

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут
Кафедра зварювання

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

к.т.н., проф. НУК Г.В. Єрмолаєв

«___» _____ 2023 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Розробка технології складання і зварювання
бортової секції несамохідної баржі

Виконав: студент II курсу, групи 2121ст
спеціальності 131 Прикладна механіка за
освітньо-професійною програмою Інжині-
ринг зварювання та споріднених процесів
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

		<u>Стазілов Костянтин Петрович</u>
		(прізвище та ініціали)
Керівник		<u>Сніхтаренко Володимир Володимирович</u>
		(прізвище та ініціали)
Рецензент		<u>Лой Сергій Анатолійович</u>
		(прізвище та ініціали)

Херсон 2023 р.

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Факультет суднобудівний
Кафедра зварювання
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма Інжиніринг зварювання та споріднених процесів
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

 **Гарант освітньої програми**
доц. В.В. Спідтаренко
“ ” 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

студенту Стазілову Костянтину Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технології складання і зварювання бортової секції несамохідної баржі
керівник роботи Спідтаренко Володимир Володимирович, доцент, кафедри зварювання ХННІ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені розпорядженням ХННІ від “16” березня 2023 року № 4

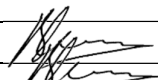
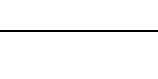
2. Строк подання студентом роботи _____
3. Вихідні дані до проекту Річна програма 100 шт. Креслення баку. Матеріал 09Г2..

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Провести аналіз технологій виготовлення бортових секцій на підприємствах. Провести розрахунки режимів зварювання та термічного циклу при зварюванні стикових та таврових з'єднань. Скласти технологічний процес виготовлення секції. Визначити технологічну собівартість зварювальних робіт при виготовленні виробу.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Тема роботи. 2. Мета роботи, завдання, результати. 3. Загальний вигляд бортової секції. 4. Характеристика та механічні властивості основного металу 5. Конструктивні елементи та режими зварювання. 6. Розрахунок термічного циклу. 7. Технологічний процес складання та зварювання. 8. Розрахунок собівартості зварювання секції. 9. Висновки по роботі.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доцент. Спихтаренко В.В.		
2	доцент. Лебедєв В.О.		
3	доцент. Лебедєв В.О.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з /п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз конструктивних особливостей та матеріалу бортової секції.	15.05.23	
2	Розрахунки технології зварювання	22.05.23	
3	Технологічний процес складання та зварювання конструкції	29.05.23	
4	Економічна оцінка проектних розробок.	5.06.23	
	Графічна частина	10.06.23	

Студент


(підпис)

Стазілов К.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Спихтаренко В.В.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Мета дослідження: Визначити оптимальні технологічні процеси зварювання для виготовлення бортової секції несамохідної баржі, зокрема, підвищити якість та знизити трудомісткість виробництва.

Використано методи автоматичного та механізованого зварювання, а також розрахунок термічного циклу зварювання для аналізу структури зварних швів та їх твердості.

Основні результати роботи:

- Для виготовлення бортової секції рекомендовано використовувати сталь марки 09Г2, яка має добру зварювальність.

- Запропоновано автоматичне зварювання стикових з'єднань типу С4 без оброблення крайок, а також механізоване зварювання у CO₂ для насичення і кутових з'єднань.

- Результати термічних розрахунків свідчать про утворення ферито-перлітної структури з твердості 200 HV для зварних швів та 380 HV для таврових з'єднань.

Практична значимість: Впровадження розроблених технологій дозволяє значно знизити трудомісткість виготовлення, підвищити якість продукції, скоротити технологічний цикл зварювальних операцій, а також покращити умови праці зварників.

Ключові слова: зварювання, бортова секція, несамохідна баржа, автоматизація, механізація, технологічний процес.

Annotation.

Research Objective: To determine the optimal welding processes for the production of the side section of a non-self-propelled barge, specifically to improve quality and reduce labor intensity in manufacturing.

Research Methods: Methods of automatic and mechanized welding were utilized, along with thermal cycle calculations for analyzing the structure of weld seams and their hardness.

Key Results:

- For the production of the side section, it is recommended to use steel grade 09G2, which has high weldability.

- Automatic welding of butt joints type C4 without edge preparation is proposed, as well as mechanized welding in CO₂ for corner joints.

- Thermal calculations indicate the formation of a ferrite-perlite structure with a hardness of 200 HV for weld seams and 380 HV for T-joints.

Practical Significance: The implementation of the developed technologies allows for a significant reduction in labor intensity of production, improved product quality, shortened technological cycle of welding operations, and enhanced working conditions for welders.

Keywords: welding, side section, non-self-propelled barge, automation, mechanization, technological process.

					ДР.131.2121ст.05.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 Аналіз конструктивних особливостей та матеріалу секції борта	9
1.1 Загальна характеристика конструкції	10
1.2 Конструктивні особливості бортової секції	11
1.3 Характеристика основного металу	12
1.4 Типові технології виготовлення бортової секції	15
1.5 Висновки. Мета і завдання дипломної роботи	17
2 Розрахунки технології зварювання	19
2.1 Обґрунтування вибору способів зварювання	20
2.1.1 Розрахунок режимів та геометричних розмірів при зварюванні таврових з'єднань	20
2.1.2 Розрахунок режимів та геометричних розмірів при зварюванні стикових з'єднань	23
2.2 Розрахунок термічного циклу при зварюванні та аналіз структури металу ЗТВ	27
2.2.1 Розрахунок термічного циклу стикового з'єднання	30
2.2.2 Розрахунок термічного циклу таврового з'єднання, виконаного механізованим зварюванням в CO ₂	31
2.3 Аналіз очікуваної структури ЗТВ	34
3 Технологічний процес складання та зварювання бортової секції ..	36
3.1 Принципова послідовність складання і зварювання	37
3.2 Вибір та обґрунтування зварювальних матеріалів	39
3.2.1 Ручне дугове зварювання покритими електродами	40
3.2.2 Механізоване зварювання у захисному газі	42
3.2.3 Автоматичне зварювання під шаром флюсу	43
3.3 Вибір та обґрунтування зварювального устаткування	44
3.3.1 Для автоматичного зварювання	45
3.3.2 Для механізованого зварювання	47
3.4 Вибір джерела живлення	51

					ДР.131.2121ст.05.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

3.5 Методи контролю та випробувань	54
4 Економічна оцінка проектних розробок.....	59
4.1 Нормування основних зварювальних операцій	60
4.2 Пропонована технологія.....	61
4.2.1 Автоматичне зварювання під шаром флюсу.....	62
4.2.2 Автоматичне зварювання таврових з'єднань.....	63
4.2.3 Механізоване зварювання у середовищі CO ₂	66
4.2.4 Ручне дугове зварювання.	67
4.3 Визначення технологічної собівартості.....	69
4.4 Визначення вартості зварювальних матеріалів	70
4.4.1 Витрати на амортизаційні відрахування по устаткуванню	75
4.4.2 Загальнорічні витрати з фонду заробітної плати.....	77
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ	81
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	82
ДОДАТОК.....	85

ВСТУП

Першорядна роль у підвищенні технічного рівня і поліпшенні якісних показників усіх галузей матеріального виробництва належить суднобудуванню. Значення зварювального виробництва у суднобудуванні дуже велике. Зараз важко назвати галузь народного господарства, де б не застосовувався той або інший спосіб зварювання. З застосуванням зварювання стало можливим створення таких конструкцій машин і агрегатів, що раніш практично не можна було виготовити іншими способами.

Для виготовлення конструкцій високої якості необхідно постійно удосконалювати зварювальне виробництво.

