами.

Технічні характеристики зварювального джерела живлення та подавального механізму апарату для зварювання МІГ/МАГ наведені в табл. 3.3 і табл. 3.4 відповідно.

Таблиця 3.3

Технічні характеристики
зварювального випрямляча ВС-500 БУРАН

№ за п.	Параметр	Значення
1.	Напруга мережі живлення, 50 Гц, В	3х380
2.	Споживана потужність, кВт	23
3.	Номінальний зварювальний струм, А: при ПН 40% при ПН 60% при ПН 100%	500 340 270
4.	Межі регулювання зварювального струму, А	30 - 500
5.	Напруга холостого ходу, В, не більше	45
6.	Число ступенів регулювання напруги	2х6
7.	Діапазон регулювання напруги, В	19 - 39
8.	Тип охолодження	AF
9.	Ступінь захисту	IP 21S
10.	Клас ізоляції	F
11.	Маса, кг	134
12.	Габаритні розміри, мм	830х380х70

Таблиця 3.4

Технічні характеристики механізму
подавання дроту СПМ – 430

№ за п.	Параметр	Значення
1.	Напруга живлення, В	24
3.	Номінальний зварювальний струм, А	50 - 500
4.	Діаметр зварювального дроту, мм	0,8 – 1,6
5.	Число ведучих роликів, шт.	4
6.	Швидкість подавання дроту, м/год.в.	60 - 960
7.	Межі регулювання часу затримки відмикання випрямляча (виліт дроту), с	0,1 – 0,5
8.	Межі регулювання часу наростання швидкості подачі зварювального дроту від мінімального до встановленого значення (м'який старт), с	0,5 – 4,0
9.	Габарити, мм	320x230x570
10.	Маса, кг	12,5

3.3. Розрахунки технологічної оснастки

3.3.1. Центратор труб

Центратор використовується при виготовленні частин трубопроводу, що складаються, або лише з прямолінійних та таких, які мають одну криволінійну трубу і з'єднуються між собою стиковими кільцевими швами.

Розміри центратора визначаються діаметром труби і у залежності від нього можуть бути використані для двох груп труб:

- 1) для труб діаметром 25 – 48 мм,
- 2) для труб діаметром 45 – 76 мм.

Разом з тим, принципова конструкція центраторів залишається однаковою. Тому у даній роботі виконаємо розрахунки та конструюва-

ння центратора для довільно вибраного діаметра труби $D = 70$ мм (рис. 3.4).

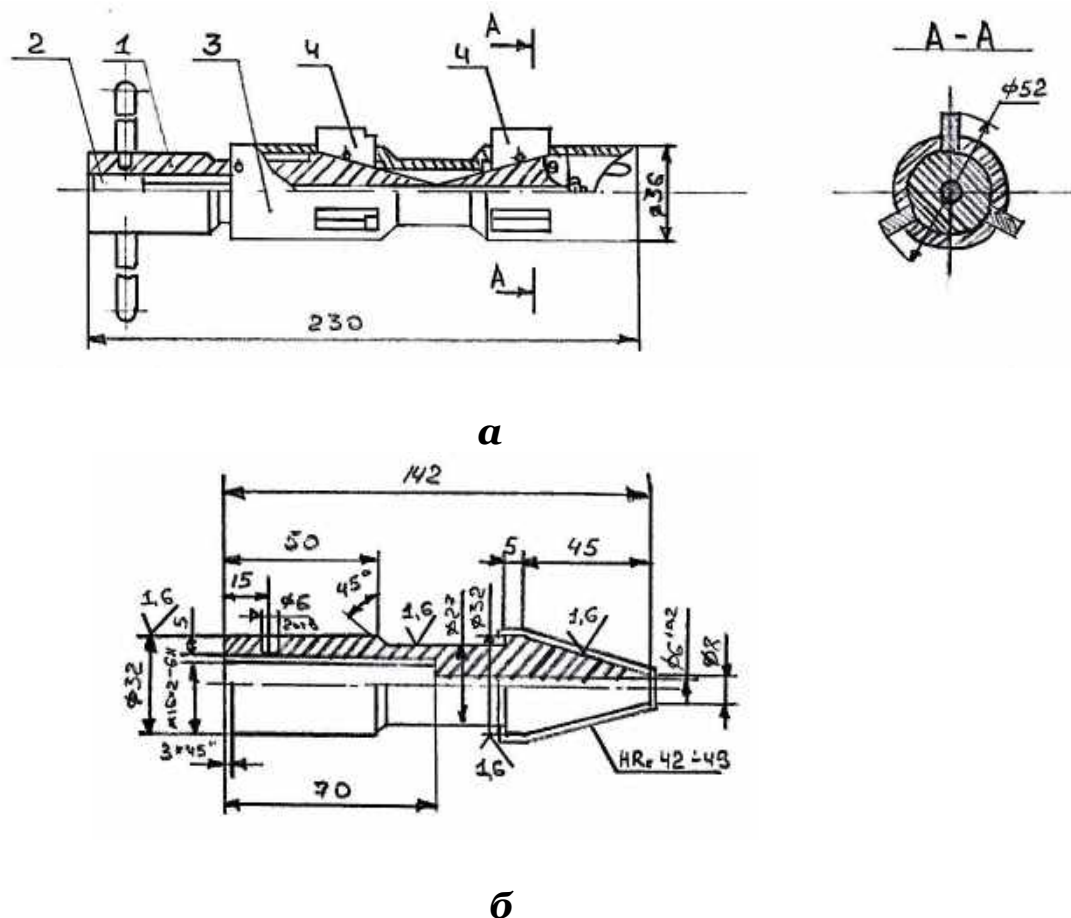


Рисунок 3.4 – Центратор для труб діаметром $D = 38 - 70$ мм: **а** – загальна конструкція; **б** – робочий конус: 1 – конус; 2 – гайка; 3 – корпус; 4 – кулачок

Центратор являє собою затискний пристрій, принцип дії якого заснований на висуванні трьох притискних кулачків за рахунок радіального переміщення конусів (рис. 3.43, **а**) у корпусі.

Під дією зусилля, що прикладається до рукоятки, гвинтова пара (шток у конусі) здійснює розходження конусів на певну відстань. Конус (рис. 3.4, **б**) зкошеною поверхнею впирається у кулачок, який забезпечує затискання труби по внутрішній поверхні.

Розрахунок даного пристрою зводиться до визначення параметрів гвинтової пари, яка забезпечує на лише потрібне взаємне положення кромek труб при складанні частин трубопроводу, а й їх фі-

ксацію у процесі зварювання для запобігання деформацій “корсетності” при виконанні кільцевого шва.

Вихідними даними для розрахунку служать:

- 1) величина зміни радіусу труби під дією поздовжньої усадки кільцевого шва ΔR ;
- 2)
- 3) кінематична схема пристрою;

Сконструємо центратор для труби діаметром $D = 70$ мм і товщиною стінки $s = 7$ мм для випадку зварювання на режимі з погонною енергією $q_{\text{п}} = 7792,1$ Дж/см згідно з табл. 2.4.

Від зварювання кільцевого шва труба деформується так, що її діаметр зменшується на величину ΔR (рис. 3.5)

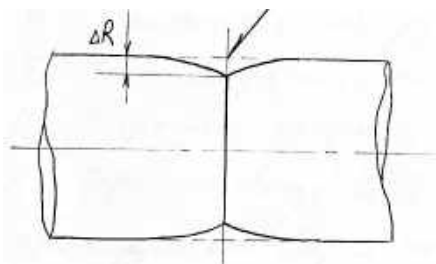


Рисунок 3.5 - Деформування труби від зварювання стикового шва
Зменшення радіуса у районі шва [16]

$$\Delta R = \Delta R_p + \Delta R_b, \quad (3.1)$$

де ΔR_p - зменшення радіуса за рахунок поздовжнього вкорочення шва, см; ΔR_b - зменшення радіуса за рахунок кутового зламу, зв'язаного з нерівномірністю прогрівання стінки труби по товщині, см.

$$\Delta R_p = 0,64 \frac{v}{s} \sqrt{\frac{R}{s}}; \quad (3.2)$$

$$\Delta R_b = -0,2b \sqrt{R s}. \quad (3.3)$$

У формулах (3.2 і 3.3) v – об'єм поздовжнього вкорочення, см^3 ; β – кутова деформація, приймаємо $\beta = 0,002$.

$$v = -0,335 \frac{a}{c g} q_{\text{п}}, \quad (3.4)$$

де $\frac{a}{c g}$ - коефіцієнт деформаційної здатності матеріалу, $\text{см}^3/\text{Дж}$, при-

ймаємо для низьковуглецевої сталі $\alpha/c g = 3 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{Дж}$.

					КР.131.6121М.02.06.03.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

Тоді

$$\nu = -0,335 \times 10^{-6} \times 792 = -0,78 \cdot 10^{-2} \text{ Дж / см.}$$

$$\Delta R_p = -0,64 \frac{0,78 \cdot 10^{-2}}{0,7} \sqrt{\frac{3,5}{0,7}} = 1,59 \cdot 10^{-2} \text{ см} = 0,1 \text{ мм.}$$

Підставимо отримані значення у формулу (3.1) і отримаємо

$$\Delta R = - (0,1 + 0,06) = -0,16 \text{ мм.}$$

Для запобігання “корсетності” труби розрахуємо радіальне зусилля розпору згідно зі схемою (рис. 3.6)

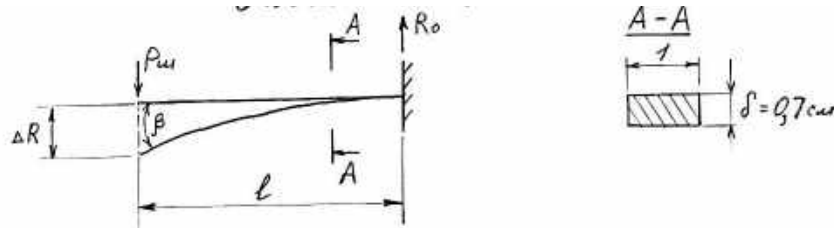


Рисунок 3.6 - Розрахункова схема для визначення погонного зусилля розпору труби

Погонне зусилля $p_{ш}$, яке має бути створено кожним з кулачків складального пристрою-центратора, визначимо за формулою

$$p_{ш} = \frac{3 \Delta R E I}{l^3}, \quad (3.5)$$

де E – модуль Юнга, $E = 2 \cdot 10^7 \text{ Н/см}^2$; I – момент інерції поперечного перерізу кільця шириною 1 см і товщиною $s = 0,7 \text{ см}$ ($i = \frac{1 \times 10^3}{12}$); l – відстань від центру кільцевого шва до точки прикладання зусилля розпору, см. Приймаючи найбільшу ширину шва 12 мм, будемо вважати $l = 15 \text{ мм} = 1,5 \text{ см}$.

Тоді

$$I = \frac{1 \times 0,7^3}{12} = 0,029 \text{ см}^4$$

$$p_{ш} = \frac{3 \times 0,16 \times 2 \times 10^7 \times 0,029}{1,5^3} = 4,12 \times 10^3 \text{ Н.}$$

Шукане зосереджене зусилля, яке приходить на кожний з притискних кулачків, становить

$$P_{ш} = \frac{p_{ш} \rho D}{3} \quad (3.6)$$

$$P_{\text{ш}} = \frac{4,12 \times 10^3 \times 3,14 \times 7}{3} = 30,19 \times 10^3 \text{ Н.}$$

Далі розрахуємо осьове зусилля, яке потрібно прикласти до гвинтового механізму з конусним підсилювачем за схемою (рис. 3.7); тертям на поверхні конусу будемо нехтувати.