Постійне зростання обсягу випуску і розширення області застосування зварних конструкцій зв'язано з розробкою і впровадженням у виробництво прогресивних видів зварювання, якісних зварювальних матеріалів, високопродуктивних машин, устаткування і технічного оснащення, комплексної механізації, автоматизації і роботизації виробничих процесів.

Широке застосування механізації й автоматизації трудомістких процесів вирішує наступні нерозривно зв'язані технічні й економічні задачі:

1. Збільшення продуктивності праці за рахунок полегшення його умов, шляхом заміни ручної праці роботою механізмів.

2. Скорочення загальної кількості (основних і допоміжних) операцій за рахунок усунення деяких з них, або сполучення їх у часі з іншими при механізації ручної праці.

3. Скорочення числа контрольно-приймальних операцій, шляхом заміни системи суцільного контролю продукції системою вибіркового контролю, можливих тільки при механізації або автоматизації технологічних операцій, що забезпечує високий ступінь однорідності виконуваних робіт.

4. Зменшення трудомісткості процесу виробництва в цілому за рахунок полегшення умов праці і скорочення загального числа робочих операцій.

					ДР.131.2121ст.05.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

5. Підвищення якості продукції шляхом забезпечення високого ступеня її однорідності й усунення у механізованому виробництві залежності якості виробів від різної кваліфікації робітників.

6. Скорочення необхідного складу виробничих робітників при механізації й автоматизації операцій, особливо з застосуванням сполучення професій і багатостанкового обслуговування.

7. Значне зменшення необхідних площ для розміщення виробничого процесу за рахунок скорочення числа робочих місць при заміні ручної праці більш продуктивною роботою механізмів.

8. Скорочення тривалості виробничого циклу виготовлення виробів шляхом прискорення виконання робочих операцій при їхній механізації і за рахунок зменшення загального їхнього числа.

9. Зниження вартості продукції шляхом зменшення прямих виробничих витрат при збільшенні продуктивності праці за рахунок зменшення питомих цехових експлуатаційних витрат.

10. Прискорення оборотності оборотних коштів і зменшення необхідної для виробництва суми цих засобів у наслідку скорочення тривалості виробничого циклу виготовлення виробів.

Сумарні результати рішень перерахованих вище задач дуже впливають на зменшення необхідної площі цеху для розміщення в ньому необхідних виробничих процесів і на їхню економічну ефективність. При цьому досягається найбільш раціональне ущільнене планування всіх робочих місць і виробничого обладнання в прольотах цеху, істотне збільшення пропускної здатності всіх його робочих ділянок і знімання продукції з кожного квадратного метра площі цеху, а також значне поліпшення всіх інших його техніко-економічних показників.

					ДР.131.2121ст.05.01.04.ПЗ.	Арк.
						8
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДР.131.2121ст.05.01.04.ПЗ.			
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата				
Студент	Стазілов К.П.				1 Аналіз конструктивних особливостей та матеріалу секції борта	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Спіхтаренко В.						9	10
Консультант						ХННІ		
Н. Контр.								
Зав.кафедр.	Єрмолаєв Г.В.							

1.1 Загальна характеристика конструкції

Дана конструкція це важкий несамохідний понтон для транспортування змішаних палубних вантажів на власній палубі, з можливістю горизонтального навантаження/вивантаження.

Понтон можна піддавати баластуванню для використання при проведенні різних операцій у внутрішніх водоймах, затоках, устях рік і відкритім морі.

Корпус понтона відповідає вимогам Правил Морського Регістру Судноплавства видання 2011 року.

Основні конструктивні характеристики представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Основні конструктивні характеристики

Довжина корпусу найбільша, м	85,20
Ширина корпусу, м	16,50
Висота борту, м	4,50
Осад максимальний, м	3,25
Водотоннажність при максимальному осіданні, т	близько 4400
Дедвейт, т	близько 3200
Навантаження на палубу, т/м ²	15,00

Корпус вантажного понтона прямокутної форми, має плоске днище, підріз у носі й підзор у кормі, два стабілізатори руху в кормовому підзорі. Корпус понтона розділено сьома поперечними й двома (у кряях однією) поздовжніми перегородками на 12 цистерн рідкого баласту, розташованих по бортах і в кряях, технічний і сухий відсіки, розташовані в середній частині корпусу.

Люки й горловини на палубі понтона влаштовані за подлицю з настилом палуби. На кормовому й носовому транцях передбачені конструктивні елементи для приєднання апарелей.

Конструкція корпусу понтона набрана за Правилами РМРС видання 2011 р. і заснована на поздовжній системі набору в комбінації з поперечною системою рамних шпангоутів.

Шпація становить:

- для поперечного набору-0,6 м;
- для поздовжнього набору по бортах і поздовжнім перегородкам-0,6 м;
- для поздовжнього набору по днищу, верхній палубі, іранцях і поперечним перегородкам-0,55 м;
- відстань між рамними шпангоутами-2,4 м, на окремих ділянках-1,2 м.

Корпус судна це складна плавуча споруда, яка являє собою тіло обмежене складною криволінійною поверхнею.

Бортові секції мають міцне з'єднання з днищем та палубою та утворюють міцність по всьому судну при експлуатації. Бортові секції, як і все судно, відчують прогин. При загальному прогині борт залучається до роботи з днищем та палубою за рахунок доторкальних зусиль, діючих по лінії приєднання бортів до днища.

1.2 Конструктивні особливості бортової секції

Бортові конструкції являються опорою для бортових перекриттів та приймають поперечні навантаження зі сторони бортів.

При конструюванні бортів необхідно зберігати безперервність поздовжніх зв'язків, зварні з'єднання повинні мати мінімальну кількість пересічних зварних швів, слід уникати утворення жорстких точок у місцях закінчення балок і книць, а також вибирати раціональні конструкції в місцях проходів балок набору через перегородки.

При поперечній системі набору борту судів ділянки між палубами й платформами, а також під нижньою палубою підкріплюють бортовими стрингерами. Бортові стрингери ставлять на всіх судах, які мають льодові підкріплення. На судах, що швартуються в море, бортові стрингери передбачають у тих районах, у яких вони можуть знадобитися. При цьому враховуються розміри судів, що швартуються. Стрингери встановлюють як без рамних шпангоутів, так і в комбінації з рамними шпангоутами (рисунок 1.1)

					ДР.131.2121ст.05.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

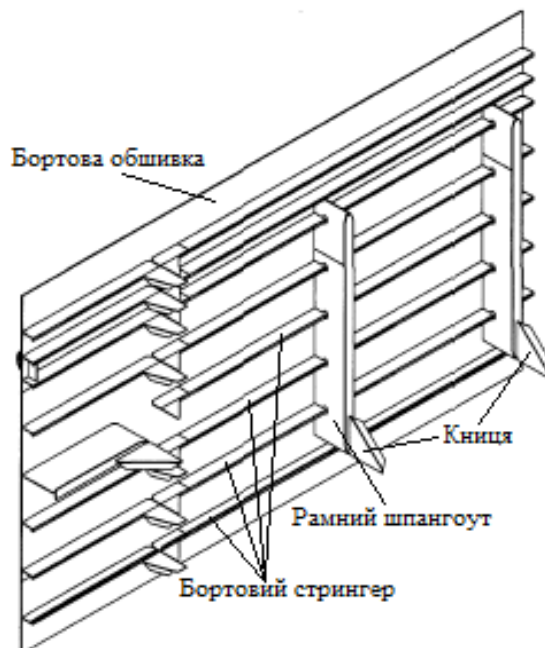


Рисунок 1.1 Бортова секція баржі

Якщо бортові перекриття сприймають динамічні навантаження, то з'єднання поясів пересічних балок повинно здійснюватися плавно за допомогою спеціальних хрестовин.

Кінці бортових стрингерів у непроникних поперечних перегородок повинні кріпитися кницями або горизонтальними бракетами, що досягають найближчої стійки перегородки.

1.3 Характеристика основного металу

Бортова секція № 0511 виготовляється з низьколегованої маловуглецевої сталі 09Г2. Ця сталь практично не змінює структуру в зоні термічного впливу та добре зварюється усіма видами зварювання. Завдяки дрібнозернистості, сталь 09Г2 зберігає і після зварювання міцність та в'язкість. Сталі легують Cr, Ni, Mn, Si, що сприяє поліпшенню пластичних властивостей сталі.

					ДР.131.2121ст.05.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

C – вуглець - один з найбільш важливих домішок, що визначає міцність, в'язкість, закалюємість і особливо, зварюваність сталі. Так, як вміст вуглецю лежить у межах (0,17...0,37) %, то дана сталь ставиться до першої групи по зварюваності.

Mn – марганець, його вводять у сталь для розкислення, тобто для усунення шкідливих домішок закису заліза. Він підвищує міцність, мало впливає на пластичність.

Si – кремній розкислює сталь. Він структурно не виявляється, тому що повністю розчиняється у фериті, крім тої частини кремнію, яка у вигляді окису кремнію не встигнула спливати в шлаки й залишилася в сталі. Кремній підвищує межу міцності й в'язкість.

Cr – хром підсилює загартованість, у невеликих кількостях збільшує ударну в'язкість.

Ni – нікель збільшує пластичні й міцні властивості сталі, подрібнює зерна, не погіршуючи зварюваність.

P – фосфор, розчиняючись у фериті, підвищує температуру переходу в хрипкий стан і приводить до появи холодних тріщин.

S – сірка робить сталь крихкою, приводить до утворення гарячих тріщин.

Cu - мідь підвищує корозійну стійкість, пластичність.

Сталь виготовляється за правилами класифікації та будівництва морських суден Регістру за вимогами ГОСТ 5521-86. Хімічний склад та механічні властивості сталі 09Г2 наведенні в таблиці 1.2 та 1.3.

Оцінка зварюваності сталі відбувається по еквіваленту вуглецю. Зварюваністю називають комплексну технологічну характеристику сталі, яка відображає її реакцію на теплові та металургійні процеси зварювання і виявляє відносну придатність цієї сталі для створення зварювального з'єднання з заданими технологічними властивостями.

Таблиця 1.2 Хімічний склад сталі 09Г2 (ГОСТ 5521-86)

					ДР.131.2121ст.05.01.04.ПЗ.	Арк.
						13
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Склад елементів, %							
C	Si	Mn	не більш				
			Cr	Ni	Cu	P	S
0,12	0,17...0,37	1,40...1,80	0,3	0,3	0,3	0,035	0,04

Таблиця 1.3 Механічні характеристики сталі 09Г2 (5521-86)

Тимчасовий опір, мПа	Границя плинності, мПа	Відносне подо- вження, %	Ударна в'язкість, мДж/м ²
не менш			
450	310	21	0,3

Зварюваність та стійкість сталі 09Г2 до утворення холодних та гарячих тріщин можна визначити за формулами 1.1 та 1.2:

$$C_{екв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni + Cr}{15} \quad (1.1)$$

де Mn, Cr, Si, Ni, склад хімічних елементів у відсотках.

При Секв < 0,45 % сталь стійка до утворення холодних тріщин, володіє доброю зварюваністю без утворення закалочних структур. Зварювання таких сталей виконується електричною дугою без попереднього підігріву та без послідууючої термообробки металу шва та біля шовної зони.

$$C_{екв} = 0,12 + \frac{1,4}{6} + \frac{0,17}{24} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3 + 0,3}{15} = 0,46\%$$

$$HCS = \frac{C \cdot (P + S + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100}) \cdot 10}{3Mn + Cr + Mo + V} \quad (1.2)$$

При HCS < 1,7 гарячих тріщин у зварному з'єднанні не буде. При HCS > 2 тріщини можуть утворюватися в металі шва.

$$HCS = \frac{0,12 \cdot (0,035 + 0,04 + \frac{0,17}{25} + \frac{0,3}{100}) \cdot 10}{3 \cdot 1,4 + 0,3} = 0,023$$

З проведених розрахунків на схильність до утворення холодних та гарячих тріщин видно, що сталь 09Г2 має високу стійкість проти гарячих і можливо виникнення холодних тріщин. Використання цієї сталі надає нам можливість значно покращити якість корпусу судна, та зменшити його вагу, тим самим забезпечити зростання показників характеристики судна. Використання такої сталі надає нам можливість застосувати розповсюджені та раціональні види зварювання, при цьому є можливість використовувати таке обладнання що є дуже простим у застосуванні.

Отже використання такої сталі та технологічного процесу є дуже раціональним рішенням для здобуття максимального економічного та технічного ефектів завдяки зменшенню людської праці та заміщення її на механізоване та автоматизоване зварювання.

1.4 Типові технології виготовлення бортової секції

Технологічний процес виготовлення бортових секцій передбачає складання та зварювання секції на плоскому стенді. Складання та зварювання відбувається при допомозі стенду С 31.

Перевезення, кантування, вантаження, розвантаження елементів секції відбувається за допомогою мостового крану вантажопід'ємністю до 100 т.

Технологічний процес складання та зварювання секцій наведений в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 Перелік переходів при складанні та зварюванні бортових секцій

Перелік переходів	Назва обладнання та оснащень	Норма часу, години
1. Підготовка стенду до роботи.		1,8

Перелік переходів	Назва обладнання та оснащень	Норма часу, години
2. Покласти листи 3 штуки полотна на стенд Лзаг = 7,2 м	Мостовий кран, Р=100 т	1,0
3. Зістикувати та закріпити листи на електроприхватках ГОСТ 5264-80 Лзаг = 7,2 х2 =14,4м	ВС-600, РБ-300	4,0
4. Провести зварювання полотнищ (на флюсовому стенді) ГОСТ5264-80 С7 Лзаг=7,2х2=14,4м	Автомат АДС 1021	10,4
5. Перекантувати полотно борта	Мостовий кран, Р=100 т	0,5
6. Провести зварювання обратної сторони ГОСТ5264-80 С7 Лзаг=7,2х2=14,4м	Автомат АДС 1021	10,4
7. Перекласти полотно борту на дільницю встановлення поздовжнього набору	Мостовий кран, Р=100 т	0,4
8. Встановити повздовжній набір на настил полотнища Лзаг=7,2х8=57,6 м. та закріпити електроприхватами набір до полотна ГОСТ 5264-80 С8.	ВС-600, РБ-300	2,0
9. Провести зварювання поздовжнього набору ГОСТ 14771-86 ТЗ Лзаг=7,2х16=115,2 м.	А-547У, ВС 600	6,2
10. Перевести полотно на дільницю складання секції.	Мостовий кран, Р=100 т	0,3
11. Укласти полотно з набором на стенд.	Мостовий кран, Р=100 т	0,2
12. Притиснути полотно з набором до стенду, та закріпити електроприхватами ГОСТ 5264-80 ТЗ.	ВС-600, РБ-300	0,4
13. Встановити поперечний набір бортової секції Лзаг=2х4,5=9,0 м. та закріпити електроприхваками набір до полотна ГОСТ 5264-80 ТЗ.	ВС-600, РБ-300	1,0
14. Провести зварювання набору до полотна ГОСТ 14771-86 ТЗ Лзаг=4,5х4=18 м.	А-547У, ВС 600	1,2
15. Зробити установку та зварювання насичення. Лзаг=5,0 м.	РБ-300, А-547У, ВС 600	0,7
16 Провести обрізку секції від стенду.	Газовий різак Р2А	0,4
17. Провести зачистку обрізків від стенду.	Пневмотурбінка	0,3
18. Здати секцію ВТК та Регістру на конструктивність.		0,8
19. Погрузити секцію на платформу для транспортування на стапель.	Мостовий кран, Р=100 т	0,3

Для виконання вище переліченого процесу складання та зварювання бортової секції застосовуються наступні інструменти оснащення та обладнання:

- для складання - електромагнітний стенд на флюсовій подушці, плоский стенд С 31, мостовий кран Р=100 т, різак Р 2А, рулетка РС-20, керн, турбінки;

- для зварювання — зварювальний автомат АДФ, напівавтомати А-547У, джерела живлення ВС-600.