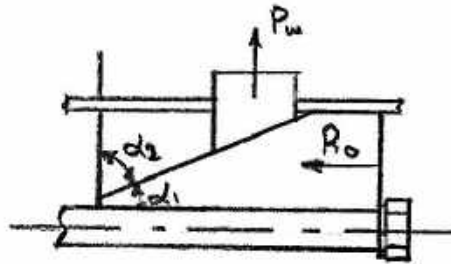


Рисунок 3.7 - Схема дії сил у конусному (клиновому) підсилювачі

$$R_0 = P_{\text{ш}} \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2}, \quad (3.7)$$

де α_1 – кут клина, град; приймаємо $\alpha_1 = 15^\circ$; α_2 – кут поверхні кулачка, град; приймаємо $\alpha_2 = 75^\circ$.

Тоді

$$R_0 = 30,19 \times 10^3 \frac{0,26}{0,97} = 8,15 \times 10^3 \text{ Н.}$$

Знайдене осьове зусилля R_0 на гвинтовій парі гвинт-гайка дозволяє розрахувати потрібний діаметр гвинта d при зусиллі на рукоятці $P = 100 \text{ Н}$ допустимому при ручному затисканні [11]

$$d = \frac{2Pl}{R_0 \operatorname{tg}(\alpha + j)}, \quad (3.8)$$

де l - довжина рукоятки гвинтового притискача, м. Приймаємо $l = 120 \text{ мм}$; α – кут підйому різьби гвинта, град. Із умови самогальмування гвинта приймаємо $\alpha = 4^\circ$; j - кут тертя в різьбовій парі, що залежить від профілю різьби, град.

$$j = \arctg \frac{f}{\cos b}, \quad (3.9)$$

де f - коефіцієнт тертя ковзання, $f = 0,1$; b - половина кута при вершині профілю різьби, для метричної різьби $b = 30^\circ$.

					КР.131.6121М.02.06.03.ПЗ	Лист
						55
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$j = \arctg \frac{0,1}{\cos 30^\circ} = 6,9^\circ;$$

$$d = \frac{2 \times 100 \times 0,12}{8,15 \times 10^3 \times \lg(4 + 6,9)} = 15,5 \times 10^{-3} \text{ м} = 15,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо для гвинта $d = 16$ мм стандартну метричну різьбу М16х2 (див . рис. 3.4, б)

3.3.2. Двостояковий кантувач

Кантувач використовується для встановлення у зручне для зварювання положення частин трубопроводу, які містять фланці, відростки або інші дрібні елементи, попередньо закріплені на прихопленнях.

Як прототип для розрахунків вибрана конструкція кантувача (рис. 3.8), призначеного для повороту балочних, решітчастих та рамних конструкцій при складанні та зварюванні. Принципова компоновальна схема обертача та розрахункова схема механізму обертання шпинделя наведені на рис. 3.9.

Виконаємо розрахунок механізму обертання шпинделя кантувача, прийнявши наступні вихідні дані:

1) умовний діаметр виробу, що обертається $D = 4000$ мм, довжина $L = 2000$ мм, маса (разом з крипільними пристроями кантувача) $M = 50$ кг, ексцентриситет положення центру ваги (ц.в.) виробу $e = 200$ мм. Ц.в. розташований посередині довжини зварного виробу;

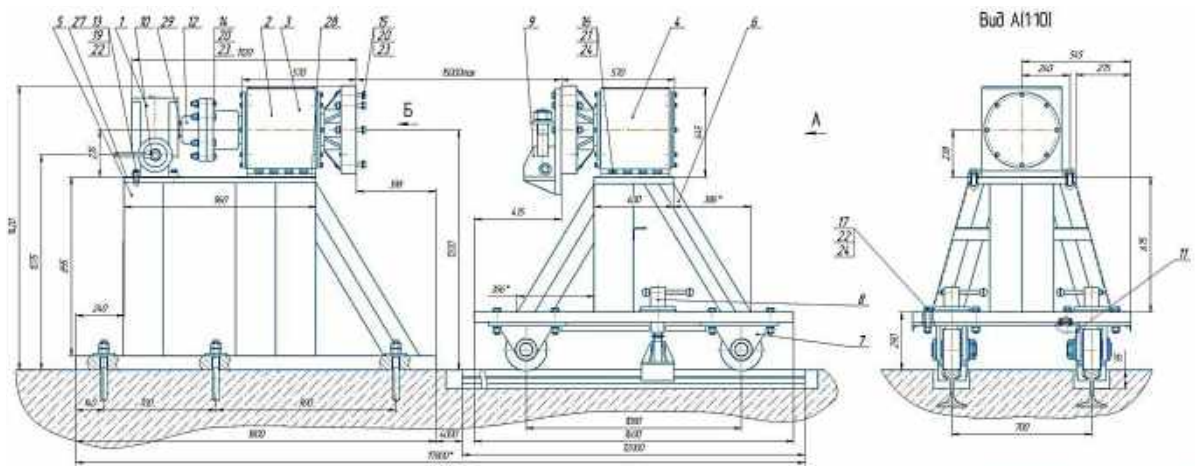
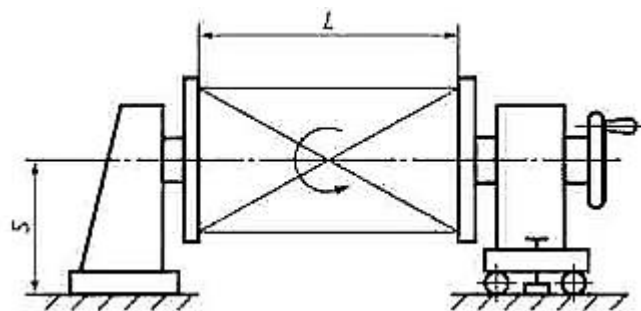
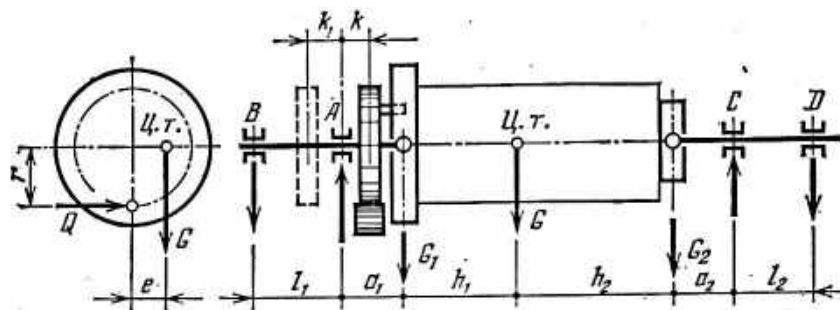


Рисунок 3.8 - Конструкція кантувача-прототипа [33]



a



б

Рисунок 3.9 - Компонувальна схема двостоякового кантувача (*a*) та розрахункова схема механізму обертання шпинделя (*б*)

- 2) приводна шестерня механізму обертання шпинделя нерухомої передньої бабки розташована знизу;
- 3) радіус зубчастого колеса механізму $r = 600$ мм;
- 4) відстань між підшипниками $l_1 = l_2 = 200$ мм; відстані $a_1 = 350$ мм, $a_2 = 150$ мм; $k = 75$ мм;
- 5) шпинделі бабок встановлені на підшипниках ковзання ($f = 0,1$)

					КР.131.6121М.02.06.03.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

- 6) матеріал шпинделів сталь 30 ($[\sigma]_p = 80 \text{ МПа}$);
- 7) маршова частота обертання шпинделя $n = 20 \text{ хв}^{-1}$.
- 8) загальний ККД приводу $\eta_0 = 0,6$.

Шарнірне або інше самовстановлюване опирання кріпильних пристроїв зі шпинделем передньої та задньої бабок дозволяє розглядати закріплену в них трубу як балку, вільно оперту по кінцям, а реакції опор, котрі сприймають вагу виробу, прикладеними до центрів шарнірів.

Найбільший крутний момент, який сприймається приводом кантувача

$$M_{кр} = M_{вант} + M_{тр}, \quad (3.10)$$

де $M_{вант} = Ge$ - вантажний момент; $M_{тр}$ – момент сил тертя в підшипниках

$$M_{тр} = 0,5(A d_A f_A + B d_B f_B + C d_C f_C + D d_D f_D). \quad (3.11)$$

Тут: A, B, C, D - реакції в підшипниках; d_A, d_B, d_C, d_D – відповідні діаметри шпинделів. Діаметри $d_A - d_D$ призначаємо попередньо суцільного перерізу і приймаємо однаковими у передній та задній бабках, $d_A = d_B = d_C = d_D = 20 \text{ мм}$; – коефіцієнти тертя в підшипниках $f_A = f_B = f_C = f_D = 0,1$.

Сили, що діють на хвостовики шпинделів, згідно схеми на рис. 3.8, **б** розраховуємо як реакції опор балки вагою G , вільно опертої кінцями в шарнірах передньої та задньої бабок

$$G_1 = G \frac{h_2}{h_1 + h_2}, \quad G_2 = G \frac{h_1}{h_1 + h_2}. \quad (3.12)$$

$$G_1 = G_2 = 500 \frac{2}{2+2} = 250 \text{ Н.}$$

Вертикальні реакції в підшипниках:

- передньої бабки

$$A_b = G_1 \frac{l_1 + a_1}{l_1}, \quad B_b = G_1 \frac{a_1}{l_1}; \quad (3.13)$$

$$A_b = 250 \frac{0,2 + 0,35}{0,2} = 687,5 \text{ Н}, \quad B_b = 250 \frac{0,35}{0,2} = 437,5 \text{ Н}$$

- задньої бабки

$$C_B = G_2 \frac{l_2 + a_2}{l_2}, \quad D_B = G_2 \frac{a_2}{l_2}. \quad (3.14)$$

$$C_B = 250 \frac{0,2 + 0,15}{0,2} = 437,5 \text{ Н}, \quad D_B = 250 \frac{0,15}{0,2} = 187,5 \text{ Н}.$$

Горизонтальні (радіальні) сили в підшипниках передньої бабки від окружної сили Q на зубчастому колесі

$$A_r = Q \frac{l_1 + k}{l_1}; \quad B_r = Q \frac{k}{l_1}, \quad (3.15)$$

де $Q = \frac{M_{кр}}{r}$. Тут r - радіус зубчастого колеса.

Моментом сил тертя у підшипниках нехтуємо, то-му $Q = \frac{M_{вант}}{r}$.

$$Q = \frac{500 \times 0,2}{0,6} = 166,7 \text{ Н}.$$

$$A_r = 166,7 \frac{0,2 + 0,075}{0,2} = 229,2 \text{ Н}; \quad B_r = 166,7 \frac{0,075}{0,2} = 62,5 \text{ Н}.$$

Підсумкові радіальні сили в підшипниках передньої бабки дорівнюють геометричній сумі двох взаємно перпендикулярних складових

$$A = \sqrt{A_B^2 + A_r^2}; \quad B = \sqrt{B_B^2 + B_r^2}, \quad (3.16)$$

$$A = \sqrt{687,5^2 + 229,2^2} = 724,7 \text{ Н}; \quad B = \sqrt{437,5^2 + 62,5^2} = 443,8 \text{ Н}.$$

Аксіальні сили в підшипниках не враховуємо.