Контроль якості складання та зварювання виконуються робітниками ВТК з дотриманням ГОСТ 5.1093-88.

Існуючий технологічний процес складання та зварювання бортових секцій має недолік: при зварюванні полотна використовується двостороннє автоматичне зварювання з кантівкою полотна. Цей спосіб доволі трудомісний. Буде доцільним застосувати одностороннє автоматичне зварювання на мідній підкладці.

1.5 Висновки. Мета і завдання дипломної роботи

Аналіз технологічних особливостей конструкції бортової секції, методів виготовлення аналогічних виробів, які застосовуються, показав, що існуючий технологічний процес має ряд недоліків:

- застосування двостороннього зварювання;
- кантування зовнішньої обшивки;
- обтискання листів зовнішньої обшивки технологічним вантажем;
- при зварюванні набору значний об'єм робіт займає ручне і механізоване зварювання;
- великий об'єм ручних робіт.

Метою дипломної роботи є удосконалення технології складання та зварювання бортової секції понтону.

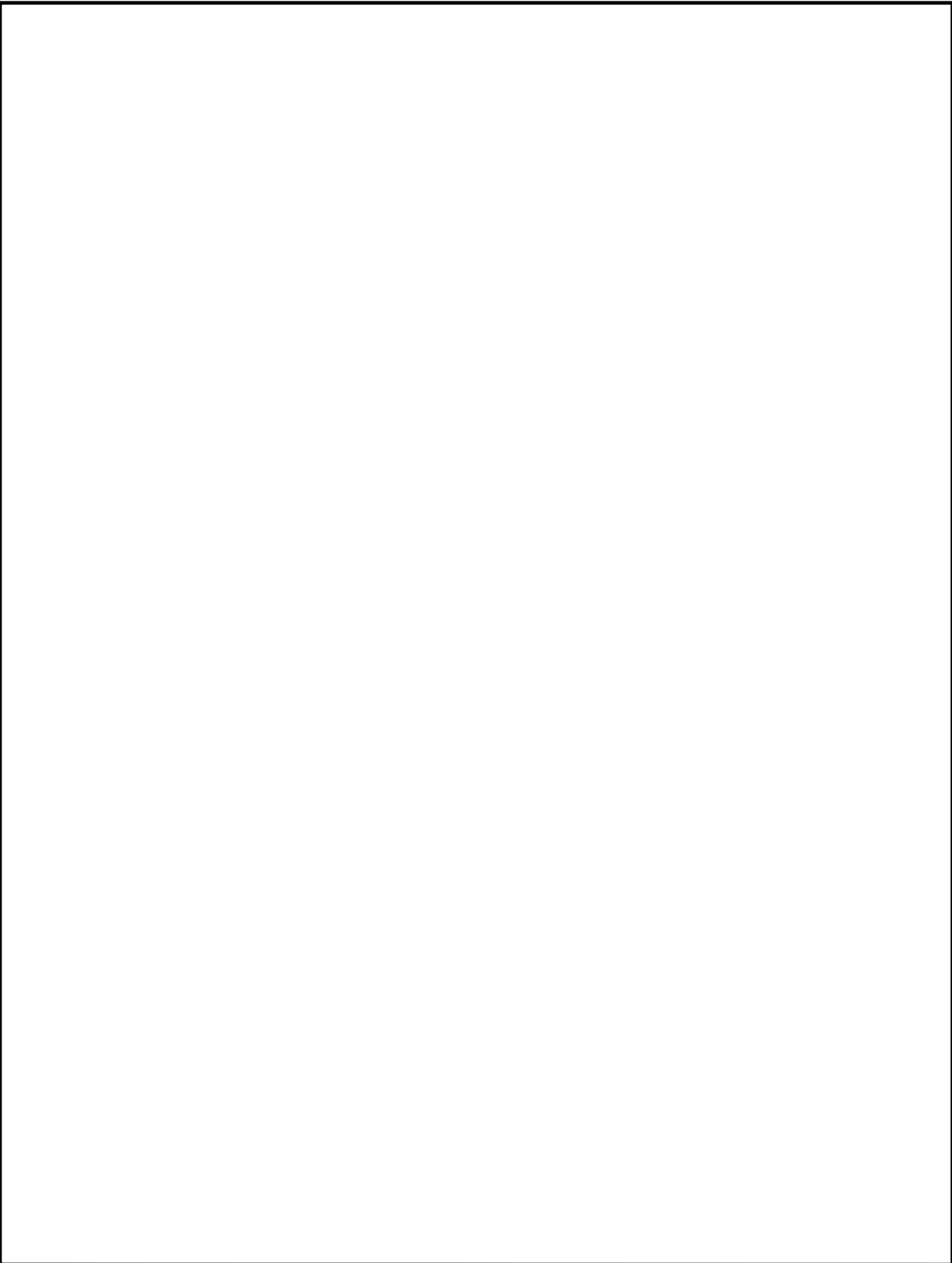
Для вирішення поставленої мети, необхідно вирішити наступні завдання:

- розробити технологію виготовлення бортових секцій з більш високою продуктивністю праці;
- замінити зварювальне обладнання більш продуктивним;
- розрахувати режими зварювання;
- виконати розрахунок термічного циклу;

					ДР.131.2121ст.05.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- виконати розрахунок очікуваної структури ЗТВ при зварюванні;
- виконати розрахунок собівартості зварювальних робіт на ділянці.

					ДР.131.2121ст.05.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18



					ДР.131.2121ст.05.02.04.ПЗ.								
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата	2 Розрахунки технології зварювання				Літ.		Арк.	Аркушів	
Студент		Стезілов К.П.										19	17
Керівник		Спіхтаренко В.											
Консультант									ХННІ				
Н. Контр.													
Зав.кафедр.		Єрмолаєв Г.В.											

2.1 Обґрунтування вибору способів зварювання

Обираємо складання бортової секції на плоскому стенді. При виготовленні секції цим способом з'являється велика можливість до застосування засобів механізації складально-зварювального процесу та транспортувальної системи, так як базою при виготовленні є плоскі частина полотнища зовнішньої обшивки.

Обладнання для зварювання бортової секції обираємо в залежності від засобу зварювання, режиму зварювання та обраних зварювальних матеріалів.

Для зварювання стиків зовнішньої обшивки на підкладці використовують автомати для зварювання під шаром флюсу.

Для приварки набору до настилу зовнішньої обшивки можна використати автомати під шаром флюсу КА 001, автомати для зварювання у CO₂ типу А-1698, АД-106М та механізоване зварювання.

Для зварювання набору між собою використаємо напівавтоматичне зварювання у CO₂, втілення якого дало можливість значно облегшити умови праці зварювальників, підвищити продуктивність праці та знизити трудомісткість виготовлення бортової секції.