Згинальний момент в небезпечному перерізі шпинделя передньої бабки кантувача (опора А)

$$M_A = \sqrt{M_1^2 + M_2^2} = \sqrt{G_1 a_1^2 + Q^2 k^2}, \quad (3.17)$$

де $M_1 = G_1 a_1$ - вантажний момент; $M_2 = Qk$ - згинальний момент від окружної сили.

$$M_A = \sqrt{250^2 \times 0,25^2 + 166,7^2 \times 0,075^2} = 63,5 \text{ Нм}.$$

Згинальний момент в небезпечному перерізі шпинделя задньої не-приводної бабки кантувача (опора С)

$$M_C = G_2 a_2. \quad (3.18)$$

$$M_C = 250 \times 0,15 = 37,5 \text{ Нм}.$$

					КР.131.6121М.02.06.03.ПЗ	Лист
						59
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо відповідні діаметри шпинделів передньої d_A та задньої d_C

бабки без урахування тертя

$$d_A = \sqrt[3]{\frac{10M_{e1}}{[s]}}; \quad d_C = \sqrt[3]{\frac{10M_{e2}}{[s]}}, \quad (3.19)$$

$$d_A = \sqrt[3]{\frac{10 \times 3,5}{80 \times 10^6}} = 20 \times 10^{-3} \text{ м} = 20 \text{ мм}; \quad d_C = \sqrt[3]{\frac{10 \times 37,5}{80 \times 10^6}} = 17 \times 10^{-3} \text{ м} = 17 \text{ мм}.$$

Для більш точного розрахунку врахуємо моменти сил тертя в підшипниках, прийнявши знайдені діаметри шпинделів. Тоді моменти сил тертя в підшипниках передньої M_{tp1} та задньої M_{tp2} бабок будуть знайдені за відповідними формулами.

$$M_{tp1} = 0,5(A d_A f_A + B d_B f_B), \quad M_{tp2} = 0,5(C d_C f_C + D d_D f_D) \quad (3.20)$$

$$M_{tp1} = 0,5(687,5 \times 0,02 \times 0,1 + 229,2 \times 0,02 \times 0,1) = 0,918 \text{ Нм},$$

$$M_{tp2} = 0,5(437,5 \times 0,017 \times 0,1 + 62,5 \times 0,017 \times 0,1) = 0,425 \text{ Нм}$$

Розрахункові еквівалентні моменти бабок відповідно:

$$M_{e1} = \sqrt{M_A^2 + M_{tp1}^2}; \quad M_{e2} = \sqrt{M_C^2 + M_{tp2}^2}, \quad (3.21)$$

$$M_{e1} = \sqrt{63,5^2 + 0,92^2} = 63,5 \text{ Нм}; \quad M_{e2} = \sqrt{37,5^2 + 0,43^2} = 37,5 \text{ Нм}.$$

Як видно тертя в підшипниках практично не впливає на результати розрахунків, то розраховані вище діаметри шпинделів приймаються для подальшої перевірки.

Перевіримо жорсткість шпинделів при згинанні та крутінні.

Жорсткість при згинанні перевіряється за формулою

$$D = \frac{Gh^2}{3EI} (h + l) \times [D], \quad (3.22)$$

при крутінні – за формулою

$$j = \frac{180M_{кр} l_{кр}}{\pi E_0 I_0} \times [j], \quad (3.23)$$

де E – модуль Юнга, Па; I – момент інерції поперечного перерізу шпинделя,

м^4 , розраховується за формулою $I = \frac{\pi d_{A(C)}^4}{64}$; $l_{кр}$ – довжина скручуваної ділянки

					КР.131.6121М.02.06.03.ПЗ	Лист
						60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

шпинделя, м; E_0 - модуль пружності при зсуві (для сталі $E_0 = 0,8 \cdot 10^{11}$ Па; I_0 – полярний момент інерції перерізу вала, м⁴ (для круглого суцільного перерізу полярний момент $I_0 = 2I$); Δ – найбільший прогин, м; φ – кут закручування, град.

Прийняті допустимі значення переміщень $[\Delta]$ та $[\varphi]$ для кантувачів становлять: $[\Delta] = 5 \cdot 10^{-4} l$; $[\varphi]^\circ = 0,3 l_{кр}$ [7].

Жорсткість при згинанні.

Для шпинделя приводної бабки приймаємо значення: $G = G_1$, $h = a_1$; $h + l = l_1/2$; $l_{кр} = a_1 + l_1$.

$$I_A = \frac{3,14 \times (20 \times 10^{-3})^4}{64} = 0,785 \times 10^{-8} \text{ м}^4;$$

$$D_A = \frac{250 \times 0,2^2}{3 \times 2 \times 10^{11} \times 0,785 \times 10^{-8}} \times \frac{0,2}{2} = 0,21 \times 10^{-3} \text{ м} = 0,21 \text{ мм};$$

Допустимий прогин $[\Delta] = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,4 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,2 \text{ мм}$.

Умова жорсткості при згинанні практично виконується.

Для шпинделя задньої бабки $h = a_2$, $l = l_2/2$.

$$I_C = \frac{3,14 \times (17 \times 10^{-3})^4}{64} = 0,41 \times 10^{-8} \text{ м}^4;$$

$$D_A = \frac{250 \times 0,15^2}{3 \times 2 \times 10^{11} \times 0,41 \times 10^{-8}} \times \frac{0,15}{2} = 0,17 \times 10^{-3} \text{ м} = 0,17 \text{ мм};$$

Допустимий прогин $[\Delta] = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,4 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,2 \text{ мм}$.

Умова жорсткості виконується.

Жорсткість при крутінні перевіряємо тільки для шпинделя приводної бабки. Параметри: $M_{кр} = 100$ Нм; $I_0 = 2 \cdot 0,785 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 = 1,57 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$; $l_{кр} = 0,25 + 0,2 = 0,45$ м; допустиме значення $[\varphi]^\circ = 0,3 \cdot l_{кр} = 0,3 \cdot 0,45 = 0,135^\circ$

$$j = \frac{180 M_{кр} l_{кр}}{\rho E_0 I_0} \text{ } ^\circ$$

$$j = \frac{180 \times 100 \times 0,45}{3,14 \times 0,8 \times 10^{11} \times 1,57 \times 10^{-8}} = 2,05^\circ$$

Умова жорсткості при крутінні не виконується, тому збільшуємо діаметр шпинделя до мінімально допустимого. Розрахована величина $d_A = 59$ мм.

При такому значенні діаметра шпинделя всі умови міцності та жорсткості виконуються.

Потужність приводу кантувача розрахуємо за формулою

$$N = \frac{M_{кр} w}{h_0}, \quad (3.24)$$

де $w = \frac{pn}{30}$ - кутова частота обертання планшайби з виробом; η_0 – ККД приводу. Прийнято $\eta_0 = 0,4$; n – частота обертання шпинделя (не повинна перевищувати $5 \text{ хв}^{-1} = 0,52$).

$$N = \frac{100 \times 0,52}{0,4} = 130 \text{ Вт.}$$

За розрахованою потужністю для приводу обертання шпинделя кантувача вибираємо електродвигун постійного струму МУ-100АП потужністю 145 Вт [34].

3.4. Контроль якості зварювання, виправлення дефектів

Заключною операцією технологічного процесу виготовлення трубопроводу є контроль якості зварювання, гідравлічні випробовування та здавання виробу ВТК (див. табл. 3.1).

У цілому контролю підлягають:

- 1) кваліфікація зварювальників;
 - 2) якість зварювальних матеріалів (наявність сертифікатів на електродний дріт та захисний газ);
 - 3) якість підгонки з'єднань під зварювання (здійснюється зовнішнім оглядом та вимірюванням);
 - 4) якість захисту внутрішньої поверхні зварного з'єднання.
- Захист вважається якісним, якщо після закінчення процесу зварюван-

ня подача захисного газу продовжується до остигання з'єднання до температури $T = 100 \dots 150^{\circ}\text{C}$;

5) якість зварювання;

6) правильність маркування або клейміння.

Зварні з'єднання трубопроводів протипожежної системи контролюють наступними методами: зовнішнім оглядом та вимірюванням та гідравлічними випробовуваннями згідно з вимогами Правил Регістру судноплавства України [19].

Контролю зовнішнім оглядом підлягають зварні шви в обсязі 100 % та прилегла до них ділянка основного металу шириною не менше 20 мм від границі сплавлення.

При зовнішньому огляді та вимірюванні контролюють:

- відповідність форми та розмірів зварних з'єднань вимогам креслень;
- відсутність недопустимих поверхневих дефектів;
- якість підготовки поверхні швів та біля шовної зони для проведення наступних технологічних або контрольних операцій.

Вимірювання проводиться за допомогою стандартних калібрметрів або шаблонів (ДСТУ ISO 17637:2003) та штангенциркулів (ДСТУ ГОСТ 166:2009).

Гідравлічні випробовування трубопроводів на герметичність виконують у цеху під тиском $p = 3,4 \text{ МПа}$ протягом 10 хв. [19]. Труби вважаються такими, що витримали випробовування, якщо повністю відсутні протікання або видимі краплі.

Виправленню підлягають зварні шви трубопроводів, у яких виявлені:

- недопустимі поверхневі дефекти або відхилення розмірів чи форми швів;
- порушення герметичності при гідравлічних випробовуваннях.

Дефектні ділянки зварних швів мають бути видалені шляхом вирубання або розробкою наждачним колом, після чого заварені тим способом як

					КР.131.6121М.02.06.03.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

при виготовленні. Якщо після зварювання знову виявляються недопустимі дефекти шва, то такі зварні з'єднання бракуються.

Висновки

1. Розроблені структурна схема та зміст умовного технологічного процесу складання і зварювання елементу протипожежного трубопроводу із сталі 20 і розраховані основні показники проєктування: число операцій - 4, загальна тривалість процесу – 0,51 год. (без урахування витрат часу на транспортувальні операції).

2. Вибрано устаткування для механізованого зварювання у газовій суміші деталей трубопроводу – комплекс, що складається з сучасного зварювального випрямляча ВС-500 БУРАН та механізму подавання електродного дроту СПМ – 430.

3. Для механізації складальних операцій сконструйовано центратор труб на основі механічного клинового підсилювача та гвинтового механізму. Геометричні та силові параметри центратора визначені розрахунками.

4. Виконано розрахунок механізму повороту двостоякового кантувача для зварювання труб і показано, що міцність та жорсткість шпинделя приводного стояка забезпечуються, якщо його діаметр не менше 59 мм.

5. Розрахунком встановлено, що для кантування зварюваної труби з найбільшою масою потрібна потужність приводу становить $N = 130$ Вт. Як приводний двигун вибрано двигун постійного струму МУ-100АП потужністю 145 Вт.

6. Розроблені питання контролю якості зварювання та виправлення дефектів швів.

					КР.131.6121М.02.06.03.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

					КР.131.6121М.02.06.04.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розраб		Борисов В.В.			Проект механізованої ділянки виготовлення трубопроводу		Аркуш	Аркушів
Керівник		Драган С.В.					65	10
Консультант						НУК		
Н.Контр								
Зав.Каф		Драган С.В.						

4. ПРОЄКТ МЕХАНІЗОВАНОЇ ДІЛЬНИЦІ ВИГОТОВЛЕННЯ ТРУБОПРОВОДУ

4.1. Основні положення по організації виробництва

Велика різноманітність типорозмірів елементів та конструкцій протипожежних систем малотоннажних суден вимагають постійного поліпшення організації технології трубообробного виробництва з урахуванням конкретних умов суднобудівних підприємств.

Ефективною формою організації виробництва при великій виробничій програмі випуску суден є механізована потокова лінія, а для малотоннажного суднобудування більш раціональною – спеціалізована механізована дільниця. В даній роботі пропонується розробка проєкту такої дільниці з розташуванням в одному прольоті складально-зварювального цеху суднобудівної верфі V класу.