2.1.1 Розрахунок режимів та геометричних розмірів при зварюванні таврових з'єднань

Величину зварювального струму [5] при виконанні швів таврових з'єднань визначають з необхідності одержання задовільного формування. Її знаходять по формулі:

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} \cdot i \quad (2.1)$$

i - припустима щільність струму, приймаємо: $i = 180 \text{ А/мм}^2$

$d_e = 1,2 \text{ мм}$

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} \cdot 180 = 204 \text{ А}$$

Напругу на дузі визначаємо по формулі:

					ДР.131.2121ст.05.02.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$U_{\partial} = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{3\phi}}{d_y^{0,5}} \pm 1 \quad (2.2)$$

$$U_{\partial} = 20 + \frac{0,05 \cdot 204}{1,2^{0,5}} \pm 1 = 27 \text{ В}$$

Швидкість зварювання $V_{зв}$ знаходять з умови забезпечення при даному струмі $I_{зв}$ необхідної площі наплавленого металу $F_{н.тр}$:

$$F_{н.тр} = k_y \frac{k^2}{2} \quad (2.3)$$

k_y - коефіцієнт враховуючий збільшення $F_{н}$ за рахунок опуклості шва і зазору. $k_y = 1,35$ для заданого по кресленню катета 5 мм.

$$F_{н.тр} = 1,35 \frac{5^2}{2} = 16,88 \text{ мм}^2$$

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{н.тр}} \quad (2.4)$$

де: $\alpha_n = 12 \text{ г/(А год.)}$ по рисунку 8 [5].

$$V_{зв} = \frac{12 \cdot 204}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,17} = 0,5 \text{ см/с}$$

Погонна енергія дуги складе

$$q_n = \frac{0,24 \cdot I_{зв} \cdot U_{\partial} \cdot \eta_u}{V_{зв}} \quad (2.5)$$

$$q_n = \frac{0,24 \cdot 204 \cdot 27 \cdot 0,7}{0,5} = 1811 \text{ кал/см}$$

Глибина провару беззкосого стикового з'єднання на даному режимі

$$H = 0,0165 \sqrt{\frac{q_n}{\psi}} \quad (2.6)$$

$$H = 0,0165 \sqrt{\frac{1811}{2,7}} = 4,2 \text{ мм}$$

$$\psi = k_2 (19 - 0,01 \cdot I_{зв}) \cdot \frac{d_y \cdot U_{\partial}}{I_{зв}} = 1(19 - 0,01 \cdot 204) \cdot \frac{1,2 \cdot 27}{204} = 2,7$$

ширина шва $e = \psi \cdot H = 2,7 \cdot 4,2 = 11,6 \text{ мм}$

					ДР.131.2121ст.05.02.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

висота валика $g = \frac{F_{н.пр}}{0,73 \cdot e} = \frac{16,9}{0,73 \cdot 11,6} = 2,0 \text{ мм}$

загальна висота стикового шва $c = H + g = 4,2 + 2,0 = 6,2 \text{ мм}$

Висоту зовнішньої частини кутового шва катетом 5 мм знаходимо по формулі

$$g' = \sqrt{F_H} = \sqrt{16,9} = 4,1 \text{ мм}$$

Глибину провару H' визначимо по наступній формулі:

$$H' = c - g' = 6,2 - 4,1 = 2,1 \text{ мм}$$

Ширину кутового шва знаходимо зі співвідношення геометричних елементів рівнобедреного трикутника, утвореного зовнішньою частиною шва:

$$e = 2 \cdot g' = 2 \cdot 4,1 = 8,2 \text{ мм}$$

розрахуємо коефіцієнт форми кутового шва по формулі

$$\psi = \frac{e}{c} = \frac{8,2}{6,2} = 1,3$$

Оптимальна величина ψ для механізованого зварювання знаходиться в межах 1,3...2,0 і при струмах нижче 250 А наближається до 2, а на струмах більш 250 А лежить у межах від 1,5...1,8. Дане значення можна вважати цілком прийнятним.

Розрахункову висоту шва h_p визначимо по формулі

$$h_p = (k_p + s_e) \sin 45^\circ = (5 + 1,9) \sin 45^\circ = 4,9 \text{ мм}$$

k_p – катет шва

s_e – глибина проплавлення вертикального елемента

$$s_e = (0,8 \dots 1,0) H' = 1,9 \text{ мм}$$

Результати розрахунку приведені на рисунку 2.1.

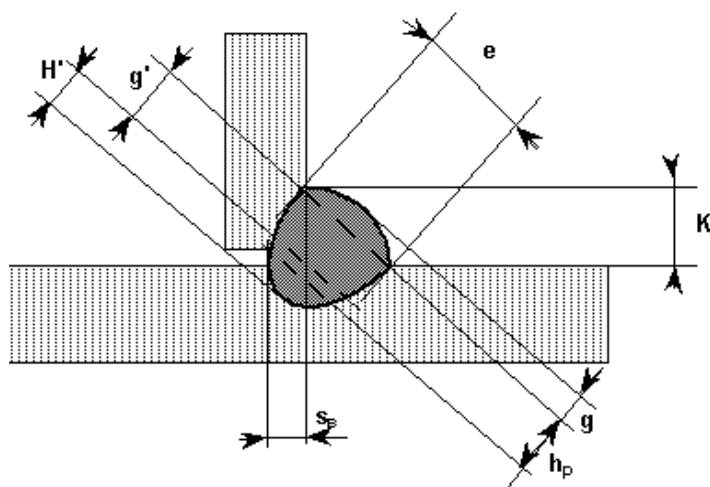


Рисунок 2.1 Геометричні параметри таврового з'єднання.

Основні дані по режимам зварювання і геометричним характеристикам таврового зварного з'єднання з катетом 5 мм, наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Режими зварювання таврових з'єднань ГОСТ 14771-86.

Вид шва	Режим зварювання				Основні розміри перетину шва						
	Ізв, А	de, мм	Уд, В	Vзв, м/год	F _н , мм ²	H', мм	e, мм	g', мм	sb, мм	hp, мм	γ
Тавровий ТЗ, κ=5мм.	204	1,2	27	18,6	17	2,1	8,2	4,1	1,9	4,9	1,3

Обрані режими зварювання забезпечують необхідне проплавлення і якість зварних з'єднань при виготовленні бортових секцій.

2.1.2 Розрахунок режимів та геометричних розмірів при зварюванні стикових з'єднань

Для виконання стикових з'єднань товщиною 10 мм у нижнім положенні на мідних підкладках застосуємо одностороннє зварювання ГОСТ 8713-79, С4 Афм. Забезпечимо ширину шва $e = 18$ мм і зворотню – $e' = 13$ мм. згідно ГОСТа.

Для забезпечення провару Н необхідна величина зварювального струму

$$I_{зг} = \frac{100 \cdot H}{k1} \quad (2.7)$$

Де $k1$ коефіцієнт, величина якого залежить від діаметра зварювального дроту d_e і інших умов зварювання (табл. 1 [5]). Для зварювання обираємо діаметр зварювального електродного дроту $d_e = 5,0$ мм; щільність струму в електроді приймаємо $i = 41 \text{ А/мм}^2$ (табл. 2 [5]).

$$I_{зг} = \frac{100 \cdot 10}{1,1} = 820 \text{ А}$$

Оптимальний діаметр електроду

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{I_{зв}}{i}} \quad (2.8)$$

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{820}{41}} \approx 5,0 \text{ мм}$$

Необхідну величину напруги на дузі знаходимо з умови стабільного горіння по формулі:

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{зг}}{d_e^{0,5}} - 1 \quad (2.9)$$

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot 820}{5,0^{0,5}} - 1 = 37 \text{ В}$$

Визначимо швидкість зварювання:

$$V_{зг} = \frac{A}{I_{зг}} \quad (2.10)$$

$$V_{зг} = \frac{22 \cdot 1000}{820 \cdot 36} = 0,75 \text{ см/с}$$

Значення коефіцієнту A взято з табл 3 [5], $A = 22 \cdot 10^3 \text{ м/год.}$

Щоб визначити глибину провару необхідно знати погонну енергію дуги, $q_{п.}$, яка забезпечить повний провар

$$F_{пр} = 0,5 \cdot S(e + e') \quad (2.11)$$

$$q_{п.пр} = 200 \cdot F_{пр} = 200 \cdot 0,5 \cdot S(e + e') \quad (2.12)$$

$$q_{п.пр} = 200 \cdot 0,5 \cdot 9(18 + 13) = 27900 \text{ Дж / см}$$

					ДР.131.2121ст.05.02.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$F_{\text{пр}}=0,5 \cdot 9(18+13)=140 \text{ мм}^2$$