Вибір класу верфі ґрунтується на наступних нормативних показниках у відповідності до [8]:

- спускова маса судна – до 250 т;
- орієнтовні розміри суден, що будуються, та секцій, м:

найбільша ширина корпусу

10,0

висота габаритна

12,0

найбільші розміри секцій, що виготовляються

у складально-зварювальному цеху

10,0х6,5

- параметри прольоту цеху, м:

ширина в осях колон

18

крок колон

12

Технологічний процес виготовлення елементів трубопроводів організується наступним чином.

						Лист
						66
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

На склад заготовок потрапляють в контейнерах труби, фланці та відповідна арматура трубопроводів. При цьому трубні заготовки мають бути попередньо оброблені на ділянці трубозаготівельного цеху.

За допомогою цехового мостового крану вантажопідйомністю 500 КН труби в контейнерах подаються на зачищення зварюваних кромek від бруду

та іржі. Зачищення виконується на трубо зачисному верстаті МЗ-1 (табл. 4.1). Далі труби також у контейнерах потрапляють на складання та зварювання або гнуття.

Складання та зварювання прямих труб з фланцями виконується автоматом ЛК-1. Труби, що пройшли 3D-гнуття на верстаті 3428 з ЧПК, також подаються в контейнерах на складання та зварювання. Складання і зварювання таких труб виконується на складально-зварювальному стенді, оснащеному кантувачем.

Після зварювання труби подаються до камери гідровипробовувань. Труби, які успішно пройшли випробовування, в контейнерах подаються на склад готової продукції. Для транспортування контейнерів використовується тельфер вантажопідйомністю 1,0 т.

Характеристики обладнання ділянки наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

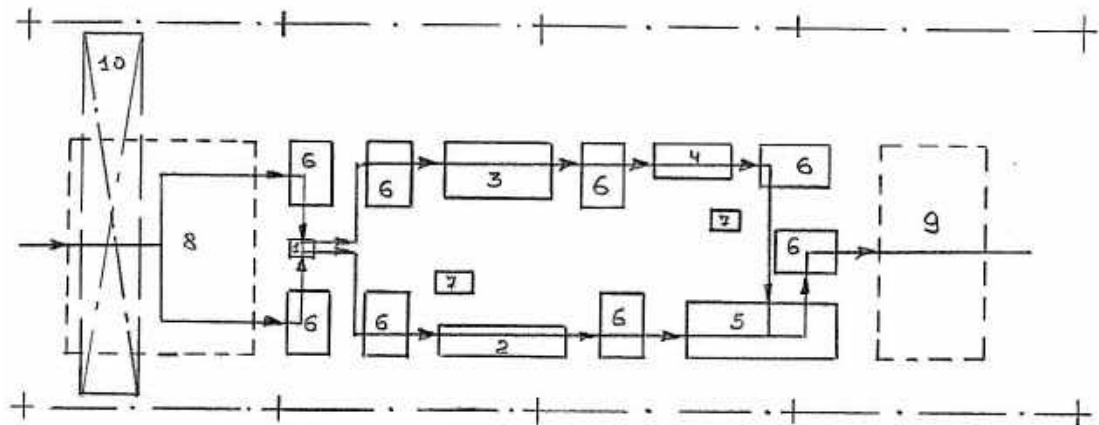
Характеристики основного обладнання ділянки

№ за п.	Обладнання	Кількість	Габарити LxBxH, м
1	Трубозачисний верстат МЗ -1	1	1,0x0,7x1,3
2	Установка для приварювання фланців ЛК-1	1	6,0x1,4x1,3
3	Трубозгинальний верстат ИБ 3428	1	5,2x2,4x1,8
4	Стенд складально-зварювальний з кантувачем	1	3,5x1,5x0,5
5	Камера гідровипробовувань	1	7,0x2,6x2,2
6	Тельфер	1	-
7	Контейнер для труб і фланців	8	3,0x2,0x1,0
8	Контейнер для арматури	2	1,5x1,0x0,5

4.2. Вибір компоновальної схеми, розрахунок площ складів

					КР.131.6121М.02.06.04.ПЗ	Лист
						67
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

У практиці проектування цехів компоувальна схема являє собою зображення взаємного розташування виробничих, допоміжних, складських, енергетичних та конторсько-побутових приміщень у будівлі цеху. Компонувальна схема прольоту цеху для розміщення дільниці, що проектується, містить також напрям виробничого потоку (рис. 4.1).



1; 2 – установка для приварювання фланців ЛК-1; 3 – трубозгинальний верстат ИБ 3428; 4 – складально-зварювальний стенд з кантувачем; 5 – камера гідровипробовувань; 6 – контейнер для труб; 7 - контейнер для арматури; 8 – склад заготівок; 9 – склад готової продукції; 10 – мостовий кран. Стрілками вказано напрям виробничого потоку

Розташування технологічного обладнання на дільниці виключає наявність протипотоків, що відповідає правилам проектування зварювальних цехів.

Для розрахунку площі складу готових труб приймаємо нормативний час зберігання труб – 6 діб. Розрахуємо масу одного контейнера з трубами довжиною 5 м, виходячи з найбільшої маси 1 пог. м труби 13,45 кг при зберіганні 50 труб як $13,45 \cdot 5 \cdot 50 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} \cdot 6 = 14,13 \cdot 10^3 \text{ кг} = 14,13 \text{ т}$.

Питоме допустиме навантаження на підлогу складу підприємства класу становить 0,4 ... 0,5 т/м² [8]. Тоді загальна площа складу

$S_r = \frac{14,13}{0,4} = 35,31 \text{ м}^2$. На цій площі розміщуємо 4 контейнери розмірами

$L' B = 5,5' 1,6 \text{ м}$: ширина складу $B_r = 11,0 \text{ м}$, довжина $L_r = 3,2 \text{ м}$.

					КР.131.6121М.02.06.04.ПЗ	Лист
						68
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Також виходячи з найбільшої маси 1 пог. м труби визначимо кількість та розміри контейнерів для труб і арматури та загальну площу складу для зберігання заготовок. Контейнери для трубних заготовок: $L' B = 5,5' 1,0$ м (4 шт.); контейнери для фланців та арматури: $L' B = 2,0' 1,0$ м (5 шт.) з проходами між групами контейнерів. Загальна площа складу заготовок $S_{\text{заг.}} = 56,68 \text{ м}^2$. При цьому ширина складу $B_{\text{заг}} = 11,0$ м, довжина $L_{\text{заг}} = 5,8$ м.

4.3. Визначення довжини та ширини прольоту, висоти цеху

Довжину прольоту цеху визначимо виходячи з прийнятої компонуванняльної схеми, розташованого в прольоті устаткування виробничої ділянки, необхідних проходів, відстаней і рекомендованого кроку колон.

Для складально-зварювальних цехів рекомендується крок колон $l_k = 12$ м [12].

Технологічна довжина ділянки (рис.4.2):

$$L_{\text{техн}} = 2l_1 + l_2 + 2l_3 + 3l_4 + l_5 + 2l_6 + l_7 + l_8 + l_9 + l_{10}, \quad (4.1)$$

де l_1 – відстань від осі колони до місця складування, приймаємо $l_1 = 2$ м; l_2 – довжина складу заготовок, $l_2 = 5,8$ м; l_3 – ширина проходу між складом і контейнером, $l_3 = 2$ м; l_4 – ширина контейнера, $l_4 = 1$ м; l_5 – ширина проходу між контейнерами, $l_5 = 1$ м; l_6 – ширина проходу між контейнером і зварювальною установкою, $l_6 = 1,5$ м; l_7 – довжина зварювальної установки, $l_7 = 6$ м; l_8 – ширина проходу між контейнером і камерою гідровипробовувань, $l_8 = 2$ м; l_9 – ширина камери гідровипробовувань, $l_9 = 7$ м; l_{10} – довжина складу готової продукції, $l_{10} = 3,2$ м.

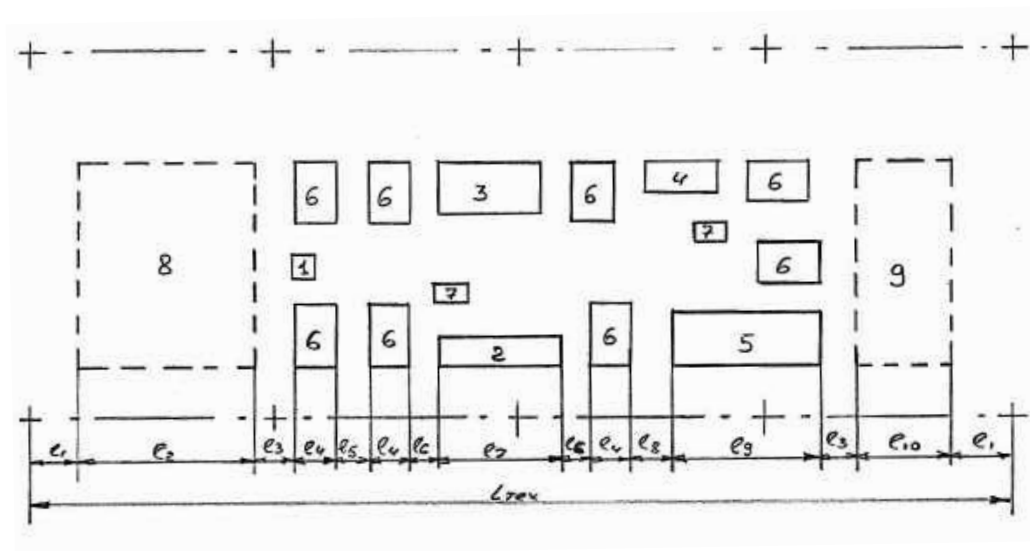


Рисунок 4.2 – До розрахунку довжини та ширини прольоту (номери позицій відповідають вказаним на рис. 4.1)

Тоді

$$L_{\text{тех}} = 2 \times 2 + 5,8 + 2 \times 2 + 3 \times 1 + 1 + 2 \times 1,5 + 6 + 2 + 7 + 3,2 = 39 \text{ м.}$$

При нормованому кроці колон $l_k = 12$ м приймаємо довжину ділянки 48 м; при цьому, з урахуванням розвитку виробництва, можна збільшити ширину кожного із складів на 2 м. Остаточна $L = 43$ м.

Ширину прольоту визначимо виходячи з компоновальної схеми (див. рис.4.1) з урахуванням прийнятих відстаней між обладнанням, складами та пожежного проїзду (рис. 4.3)

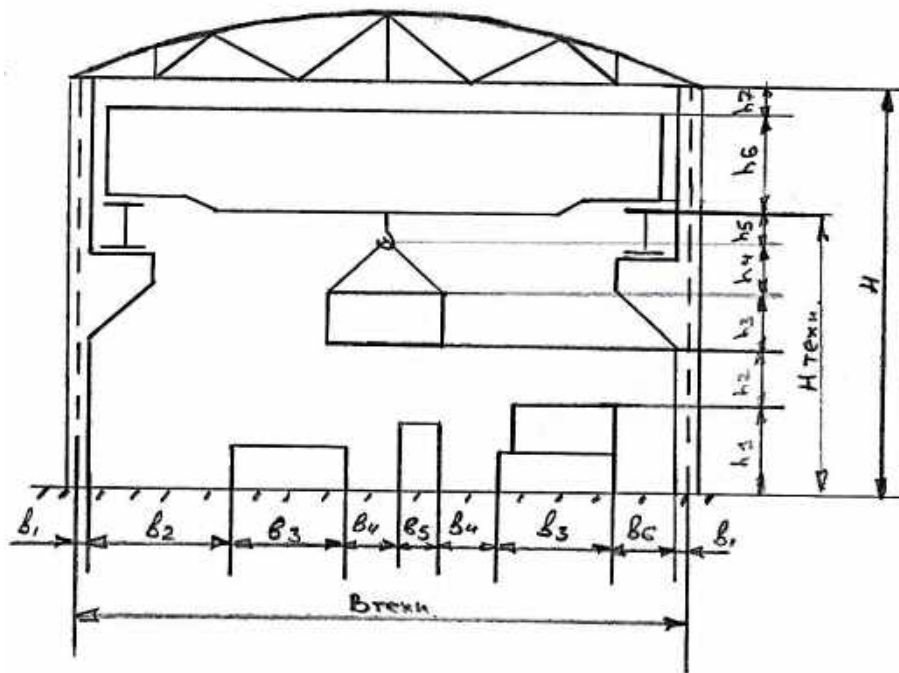


Рисунок 4.3 – До розрахунку ширини прольоту та висоти цеху

Технологічна ширина прольоту:

$$B_{\text{техн}} = 2b_1 + b_2 + 2b_3 + 2b_4 + b_5 + b_6, \quad (4.2)$$

де b_1 – відстань від осі до зовнішньої крайки колони, $b_1 = 0,75$ м; b_2 – ширина пожежного проїзду, $b_2 = 4$ м; b_3 – ширина контейнера труб, $b_3 = 1,6$ м; b_4 – ширина проходу між контейнерами, $b_4 = 1,5$ м; b_5 – ширина контейнера арматури, $b_5 = 1$ м; b_6 – відстань від обладнання до колони, $b_6 = 1$ м

$$B_{\text{техн}} = 2 \times 0,75 + 4 + 2 \times 1,6 + 2 \times 1,5 + 1 + 1 = 13,7 \text{ м.}$$

У відповідності до норм технологічного проєктування зварювальних цехів найменша ширина прольоту при кроці колон 12 м становить $B = 18$ м [12], тому розрахована ширина $B_{\text{техн}} = 14$ м відповідає нормативним вимогам.

Таким чином, розрахункова технологічна площа становить $L_{\text{техн}} \times B_{\text{техн}} = 43 \times 13,7 = 589,1 \text{ м}^2$, а спроектована спеціалізована ділянка може бути розміщена на площі $L \times B = 48 \times 18 = 864 \text{ м}^2$.

Висоту прольоту цеху від підлоги до головки підкранової рейки ($H_{\text{техн}}$) та повної висоти ($H_{\text{п}}$) цеху визначимо з урахуванням найбільшої

довжини секцій трубопроводу, що кантуються, висоти оснастки та кантувального майданчика.

Схему для визначення висоти цеху наведено на рис 4.3.
Технологічна висота

$$H_{\text{техн}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5, \quad (4.3)$$

де h_1 – найбільша висота виробничого обладнання, приймаємо $h_1 = 2,2$ м (див. табл. 4.1); h_2 – відстань від нижньої крайки вантажу до верхньої крайки обладнання, приймаємо $h_2 = 1$ м; h_3 – висота вантажу, приймаємо $h_3 = 1$ м; h_4 – відстань від верхньої крайки вантажу до центру вантажного гаку, приймаємо $h_4 = 1,5$ м; h_5 – відстань від центру вантажного гаку до відмітки головки підкранової рейки, приймаємо $h_5 = 0,75$ м.

Тоді

$$H_{\text{техн}} = 2,2 + 1 + 1 + 1,5 + 0,75 = 6,45 \text{ м.}$$

Згідно з нормами технологічного проєктування $H_{\text{техн}} = 6,95$ м.

Висота цеху (див. рис. 4.3)

$$H_{\text{ц}} = H_{\text{техн}} + h_6 + h_7, \quad (4.4)$$

де h_6 – габаритна висота мостового крана від головки підкранової рейки, приймаємо $h_6 = 2$ м; h_7 – відстань від верху ферми крана до низу несучих конструкцій перекриття, приймаємо $h_7 = 0,2$ м.

$$H_{\text{ц}} = 6,95 + 2 + 0,2 = 9,15 \text{ м.}$$

Згідно з нормами технологічного проєктування $H = 10,8$ м.

4.4. Розробка технологічного плану прольоту цеху

На підставі розрахованих та узгоджених з нормами технологічного проєктування розмірами розроблено технологічний план прольоту цеху для розміщення ділянки виготовлення елементів трубопроводу протипожежної системи малотоннажного судна. Такий план зображено на рис. 4.4 в масштабі 1:100.

					КР.131.6121М.02.06.04.ПЗ	Лист
						72
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

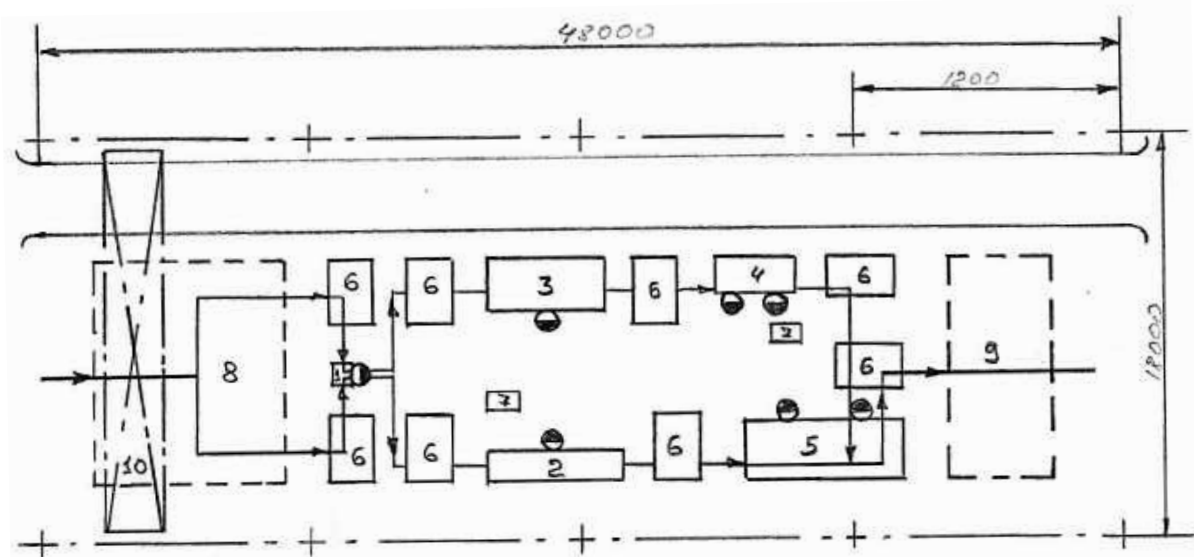


Рисунок 4.4 – Технологічний план прольоту цеху: (цифрами позначено обладнання відповідно до рис. 4.1)

На плані показано загальноцеховий мостовий кран вантажопідйомністю 500 кН для транспортування деталей та готових елементів трубопроводів та напрямок вантажного потоку у формі прямої вилки.

Спроектована спеціалізована діляниця виготовлення елементів протипожежного трубопроводу характеризується наступними організаційно-технологічними показниками (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Показники організаційно-технологічного проектування діляниці

№ за п.	Показник	Розрахунок	За нормами проектування [20]
1	Річна виробнича програма обробки	310	-

	труб, т		
2	Загальна площа, м ²	864	-
3	Чисельність виробн. робочих, чол.	10	-
4	Випуск продукції з 1м ² загальної площі, т/ м ²	0,36	0,5
5	Загальна площа на 1 виробн. роб., м ² /роб.	86,4	21

Порівняння показників показує, що для наближення розрахованих значень показників до нормативних є додаткові можливості розширення обсягів виробництва на загальній площі з залученням відповідного обладнання та робочих, наприклад шляхом виготовлення трубопроводів іншого призначення.

Висновки

1. Вибрана компоновальна схема розміщення виробництва у прольоті складально-зварювального цеху суднобудівної верфі v класу з двохранним розташуванням технологічного обладнання та напрямом виробничого потоку у формі простої вилки.

2. Розраховані розміри робочих місць та складів для розміщення обладнання, трубних заготовок та готових виробів. Визначені габаритні розміри виробничої ділянки і узгоджені з нормами технологічного проектування цехів. Ділянка довжиною 48 м може бути розміщена у прольоті цеху шириною 18 м і займає загальну площу 864 м².

Розроблено технологічний план прольоту цеху з двохранним

3. розташування технологічного обладнання та напрямом виробничого потоку у формі простої вилки.

4. Розроблена ділянка має резерви розширення виробництва для більш ефективного використання площі прольоту

цеху з метою підвищення питомих показників організаційно-технологічного проектування.

					КР.131.6121М.02.06.05.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розраб		Борисов В.В.			Розробка заходів щодо охорони праці та техніки безпеки		Аркуш	Аркушів
Керівник		Драган С.В.					75	12
Консультант		.					НУК	
Н.Контр								
Зав.Каф		Драган С.В.						

5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Основним законодавчим документом в галузі охорони праці є Закон України «Про охорону праці», дія якого поширюється на всі підприємства, установи і організації незалежно від форм власності та видів їх діяльності, на усіх громадян, які працюють, а також залучені до праці на цих підприємствах.

Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян про охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи і організації або уповноваженим ним органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

В ст. 43 Конституції України записано: “Кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці, на заробітну плату, не нижчу від визначеної Законом”.

Головним документом, що визначає вимоги до забезпечення безпечних умов праці на промисловому підприємстві при проектуванні виробництва є Будівельні Норми і Правила ДБН-В. 2.5 – 23: 2010.

5.1. Аналіз потенційних небезпечностей при виготовленні трубопроводу

У машинобудуванні робітники підлягають одночасному впливу багатьох небезпечних та шкідливих факторів. До числа шкідливих та небезпечних факторів при роботі у складально-зварювальному цеху можна віднести [17]:

- машини та механізми що рухаються, рухомі частини виробничого обладнання, переміщувані вироби та заготовки;

					КР.131.6121М.02.06.05.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		76

- запиленість і загазованість повітря робочої зони від зварювання, газового різання, фарбувальних робіт;
- відхилення параметрів мікроклімату від існуючих норм;
-
- підвищений рівень шуму;
- підвищений рівень іонізуючих та електромагнітних випромінювань у робочій зоні;
- електробезпеку.

Електробезпека

Діяльність людей сьогодні майже неможлива без використання електричного струму. Тіло людини добре проводить електричний струм. При випадковому (аварійному) вмиканні людини в електричний ланцюг струм спричиняє на неї вражаючу дію різного ступеню важкості, аж до смертельного випадку. Порівняно з іншими видами травматизму саме електротравми частіше усього призводять до смерті потерпілих. Рішучу роль в забезпеченні електробезпеки має психологічний фактор.

Ступінь ураження людини електричним струмом залежить від багатьох факторів: напруга та сила струму, час його дії, шляхи проходження струму по тілу людини, роду струму (змінний чи постійний), а також частота змінного струму.

При нормальних режимах роботи електроустановок змінний струм, діючий на людину, не повинен перевищувати 0,3 мА, а постійний – 1,0 мА при загальній тривалості дії не більше 10 хвилин на добу. Постійний струм в 3-4 рази безпечніший [12].

За характером застосування розрізняють засоби колективного та індивідуального захисту. Індивідуальні електрозахисні засоби можуть бути ізолюючі, огорожувальні та допоміжні. Ізолюючі засоби призначені для ізоляції працівників від електроустановок що знаходяться під напругою, а також для ізоляції від землі.

					КР.131.6121М.02.06.05.ПЗ	Лист
						77
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Огороджувальні пристрої – дерев'яні щити – використовують для унеможливлення випадкового наближення людей до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою.

До допоміжних засобів належать плакати та знаки безпеки.