Вибраний режим забезпечує величину погонної енергії

$$q_n = \frac{I_{38} \cdot U_d \cdot \eta_i}{V_{38}} \quad (2.13)$$

$\eta_i=0,85$ для автоматичного зварювання під шаром флюсу

$$q_n = \frac{820 \cdot 37 \cdot 0,85}{0,75} = 34309 \text{ Дж/см}$$

Перевірку обраного режиму зварювання згідно умови повного проплавлення можна виконати за формулою

$$F_{\text{пр}} = S(6,22 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot I_{\text{зв}} + 0,33 U_d - 7,9 V_{\text{зв}}) \quad (2.14)$$

$$F_{\text{пр}} = 9(6,22 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot 818 + 0,33 \cdot 37 - 7,9 \cdot 0,75) = 160 \text{ мм}^2$$

Обраний режим забезпечує повний провар, але режим зварювання дещо завищений. Тому можна підвищити швидкість зварювання.

Підвищимо швидкість зварювання до $V_{\text{зв}} = 0,922 \text{ см/с}$

Тоді:
$$q_n = \frac{820 \cdot 37 \cdot 0,85}{0,922} = 27909 \text{ Дж/см}$$

$$F_{\text{пр}} = 9(6,22 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot 818 + 0,33 \cdot 37 - 7,9 \cdot 0,922) = 148 \text{ мм}^2$$

Такий режим більш приємний, хоча дещо завищений.

Площа наплавленого металу розраховується по формулі

$$F_H = \frac{\alpha_n \cdot I_{38}}{3600 \cdot \gamma \cdot V_{38}} \quad (2.15)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, для автоматичного зварювання $\alpha_n = 15 \text{ г/А} \cdot \text{год}$

$$F_H = \frac{15 \cdot 820}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,922} = 0,47 \text{ см}^2 = 47 \text{ мм}^2$$

Площа наплавленого металу розподіляється між лицьовою і зворотною сторонами шва у відношенні, рівному:

$$F_{\text{н.лиц.}}/F_{\text{н.обр.}} \approx 1,3 \quad (2.16)$$

Визначимо площу наплавленого металу з лицьової сторони:

$$F_{\text{н.лиц.}} = 1,3 \cdot (F_H - H \cdot b) / (1 + 1,3) \quad (2.17)$$

					ДР.131.2121ст.05.02.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$F_{н.лиц.} = 1,3 \cdot (47 - 9 \cdot 2) / 2,3 = 16,6 \text{ мм}^2$$

Визначимо площу наплавленого металу зі зворотної сторони:

$$F_{н.звор.} = F_{н.лиц.} / 1,3 = 16,6 / 1,3 = 12,8 \text{ мм}^2$$

H – глибина провару крайок, що зварюються, мм;

b – величина зазору, мм.

Висоту валика g з лицьової сторони визначимо по формулі:

$$g = \frac{F_{н.лиц.}}{0,73 \cdot e} \quad (2.18)$$

$$g = \frac{16,6}{0,73 \cdot 18} = 1,3 \text{ мм}$$

Висота валика g' з зворотної сторони

$$g' = \frac{F_{н.звор.}}{0,73 \cdot e'} \quad (2.19)$$

$$g' = \frac{12,8}{0,73 \cdot 13} = 1,3 \text{ мм}$$

Коефіцієнт форми валика з лицьової сторони визначимо за формулою:

$$\psi = \frac{e}{g} \quad (2.20)$$

$$\psi = \frac{18}{1,3} = 14,2$$

Коефіцієнт форми валика з зворотної сторони

$$\psi_{зв} = \frac{e'}{g'} \quad (2.21)$$

$$\psi = \frac{13}{1,3} = 10$$

Що знаходиться в припустимих межах.

Отримані режими і геометричні параметри зварного шва приведені на рисунку 2.2 і в таблиці 2.3.

					ДР.131.2121ст.05.02.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

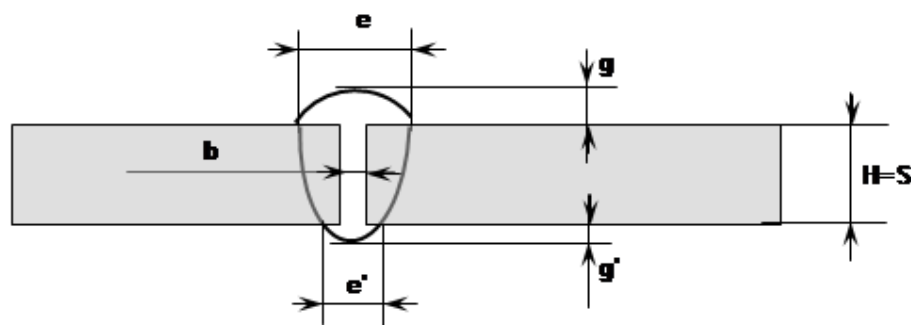


Рисунок 2.2 Геометричні параметри одностороннього стикового з'єднання під шаром флюсу.

Таблиця 2.2 Режими зварювання стикового з'єднання.

Вид шва	Режим зварювання				Основні розміри перетину шва						
	Ізв, А	de, мм	Уд, В	Vзв, м/год.	Fпр, мм ²	лицьова сто- рона			зворотна сто- рона		
						е, мм	g, мм	Ψ _л	е', мм	g', мм	Ψ _{зв}
Автоматичне зварювання під шаром флюсу	820	5,0	37	33,2	148	18	1,3	14	13	1,3	10

Таким чином, за один прохід автоматом під шаром флюсу забезпечується зварювання стикового шва за один прохід.

2.2 Розрахунок термічного циклу при зварюванні та аналіз структури металу ЗТВ

При зварюванні плавленням застосовуються могутні концентровані джерела енергії. Локалізація теплоти в місці з'єднання і подальше її поширення у виробі приведе до різноманітних структурних і деформаційних процесів, що в остаточному підсумку впливає на працездатність і якість зварних з'єднань [2]. Регулюючи потужність джерела, початкову температуру виробу можна в широких межах змінювати властивості зварних з'єднань. Вплив цих параметрів на зварювальні процеси дозволяє оцінити теорія теплових процесів при зварюванні.

Розподіл і зміна температури при зварюванні виробів обчислюються по формулах, отриманим у результаті рішення диференціального рівняння теплопровідності при визначених початкових і крайових умовах:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (2.22)$$

Найбільше поширення для теплових процесів зварювання одержав спосіб рішення диференціального рівняння (2.22) методом джерел.

Рішення цього рівняння при дії зварювального джерела, що безупинно рухається в напрямку осі x з постійною швидкістю v , буде більш простим у системі координат, що рухається, де початок координат збігається з джерелом. Так, при зварюванні масивних виробів зміна температури в часі в якій-небудь точці тіла можна розрахувати по формулі:

$$T(x, y, z, t) = \frac{2 \cdot q}{c \cdot \gamma (4 \cdot \pi \cdot \alpha)^{3/2}} \exp\left(-\frac{v_x}{2\alpha}\right) \int_0^t \frac{dt_2}{t_2^{3/2}} \cdot \exp\left(-\frac{R^2}{4 \cdot \alpha \cdot t^2} - \frac{v^2 \cdot t_2}{4 \cdot \alpha}\right) \quad (2.23)$$

де: q - ефективна теплова потужність джерела, для дугового зварювання $q = I_{зв} \cdot U_{д} \cdot \eta$ (η - ефективний КПД нагрівання);

v - швидкість переміщення джерела, см/с;

α - коефіцієнт теплопровідності;

$t_2 = t - t_1$ - час поширення теплоти елементарного джерела, введенного в якій-небудь точці O , потужність якого $q = dt_1$ (t_1 час досягнення джерела точки O з моменту початку руху, t - час досягнення температури T у точки з координатами x, y, z з початку руху джерела);

R - відстань від джерела до розглянутої точки,

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}; \quad (2.24)$$

При збільшенні швидкості переміщення зварювального джерела градієнт температури тіла в напрямку зварювання увесь час зменшується. Про це можна судити по витягнутості ізотерми температурного поля в напрямку осі x . При великих швидкостях зварювання можна зневажити поширенням теплоти уздовж напрямку руху джерела, розрахункові формули зміни

температури в точках тіла при цьому значно спрощуються. При однопрохідному зварюванні пластин розрахунок температури в часі в якій-небудь точки тіла виконується по формулі:

$$T(y_0, t) = \frac{q}{v \cdot \delta \cdot \sqrt{4 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot c \gamma \cdot t}} \exp\left(-\frac{y_0^2}{4 \cdot a \cdot t} - b \cdot t\right) + T_0 \quad (2.25)$$

δ – товщина зварних листів, см;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/см К;

$c\gamma$ – об'ємна теплоємність, Дж/см³ К;

y_0 – відстань від джерела до розглянутої точки, см;

b – коефіцієнт температуровіддачі, $b = \frac{2 \cdot \alpha}{c \gamma \cdot \delta}$;

α – коефіцієнт теплообміну поверхні пластини з навколишнім середовищем;

T_0 – початкова температура виробу.

Зміна максимальних температур у напрямку, перпендикулярному осі переміщення джерела, для однопрохідного зварювання пластин, розраховується по рівнянню:

$$T_m(y_0) = \frac{0,484 \cdot q}{c \gamma \cdot \delta \cdot v \cdot 2 y_0} \quad (2.26)$$

При розрахунку розподілу температур у напрямку, перпендикулярному руху джерела, по рівнянню (2.26) доцільно знайти перше значення y_0 вважаючи, що $T_m = T_l = 1350^\circ\text{C}$ (температура ліквідусу). Якщо врахувати початкову температуру виробу T_0 то рівняння (2.26) перетвориться в наступний вид:

$$y_0 = \frac{0.484 \cdot q}{2 \cdot \delta \cdot c \gamma \cdot v (T_m - T_0)} \quad (2.27)$$

Для визначення структурних складових і механічних характеристик ЗТВ визначається величина тривалості охолодження τ , що знаходять з термічного циклу розрахованих по формулах теорії поширення тепла при зварюванні. Для швидкорухаючих джерел при однопрохідному зварюванні листів:

$$\tau = \frac{q^2}{4 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot c \gamma \cdot v^2 \cdot \delta^2} \left[\frac{1}{(500 - T_0)^2} - \frac{1}{(850 - T_0)^2} \right] \quad (2.28)$$

2.2.1 Розрахунок термічного циклу стикового з'єднання

Для зварювання секції при товщині більш 7 мм необхідно робити оброблення (для забезпечення міцності корпусу судна). Розрахунок режимів зварювання проведений у розділі 2.1. Зробимо розрахунок термічного циклу стикового з'єднання з обробленням крайок. Вхідні дані для розрахунку:

коефіцієнт тепловіддачі, Дж/см ² с К	0,00188
коефіцієнт теплопровідності, Вт/см К	0,4
об'ємна теплоємність, Дж/см ³ К	5,0
температура нагрівання, °С	1350
початкова температура виробу, °С	20
коефіцієнт температуропровідності, см ² /с	0,08
величина струму дуги, А	820
напруга дуги, В	37
ефективний коефіцієнт нагрівання	0,7
ефективна теплова потужність джерела	21190
швидкість зварювання, см/с	0,92
товщина листів, що зварюються, см	1,0

Для визначення відстані від джерела до розглянутої точки у₀, скористаємося рівнянням (2.26) вважаючи, що Т_м=Т_л =1350°С (температура ліквідусу).

$$y_0 = \frac{0.484 \cdot q}{2 \cdot \delta \cdot c \gamma \cdot v (T_m - T_0)} = 0,93 \text{ см}$$

Зробимо розрахунок температури в часі для стикового зварювання пластин у якій-небудь точці тіла. Розрахунок виконується по формулі (2.28) у табличній формі. Результати приведені в таблиці 2.4. Побудована графічна залежність представлена на рисунку 2.3.

Таблиця 2.3 Нагрів та охолодження стикового з'єднання

Час, с	0,1	0,3	1,0	5,0	10	20	30	50	100	200
T°С	20	21	363	134 3	1240	999	849	675	476	321

За результатами розрахунку будується зварювальний термічний цикл для ряду точок ділянки перегріву ЗТВ.

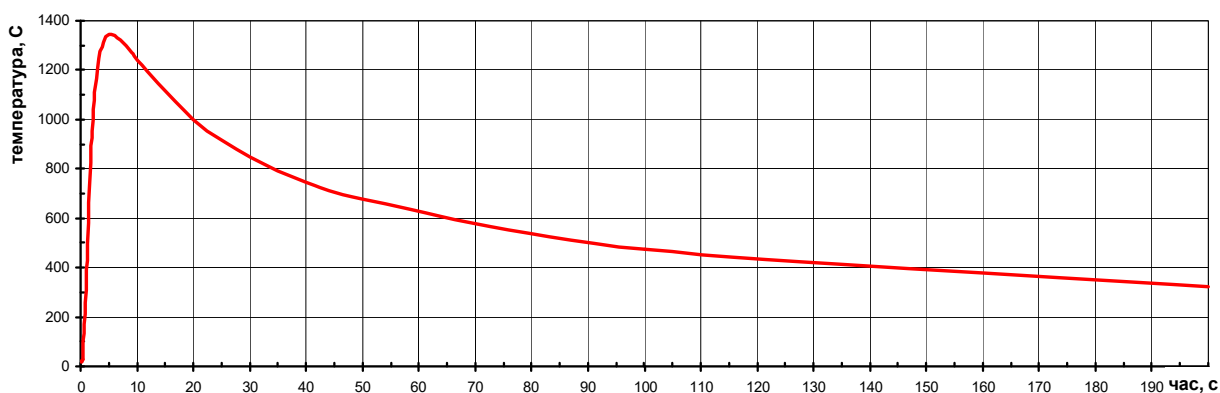


Рисунок 2.3 Нагрів та охолодження стикового зварного з'єднання

За отриманим значенням будуємо криву охолодження, а потім переносимо її на діаграму термокінетичного розпаду аустеніту сталі 09Г2 (рисунок 2.5).

2.2.2 Розрахунок термічного циклу таврового з'єднання, виконаного механізованим зварюванням в CO₂

Розрахунок термічного циклу таврового з'єднання при механізованому зварюванні в CO₂ зробимо по тій же схемі, що і розрахунок стикового з'єднання без оброблення крайок. Але тут необхідно врахувати, що частина тепла витрачається на нагрівання полиці (біля двох третіх), а частина на нагрівання стінки (одна третина). Зробимо розрахунок для полиці $\delta=0,9$ см.