До технічних засобів забезпечення електробезпеки відповідно до ПУЕ («Правила улаштування електроустановок», ДБН-В. 2.5- 23:2010) належить

захисна ізоляція струмопровідних частин. Пошкодження ізоляції призводить до нещасних випадків. Ізоляція проводів і кабелів забезпечується синтетичним матеріалом, пробивна напруга якого у 10-15 разів перевищує значення робочої.

Інший засіб забезпечення електробезпеки – захисне заземлення. Опір заземлюючого пристрою повинен бути не більше 40 Ом.

В теперішній час широке застосування отримало захисне відключення – обмеження часу проходження струму тілом людини. Швидкодія пристроїв 0,1-0,2 с в залежності від величини вхідного сигналу.

При зварюванні плавленням постійним струмом використовують джерела струму з напругою холостого ходу $U_{xx} = 55...75$ В, тому джерела живлення повинні мати автоматичні пристрої, які відключають їх протягом 0,5 с при обриві дуги.

З огляду на непостійну величину електричного опору людського тіла (так, при сухій шкірі, опір складає 8000-20000 Ом, а при вологих руках, ушкодженнях шкіри опір знижується до 400-1000 Ом) безпечною вважається напруга не вище 12 В (переносне освітлення). З метою зменшення небезпеки ураження електричним струмом необхідно дотримуватися наступних заходів:

1. Надійна ізоляція усіх дротів, пов'язаних з живленням джерела струму і зварювальної дуги, заземлення корпусів зварювальних апаратів. Заземленню підлягають: корпуса джерел живлення, апаратна шафа, допоміжне електричне устаткування. Переріз заземлюючих дротів повинен бути не менш 25 мм².

2. Застосування в джерелах живлення автоматичних вимикачів високої напруги, які у момент холостого ходу розривають зварювальне коло і подають на тримач напругу 12 В.

Надійний пристрій електродотримача з гарною ізоляцією, яка гарантує, що не буде випадкового контакту струмоведучих частин електродотримача з виробом, що зварюється, або руками зварника [10].

3. Робота в справному сухому спецодязі і рукавицях. При роботі в тісних умовах і замкнутому приміщенні обов'язкове використання гумових калош і килимків, джерел освітлення з напругою не більше 6...12 В.

Захист від шуму

Інфразвуки органи слуху не сприймають. Вважається, що інфразвуки з рівнем звукового тиску до 130 дБ на людину практично не впливають, але вони підвищують небезпечність звуків області діапазону чутності. При рівнях звукового тиску інфразвуків 140 дБ навіть при їх періодичній дії збільшується поріг чутності сприймання звуків на 15...20 дБ [2]. Людина втрачає просторову орієнтацію, з'являється відчуття непевності, страху, втоми, слабкості, головний біль, запаморочення, порушується робота аналізаторів (зорового та слухового), можливі не лише нещасні випадки, а також аварії та катастрофи. Систематична дія шуму призводить до професійної глухоти – неврити слухового нерву. Небезпека шуму різко збільшується при одночасній дії шуму та вібрації.

Основним методом боротьби із шумом є його зниження у джерелі виникнення. Реалізація цього методу можлива шляхом удосконалення машин та технологічних процесів [9].

Загальними засобами захисту від шуму є звукопоглиначі та звукоізоляція; до індивідуальних засобів належать: вкладиші (втулки), напіввтулки, навушники, шолом та шумоізолюючі костюми. В окрему групу занесені електронні засоби захисту.

Пожежна безпека

					КР.131.6121М.02.06.05.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		79

Проектування та експлуатація промислових підприємств регламентується документом «Правила пожежної безпеки України», затверджені наказом МВС від 31.12.2014 р. № 1417, у якому викладена сукупність вимог пожежної безпеки (протипожежний режим), встановлених для кожного об'єкту чи виробничого приміщення, які підлягають

обов'язковому виконанню усіма працівниками. Протипожежний режим передбачає утримання в належному стані проходів та путей евакуації, дотримання норм зберігання матеріалів та готової про продукції, ретельне прибирання приміщень та місць роботи, огляд і зачинення приміщень після закінчення робіт, щоб звести до мінімуму дію небезпечних факторів під час пожежі.

Усі нові робітники проходять протипожежний інструктаж, всі хто не пройшов інструктажі до роботи не допускаються. Всі робітники виробничих дільниць повинні знати правила та способи користування первинними засобами гасіння пожежі безпосередньо на місцях – у цехах, на дільницях, у майстернях і кладових. На кожному вибухопожежному об'єкті розробляють та вивішують у видимих місць схему евакуації людей при пожежі.

Головна умова забезпечення безпеки при пожежі – це наявність часу для евакуації людей до появи небезпечних факторів. Для примусової евакуації людей з приміщень, що горять, необхідно передбачити не менше двох шляхів евакуації.

Ширина евакуаційного виходу має бути не менше 0,6м на кожні 100 людей-працівників. Евакуаційні шляхи і виходи мають бути завжди вільними, обладнані засобами протидимного захисту. Окрім того, для захисту від диму шляхи евакуації ізолюють від приміщень з найбільшою вірогідністю виникнення пожеж та наявністю джерел вогню, а на шляхах розповсюдження продуктів горіння по коридорам, сходам встановлюють протипожежні перепони. Видалення диму та розігрітих газів з судових коридорів виконується за допомогою спеціальної вентиляції димовидалення.

					КР.131.6121М.02.06.05.ПЗ	Лист
						80
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

При зварюванні поблизу струмоведучих пристроїв місця роботи обгороджують щитами, що виключають випадковий дотик до струмоведучих частин балона і рукавів. На огороженнях роблять написи, що попереджають про небезпеку.

Метал, який надходить для зварювання, очищають від фарби, олії, окалини, бруду для запобігання розбризкування металу і забруднення повітря випарами і газами.

Оздоровлення повітряного середовища

У залежності від джерела енергії, яка використовується для переміщення повітря в приміщенні, розрізняють механічну та природну вентиляцію. У механічній вентиляції для переміщення повітря слугують вентилятори, ежектори та інші пристрої, у природній – повітряний і тепловий напори. В залежності від організації рухливості повітря в приміщенні можуть використовуватись наступні системи вентиляції: місцева припливна, місцева притяжна, загальна припливна, загальна витяжна, загальна припливно-витяжна.

При складанні та зварюванні посудин виникає необхідність у місцевій витяжній вентиляції. Висока ефективність витяжних систем місцевої вентиляції може бути досягнута тільки при розташуванні джерел виділення шкідливих речовин у зоні, обмеженій швидкістю руху повітря, яка дорівнює 0,2...0,5 м/с [4]. Занижена швидкість руху повітря в місці виділення шкідливих речовин не забезпечує їх видалення, а завищена швидкість порушує технологічний процес та призводить до зайвих затрат на вентиляцію. Для підвищення ефективності місцевої вентиляції рекомендується корпусоподібний повітроприймальник, котрий кріпиться на зварювальному пальнику [9].

Для зниження концентрації шкідливих речовин на робочих місцях до гранично допустимої норми необхідно застосовувати відсмоктувачі різних типів. При зварюванні у захисних газах пости обладнують місцевими відсмоктувачами у виді нерухомих гратчастих панелей рівномірного

					КР.131.6121М.02.06.05.ПЗ	Лист
						81
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

всмоктування. У робочому перерізі панелі швидкість повітря складає 0,15 м/с, що забезпечує в зоні зварювання на відстані не більше 0,7 м/с від відсмоктувача рухливість повітря 0,5 м/с.

При зварюванні у вуглекислому газі та його сумішах застосовують місцевий відсмоктувач, сполучений з автоматичним або напіваавтоматичним пальником.

Виробниче освітлення

Освітленість виробничих приміщень, робочих місць та робочих поверхонь безпосередньо впливає на продуктивність праці та працездатність людини. Якщо протягом робочої зміни очі втрачають можливість ясно бачити, а також шкідливість сприйняття зорових сигналів, то це призводить до нещасних випадків та аварій на виробництві, до захворювань органів зору.

Основним документом, який встановлює необхідні норми освітлення робочих поверхонь, є Будівельні норми і правила ДБН В.2.5-28: 2018.

5.2. Шкідливі фактори при зварюванні

Хімічний склад і рівні виділень забруднюючих речовин (ЗР) при механізованому зварюванні в захисних газах залежать від складу зварювального дроту, захисного газу та режимів зварювання [14].

При зварюванні дротом марки Св-08Г2С у захисній газовій суміші Pureshield P3 інтенсивність виділення ЗР в залежності від параметрів режиму зварювання і діаметру дроту коливається від 0,2 до 1,6 г/хв, питомі виділення - від 4,6 до 20,3 г/кг дроту. Концентрація діоксиду кремнію складає 7,6 ... 10 %, а заліза - 54 ... 85 %. Крім того, в повітря робочої зони виділяється монооксид вуглецю (чадний газ) з інтенсивністю 0,1...0,2 г/хв. та оксиди азоту - 0,003...0,015 г/хв. [4], а також з'являється озон, який утворюється із кисню повітря та захисного газу під дією ультрафіолетового

					КР.131.6121М.02.06.05.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		82

випромінювання дуги. Причому озон утворюється не тільки в зоні дуги, а і на деякій відстані від неї. Концентрація озону в повітрі знижується пропорційно відстані віддалення від дуги.

Виділення ЗР у залежності від режиму зварювання у газовій суміші змінюється по-різному: підвищення напруги дуги призводить до збільшення рівня виділення ЗР; із збільшенням величини зварювального струму і одночасно напруги дуги інтенсивність утворення ЗР спочатку підвищується, а потім знижується до мінімуму; при цьому питомі виділення ЗР в основному знижуються. Для кожного діаметру зварювальних дротів існують певні значення зварювального струму, при яких виділяється максимальна кількість ЗР, та ділянка значень сили струму, що забезпечує мінімальну інтенсивність утворення аерозолі.

5.3. Розробка та розрахунок системи місцевої вентиляції

Метою розрахунку є визначення необхідного повітрообміну на робочому місці для забезпечення нормальної роботи електрозварювальників.

Згідно з розробленою технологією зварювання трубопроводу виконується механізованим способом у середовищі 82 % Ar + 18 % CO₂. При цьому виділяються шкідливі для зварювальників речовини, вказані в розд. 5.2.

Для нормальної роботи необхідно забезпечити витяжку повітря із робочої зони, де виконується зварювання [10]. Для цього використовується припливно-витяжна вентиляція із механічним збудженням на витяжці. Це дозволяє створити найбільший простір та економічну систему вентиляції.

У якості збуджувачів руху повітря у проєкті дільниці застосовуються центробіжні вентилятори, конструктивно оформлені у вигляді вентиляційних установок – агрегатів.

Оскільки зварювання елементів трубопроводу виконується на різних робочих місцях, то потрібно встановити дві вентиляційні установки.

Вихідним даним для розрахунку потрібної потужності агрегатів слугує питомий повітрообмін при розплавленні 1кг зварювального матеріалу [19].

Питомий повітрообмін при розплавленні 1кг зварювального дроту Св-08Г2С становить - 2000 м³/кг.

Маса зварювального дроту (P , кг), яка витрачається одним зварювальником упродовж години:

$$P = \Phi \cdot A, \quad (5.1)$$

де Φ – норма втрат зварювального дроту, кг/м; $\Phi = 0,15$ кг/м; A – продуктивність праці зварювальника, м/год $A = 22$ м/год).

Тоді:

$$P = 0,15 \cdot 22 = 3,3 \text{ кг/год.}$$

Маса повітря, необхідна для розбавлення до норми шкідливих домішок при зварюванні (Q , м³/год):

$$Q = Q_{\text{пит}} \cdot P \quad (5.2)$$

$$Q = 2000 \cdot 3,3 = 6600 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Необхідна кількість повітря при зварюванні:

$$Q_{\text{п}} = Q \cdot n \quad (5.3)$$

де n – кількість одночасно працюючих зварювальників. Приймаємо $n = 1$ для

$$P = 6600 \cdot 1 = 6600 \text{ м}^3/\text{год.}$$

За рекомендацією вибираємо центробіжний вентилятор високого тиску ВВД-9. Технічні дані вентилятора ВВД-9 наведені в таблиці.

Таблиця

Технічні дані вентилятора ВВД-9

Найменування характеристик	Одиниці виміру	Величина
Потужність електродвигуна	кВт	14
Продуктивність	м ³ /год	9000
Кількість обертів	хв. ⁻¹ .	1450
ККД	%	58
Повний тиск	Па	4500

Розрахуємо необхідну кількість вентиляторів

$$m = Q/Q_{\text{вен}} \quad (5.4)$$

де Q – необхідна кількість повітря при зварюванні, м³/год; $Q_{\text{вен}}$ – продуктивність вентилятора, м³/год

$$m = \frac{6600}{9000} = 0,73 \text{ шт.}$$

Приймаємо $m = 1$ шт. на робочому місці зварювальника.

Видалення повітря із робочої зони зварювальника здійснюється

гумовим рукавом полегшеного типу діаметром 125 мм, пропускна здатність рукава – 1000 м³/год.

Для визначення максимально можливої довжини шлангу при роботі вентилятора ВВД-9 визначимо витрати напору на переборювання тертя шлангу довжиною 1м

$$H_{\text{тр}} = \frac{l \lambda v \gamma}{2 \gamma d}, \quad (5.5)$$

де λ – коефіцієнт опору тертя; $\lambda = 0,069$; l – довжина повітровідводу, м; $l = 1$ м; g – прискорення вільного падіння, м/с²; $g = 9,8$ м/с²; d – діаметр шланга, м; $d = 0,125$ м; γ – питома вага повітря, кг/м³; v – швидкість повітря, м/с.

Швидкість повітря визначаємо за формулою

$$V = \frac{Q}{3600F}, \quad (5.6)$$

де Q – витрати повітря, м³/год; F – площа поперечного перерізу шланга, м².

$$F = \frac{\pi d^2}{4}. \quad (5.7)$$

$$F = \frac{3,14 \times 0,125^2}{4} = 0,0123 \text{ м}^2.$$

Тоді:

$$V = \frac{6600}{3600 \times 0,0123} = 149,05 \text{ м/с.}$$

Витрати напору

$$H_{\text{тр}} = \frac{0,069 \times 149,05 \times 2}{2 \times 9,8 \times 0,125} = 5,04 \text{ мм. вод.ст.} = 64 \text{ Па.}$$

					КР.131.6121М.02.06.05.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		85

Для вентилятора ВВД-9 повний тиск дорівнює $H_v = 4500$ Па.

Найбільша довжина шлангу ($L_{ш}$, м) діаметром 0,125 м буде дорівнювати:

$$L_{шл} = \frac{H_v}{H_{тр}} \quad (5.8)$$

$$L_{шл} = \frac{4500}{64} = 70,3 \text{ м.}$$

Розрахунок показує, що вентилятор ВВД-9 може бути розташований у будь-якому місці в межах довжини розробленої ділянки цеху.

Висновки

1. Виявлено потенційно небезпечні та шкідливі фактори при виконанні зварювальних робіт та розроблено заходи щодо їх усунення або зниження до нормативних вимог.

2. Виконано розрахунок необхідного повітрообміну на робочому місці електрозварювальника, за результатами якого був обраний центробіжний вентилятор високого тиску ВВД-9 у кількості 1 шт. та визначена максимально можлива довжина шлангів при роботі вентилятора ВВД-9 – 70 м, яка дозволяє розташувати його у будь-якому місці в межах довжини розробленої ділянки цеху.

					КР.131.6121М.02.06.06.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розраб		Борисов В.В.			Розрахунок технологічної собівартості складання і зварювання елементів протипожежного		Аркуш	Аркушів
Керівник		Драган С.В.					87	7
Консультант		.				НУК		
Н.Контр								
Зав.Каф		Драган С.В.						

6. Розрахунок технологічної собівартості складання

і зварювання елементів протипожежного трубопроводу

Величину технологічної собівартості річної програми випуску трубопроводів розрахуємо за формулою [8]:

$$C_T = C_M + C_{з.п} + C_e + C_{об} \quad (6.1)$$

де C_M – затрати на зварювальні та допоміжні матеріали; $C_{з.п}$ – затрати на заробітну плату з відрахуваннями; C_e – затрати на технологічну електроенергію; $C_{об}$ – затрати на амортизаційні відрахування, поточне обслуговування та ремонт зварювального устаткування та технологічної оснастки.

Для розрахунку технологічної собівартості річної програми випуску трубопроводів скористаємося наступними вихідними даними:

Умовна річна програма обробки труб, т	310
Загальна довжина зварних швів на річній програмі, м	2200
Довжина швів на одному виробі (середня), м	0,84
Вартість устаткування, грн:	
Комплект для механізованого зварювання у газовій суміші:	
випрямляч ВС-500 БУРАН + подавальний механізм СПМ 430	54000
Технологічна оснастка:	
центратор + кантувач труб	60000
трубозачисний агрегат МЗ-1	13000
Ціна зварювальних матеріалів (середня):	
Зварювальний дріт Св-08Г2С $d_e = 0,8 - 1,2$ мм	68 грн./кг
Газова суміш Pureshield P3	12,5 грн./л.
Електроенергія для технологічних потреб, грн/кВт-год	6,86
Трудомісткість складальних робіт (середня), н- год	0,6
Трудомісткість зварювальних робіт (середня), н- год	0,25
Годинна тарифна ставка слюсара-складальника, грн.	120
Годинна тарифна ставка зварювальника, грн.	100

Розрахунки витрат будемо виконувати на 1 пог. м шва з подальшим перерахунком на річну програму випуску виробів.

Затрати на зварювальні матеріали розраховуємо за формулою

$$C_m = \sum_i H_i \cdot \Pi_i, \quad (6.2)$$

де H_i – норма витрат i -го матеріалу, кг/м; Π_i – вартість одиниці i -го матеріалу з урахуванням транспортно-заготівельних затрат, грн./кг.

Норма витрат на один метр шва:

$$H_i = G \cdot K, \quad (6.3)$$

де G - маса металу, наплавленого на 1 метр зварного шва; K - коефіцієнт переходу від маси наплавленого металу до витрати матеріалів зварювальних матеріалів (табл. 6.1).

Таблиця 6.1.

Значення коефіцієнту переходу від маси наплавленого металу до витрати матеріалів для зварювання

Спосіб зварювання	Зварювальний матеріал
	Дріт
Механізоване у газовій суміші Pureshield P3 (82 % Ar + 18 % CO ₂)	1,02

Маса наплавленого металу на 1 метр зварного шва розраховується як

$$G = 100 F \cdot \gamma, \quad (6.4)$$

де F - площа поперечного перерізу шва, см² (см. табл. 2.3) Приймаємо в середньому $F = 0,27$ см²; γ - щільність металу шва. Приймаємо $\gamma = 7,8$ г/см³.

Витрату захисної газової суміші приймаємо відповідно до розрахованого режиму зварювання (см. табл. 2.5). $Q_r = 14,7$ л/хв.

Затрати на заробітну плату розраховуємо як суму повних затрат на заробітну плату робочих основних виробничих професій, що беруть участь у виконанні технологічного процесу

$$C_{z.n} = \sum_{i=1}^n C_{z.n.i}, \quad (6.5)$$

де $C_{з.п.i}$ - повні затрати на заробітну плату [основну, додаткову та єдиний соціальний внесок (ЄСВ)] робочих при виконанні i -ої операції; n - число операцій технологічного процесу.

Повні затрати на заробітну плату робочих при виконанні i -ої операції розраховуємо за формулою

$$C_{з.п.i} = [(1,1 \dots 1,15) T_p \cdot \Gamma_{ст}] \cdot 1,22, \quad (6.6)$$

де T_p – трудомісткість виконання операції складання або зварювання, н-год.;

$\Gamma_{ст}$ – середня годинна тарифна ставка, грн./год.

Затрати на технологічну електроенергію розраховуємо як

$$C_e = W \cdot C_e, \quad (6.7)$$

де W - повні витрати електроенергії одним зварювальним постом, кВт-год.;

C_e – вартість 1 кВт-год. електроенергії, грн.

Витрати електроенергії на 1 пог. м шва

$$W = \frac{U_d \cdot I_z}{\eta \cdot 1000} \cdot \tau + W_0(t_1 - \tau), \quad (6.8)$$

де U_d - напруга дуги, В; I_z - зварювальний струм, А.; η - ККД зварювального поста, приймаємо $\eta = 0,65$; W_0 – потужність, що витрачається джерелом живлення під час холостого ходу, приймаємо $W_0 = 2,5$ кВт; τ – час горіння

дуги (основний час); $t_1 = \frac{t}{K_n}$ - повний (оперативний) час зварювання з урахуванням коефіцієнту K_n використання зварювального поста, орієнтовно для зварювання у цехових умовах $K_n = 0,5 \dots 0,8$.

Загальні затрати на амортизаційні відрахування та поточний ремонт зварювального обладнання розраховуємо за формулою

$$C_{об} = \sum_i (C_{ai} + C_{pi}), \quad (6.9)$$

де C_{ai} та C_{pi} - амортизаційні відрахування та затрати на поточний ремонт i -го виду обладнання відповідно.

$$C_{ai} = \frac{\sum_i C_i \cdot H_{ai}}{100}, \quad (6.10)$$

					КР.131.6121М.02.06.06.ПЗ	Лист
						90
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot H_{pi}}{100}, \quad (6.11)$$

де C_i , H_{ai} , H_{pi} – вартість, норма амортизаційних відрахувань та норма витрат на поточний ремонт i -го виду обладнання відповідно (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Норми амортизаційних відрахувань та затрат на поточний ремонт обладнання

Група обладнання	Норма відрахувань у % до балансової вартості	
	амортизаційних H_a	на поточний ремонт H_p
Комплект для механізованого зварювання у газовій суміші Pureshield P3	15,0	10,0
Технологічна оснастка:		
центратор + кантувач труб 60000	10,0	
трубозачисний агрегат МЗ-1 13000	12,5	

Розрахунок затрат на зварювальні матеріали

Витрати дроту Св-08Г2С на 1 м шва

$$H_{\text{св-08Г8Г}} = 0,27 \cdot 7,8 \cdot 1,02 \cdot 100 = 215 \text{ г} = 0,215 \text{ кг.}$$

Витрати дроту Св-08Г2С на річну програму

$$H_{\text{св-08Г8}} = 0,2151 \cdot 2200 = 473 \text{ кг.}$$

Затрати на зварювальний дріт

$$C_{\text{св-08Г2С}} = 68 \cdot 473 = 32164 \text{ грн.}$$

Середні витрати газової суміші 82 % Ar + 18 % CO₂ на 1 м шва

$$H_{\text{газ}} = 32,5 \text{ л.}$$

Затрати на газову суміш на річну програму

$$C_{\text{газ}} = 12,5 \cdot 1,45 \cdot 2200 = 893750 \text{ грн.}$$

В цілому, затрати на зварювальні матеріали

$$C_m = 32164 + 893750 = 925914 \text{ грн.}$$

Розрахунок затрат на заробітну плату на 1 м шва

Повні затрати робочих основних професій:

					КР.131.6121М.02.06.06.ПЗ	Лист
						91
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

складальники

$$C_{з.п.ск} = 1,15 \cdot 0,6 \cdot 100 \cdot 1,22 = 101,00 \text{ грн.}$$

зварювальники

$$C_{з.п.зв} = 1,15 \cdot 0,25 \cdot 120 \cdot 1,22 = 35,07 \text{ грн.}$$

В цілому, затрати на заробітну плату на 1 м шва

$$C_{зп} = 101,00 + 35,07 = 136,07 \text{ грн.}$$

На річну програму: $C_{зп} = 136,07 \cdot 2200 = 299354 \text{ грн.}$

Затрати на технологічну електроенергію розрахуємо відповідно до середніх витрат на 1 пог. м шва при механізованому зварюванні. Параметри режиму зварювання приймаємо для стикового з'єднання відповідно до табл. 2.4, $q_{п} = 7792,1 \text{ Дж/см}$ ($I_{зв} = 235 \text{ А}$; $U_{д} = 21 \text{ В}$; $V_{зв} = 17,1 \text{ м/год.}$)/

$$W_{мех} = \frac{21 \times 35}{0,65 \times 1000} \times 0,045 + 2,5(0,075 - 0,045) = 0,42 \text{ кВт - год.}$$

Затрати на електроенергію для зварювання на 1 м шву

$$C_e = 0,42 \times 6,86 = 2,88 \text{ грн.}$$

На річну програму: $C_e = 2,88 \cdot 2200 = 6336 \text{ грн.}$

Розрахунок амортизаційних відрахувань по обладнанню на 1 м шву:

Комплект для механізованого зварювання: випрямляч ВС-500 БУРАН та подавальний механізм СПМ 430

$$C_{зв} = \frac{54000 \times 5}{100 \times 2200} = 3,68 \text{ грн.}$$

Технологічна оснастка: центратор труб, кантувач, трубозачисний агрегат

$$C_{техн.осн.} = \frac{(60000 + 13000)12}{100 \times 2200} = 3,98 \text{ грн.}$$

Загальні амортизаційні відрахування по обладнанню

$$C_a = 3,68 + 3,98 = 7,66 \text{ грн.}$$

На річну програму: $C_a = 7,08 \cdot 2200 = 16852 \text{ грн.}$

Розрахунок затрати на поточний ремонт обладнання на 1 м шву:

Комплект для механізованого зварювання: випрямляч ВС-500 БУРАН та

					КР.131.6121М.02.06.06.ПЗ	Лист
						92
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

подавальний механізм СПМ 430

$$C_{\text{мех}} = \frac{54000 \times 0}{100 \times 2200} = 2,45 \text{ грн};$$

Технологічна оснастка: центратор труб, кантувач, трубозачисний агрегат

$$C_{\text{техн.осн.}} = \frac{(60000 + 13000)10}{100 \times 2200} = 3,19 \text{ грн};$$

Загальні затрати на ремонт обладнання

$$C_p = 2,45 + 3,19 = 5,64 \text{ грн.}$$

На річну програму: $C_p = 5,26 \cdot 2200 = 12408 \text{ грн.}$

Результати розрахунків статей затрат та технологічної собівартості складання і зварювання річної програми випуску елементів протипожежних трубопроводів зведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3

Зведені затрати на технологічну собівартість
складально-зварювальних робіт

Найменування статей затрат	Значення показника, грн.	% від технологічної собівартості
Умовна річна програма випуску виробів, т (пог. м швів)	310 (2200)	
Зварювальні матеріали	925914	73,43
Заробітна плата	299354	23,74
Електроенергія	6336	0,50
Амортизаційні відрахування	16852	1,35
Затрати на поточний ремонт	12408	0,98
Технологічна собівартість річного випуску продукції	1260864	100

Висновки

1. Економічні розрахунки показали що технологічна собівартість складально-зварювальних робіт при виготовленні річної програми елементів трубопроводу за розробленою технологією зварювання складає – 1260864 грн.

2. Основною статтею технологічної собівартості є затрати на зварювальні матеріали (близько 73,5 %).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблена удосконалена технологія складання і зварювання елементів протипожежного трубопроводу із сталей 10 і 20, яка передбачає механізацію основних операцій з використанням сучасного устаткування та технологічної оснастки.

2. Для зварювання вибрано спосіб 135 - механізоване у суміші Pureshield P3 (82 % Ar + 18 % CO₂) суцільним дротом марки Св-08Г2С діаметром 0,8 – 1,2 мм. Виконано розрахунки режимів зварювання для всіх типів швів, які використовуються у трубопроводі.

3. Розрахунком визначено і експериментально підтверджено, що очікувана структура усіх зон металу зварного стикового з'єднання – ферито-перлітна. Встановлено, що метал ЗТВ має твердість, 205 HV, яка не перевищує за Правилами Регістру судноплавства України допустимого значення 350 HV.

4. Для механізації складально-зварювальних робіт розроблено сучасне технологічне устаткування: вибрано випрямляч ВС-500 БУРАН з механізмом подачі дроту СПМ – 430, сконструйовано на підставі розрахунків центратор труб та двостояковий кантувач труб.

5. Розроблено приклад умовного технологічного процесу, для якого розраховані показники проєктування: число операцій - 4, загальна тривалість процесу – 0,51 год.

6. Розроблено організацію робіт та технологічний план ділянки для розміщення виробництва у прольоті складально-зварювального цеху суднобудівної верфі в класу. Передбачено двохрядне розташування обладнання з напрямом виробничого потоку у формі простої вилки. Ділянка довжиною 48 м може бути розміщена у прольоті цеху шириною 18 м і займає загальну площу 864 м². Для виконання складально-зварювальних робіт на ділянці розроблені заходи щодо охорони праці та техніки безпеки.

					КР.131.6121М.02.06.00.ПЗ	Лист
						94
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Економічні розрахунки показали що технологічна собівартість складально-зварювальних робіт при виготовленні річної програми (310 т) елементів трубопроводу за розробленою технологією складає – 1260864 грн. Основні затрати - близько 73,5 % - припадають на зварювальні матеріали.

					КР.131.6121М.02.06.00ПЗ	Лист
						95
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел інформації

[1]. Акулов О.І., Бельчук Г.О., Демянцевич В.П. (1977). Технологія та устаткування зварювання плавленням. Підручник для студентів ВНЗ. – М.: Машинобудування. – 432 с.

[2]. Гитлевич О.Д., Сухов І.М., Биховський Д.В., Кутана І.Д. (1977). Альбом обладнання для заготовительних робіт у виробництві зварних конструкцій. Навч. посібник. – М.: Вищ. школа,. – 136 с.

[3]. Боротьба з пожежами на суднах. Т.2 Засоби боротьби з пожежами на суднах. (1986). Під ред. М.Г. Ставицького. – Л.: Суднобудування, – 476 с.

[4]. Глебов А.З. (1973). Організація праці зварювальників-півавтоматників.- М.: Машиностроение,.- 121 с.

[5]. Голобородько Ж.Г., Драган С.В., Квасницьки В.В. й; під заг. ред. С.В. Драгана (2013). Основи технології дугового зварювання суднових конструкцій: навч. посібник. – Миколаїв: НУК,. – 380 с.

[6]. ДБН – В. 2.5. – 23: 2010. Будівельні Норми і Правила. Мінпаливноенерго України, 2010.

[7]. Драган С.В. (2020). Розрахунки вузлів і механізмів складально-зварювальної оснастки: навч. посібник.– Миколаїв: НУК,. – 108 с.

[8]. Драган С.В., Голобородько Ж.Г., Сімутенков І.В.; під заг. ред. С.В. Драгана. (2017). Технологія зварювання суднових корпусних конструкцій (проектування і організація): навч. посібник – Миколаїв: НУК, – 328 с.

[9]. ДСН 3.3.6.042-99.Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

[10]. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки.

[11]. Карпенко А. С. (2005). Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. посібник. – К.: Арістей,. – 268 с.

					КР.131.6121М.02.06.00.ПЗ	Лист
						96
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

[12]. Красовський О.І. (1980). Основи проектування зварювальних цехів: Підручник, - 4-е вид. – М.: Машинобудування,. – 319 с.

[13]. Левченко, О.Г., Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник / О.Г. Левченко, О.І. Полукаров. - К.: Основа, 2014. -352 с.

[14]. Драган С.В., Єрмолаєв Г.В., Ж.Г. Голобородько та ін. (2014). Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра (для студентів за напрямом підготовки 6.050504 “Зварювання”, спеціальність “Технології та устаткування зварювання”) – Миколаїв: НУК,. - 62 с.

[15]. Адлерштейн Л.Ц., Клестов М.І., Нахамкин Л.А. та ін. (1988). Механізація та автоматизація суднобудівного виробництва. Довідник /– Л.: Суднобудування,– 352 с.

[16]. Лобанов Л.М., Єрмолаєв Г.В., Квасницький В.В. та ін.; за заг. ред. Л.М. Лобанова (2016). Напруження та деформації при зварюванні і паянні: підручник. – Миколаїв: НУК,– 248 с.

[17]. Овчинніков І.М. Овчинніков І.Є. (1988). Суднові системи та трубопроводи. Навч. посібн. /– Л.: Суднобудування,– 291 с.

[18]. Ткачук К. Н.,. Халімовський М. О., Зацарний В. В. та ін.Основи охорони праці; за ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського (2006). - К.: Основа. – 448 с.

[19]. Регістр судноплавства України. (2024). Правила класифікації та побудови малих суден.Частина Х. Протипожежний захист. – Київ,.

[20]. Сирков А.К. (1980). Довідник з технологічного проектування суднобудівних верфей і цехів.– Л.: Суднобудування. – 200 с.

[21]. Інтернет ресурс, режим доступу: <https://t-library.net/book/6389>.

					КР.131.6121М.02.06.00.ПЗ	Лист
						97
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

[22]. Інтернет ресурс, режим доступу:
<https://militarnyi.com/uk/news/pershi-patrulni-katery-dpsu-vzhe-vyrushyly-do-ukrayiny/>.

[23]. Інтернет ресурс, режим доступу:
<https://studfile.net/preview/7445581/>.

[24]. Інтернет ресурс, режим доступу:
https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=6787.

[25]. Інтернет ресурс, режим доступу:
<https://metallobaza.dp.ua/uk/statti/277-analogi-evropejskikh-stalej-porivnyannya-ta-klyuchovi-parametri>.

[26]. Інтернет ресурс, режим доступу:
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/417ebd5f-9f1e-4d31-a763-1337f29c9497/content>.

[27]. Інтернет ресурс, режим доступу:
https://sudoremont.blogspot.com/2016/04/blog-post_13.html.

[28]. Інтернет ресурс, режим доступу:
<https://mirmarine.net/svm/sudovye-sistemy/161-konstruktivnye-elementy-sistem>.

[29]. Інтернет ресурс, режим доступу: <https://sea-man.org/izgotovlenie-uzlov-i-montazh-sistem-na-sudne.html>.

[30]. Інтернет ресурс, режим доступу:
<https://studfile.net/preview/19946943/>.

[31]. Інтернет ресурс, режим доступу:
<https://stalkanat.com.ua/catalog/provoloka-stalnaya-svarochnaya/>.

[32]. Інтернет ресурс, режим доступу: <https://vsya-svarka.com.ua/ua/svarochnyj-vypryamitel-vs-500-buran-spm-430>.

[33]. Інтернет ресурс, режим доступу: <https://alldrawings.ru/spisok-kategorij/item/dvuhstoechnyj-kantovatel>.

[34]. Інтернет ресурс, режим доступу: <https://www.dak-s.com/products/mu-100ap>.