Вихідні дані для розрахунку:

коефіцієнт тепловіддачі, Дж/см ² с К	0,00188
коефіцієнт теплопровідності, Вт/см К	0,4

					ДР.131.2121ст.05.02.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

об'ємна теплоємність, Дж/см ³ К	5,0
температура нагрівання, °С	1350
початкова температура виробу, °С	20
коефіцієнт температуропровідності, см ² /с	0,08
величина струму дуги, А	204
напруга дуги, В	27
ефективний коефіцієнт нагрівання	0,7
ефективна теплова потужність джерела	3855
швидкість зварювання, см/с	0,52

Визначимо відстань від джерела до розглянутої точки у₀. Для цього скористаємося рівнянням вважаючи, що Т_м=Т_л=1350°С (температура ліквідусу).

$$r_0 = \sqrt{\frac{0,368 \cdot q}{\pi / 2 \cdot v \cdot c \gamma (T_m - T_0)}} = 0,51 \text{ см}$$

Зробимо розрахунок температури в часі при зварюванні таврового з'єднання для полиці. Розрахунок виконується по формулі (2.29) у табличній формі.

$$T(r_0, t) = \frac{q}{2\pi \cdot \lambda \cdot t} \exp\left(-\frac{r_0^2}{4\alpha t}\right) \quad (2.29)$$

Результати приведені в таблиці 2.4. Побудована графічна залежність представлена на рисунку 2.4.

Таблиця 2.4 Нагрів та охолодження таврового з'єднання

Час, с	0,1	0,3	1,0	5,0	10	20	30	50	100	200
Т°С	28	657	1326	525	294	163	117	79	50	35

За результатами розрахунку будується зварювальний термічний цикл для ряду точок ділянки перегріву ЗТВ.

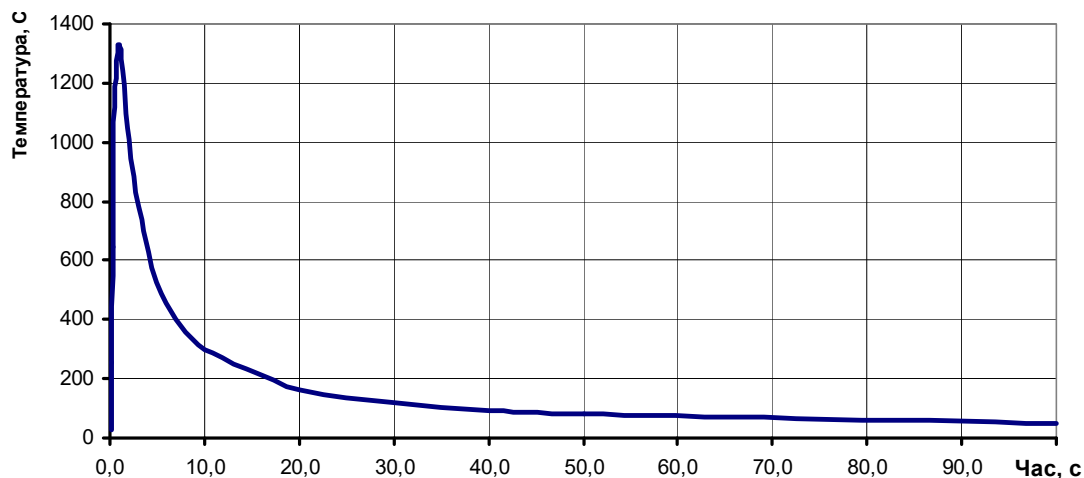


Рисунок 2.4 Нагрів та охолодження таврового зварного з'єднання.

За отриманим значенням будуюмо криву охолодження, а потім переносимо її на діаграму термкінетичного розпаду аустеніту сталі 09Г2 (рисунок 2.5).

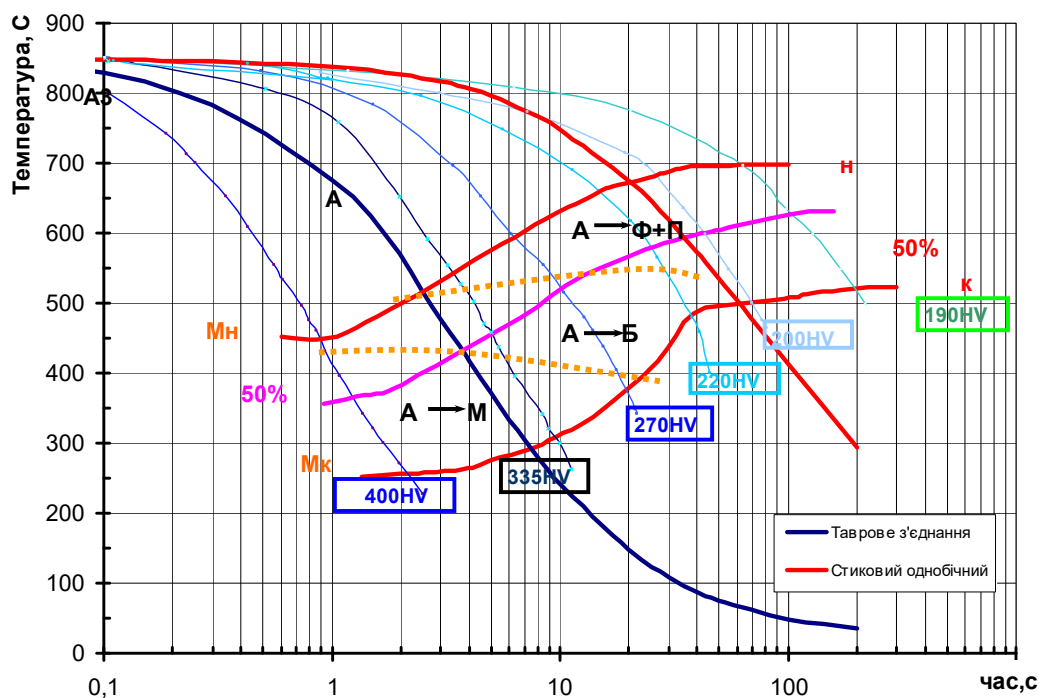


Рисунок 2.5 Діаграма термкінетичного розпаду аустеніту у сталі 09Г2.

Проведені розрахунки дозволяють визначити параметри процесу зварювання, що характеризується нормальним режимом. У таких процесах зварювальний струм, основний параметр режиму і не перевищує прийнятих норм.

2.3 Аналіз очікуваної структури ЗТВ

При зварювання основний метал у прилеглих ділянках шва піддається своєрідній термічній обробці. Ділянки, що примикають до шва, зі зміненої в порівнянні з основним металом структурою одержали назву - зона термічного впливу (ЗТВ). Структура металу в цій зоні змінюється відповідно до термічного циклу нагрівання й охолодження.

Для судження про структурні перетворення в ЗТВ при зварюванні необхідно розташовувати даними по кінетиці перетворення аустеніту. Структурні зміни в ЗТВ можна оцінити по діаграмах термокінетичного перетворення, побудованими для умов зварювання. Така діаграма будується в координатах температура - час. Через великі діапазони розглянутого часу його відкладають у логарифмічному масштабі. Відлік часу при охолодженні аустеніту починається з моменту, коли температура металу досягає критичної точки A_{c3} . Вище цієї температури аустеніт термодінамічно стійкий, нижче - аустенітний стан хитливий і у залежності від температурно-тимчасових умов може перетерплювати перлітне, бейнітне (проміжне) чи мартенситне перетворення.

Діаграма термокінетичного перетворення аустеніту сталі 09Г2 показані на рисунку 2.5. Нанесені на цю діаграму термічні цикли охолодження металу високотемпературних ділянок ЗТВ можна судити про структурні зміни в цій зоні і пророчити механічні властивості найбільш слабкої ділянки зварного з'єднання.

Так при охолодженні таврового з'єднання структура металу буде складатися з бейніту і мартенситу. Метал з такою структурою має підвищену твердість, міцність і задовільну пластичність. Метал при такій структурі, не так схильний до утворення гартівних структур, як при мартенситній. Можна

					ДР.131.2121ст.05.02.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

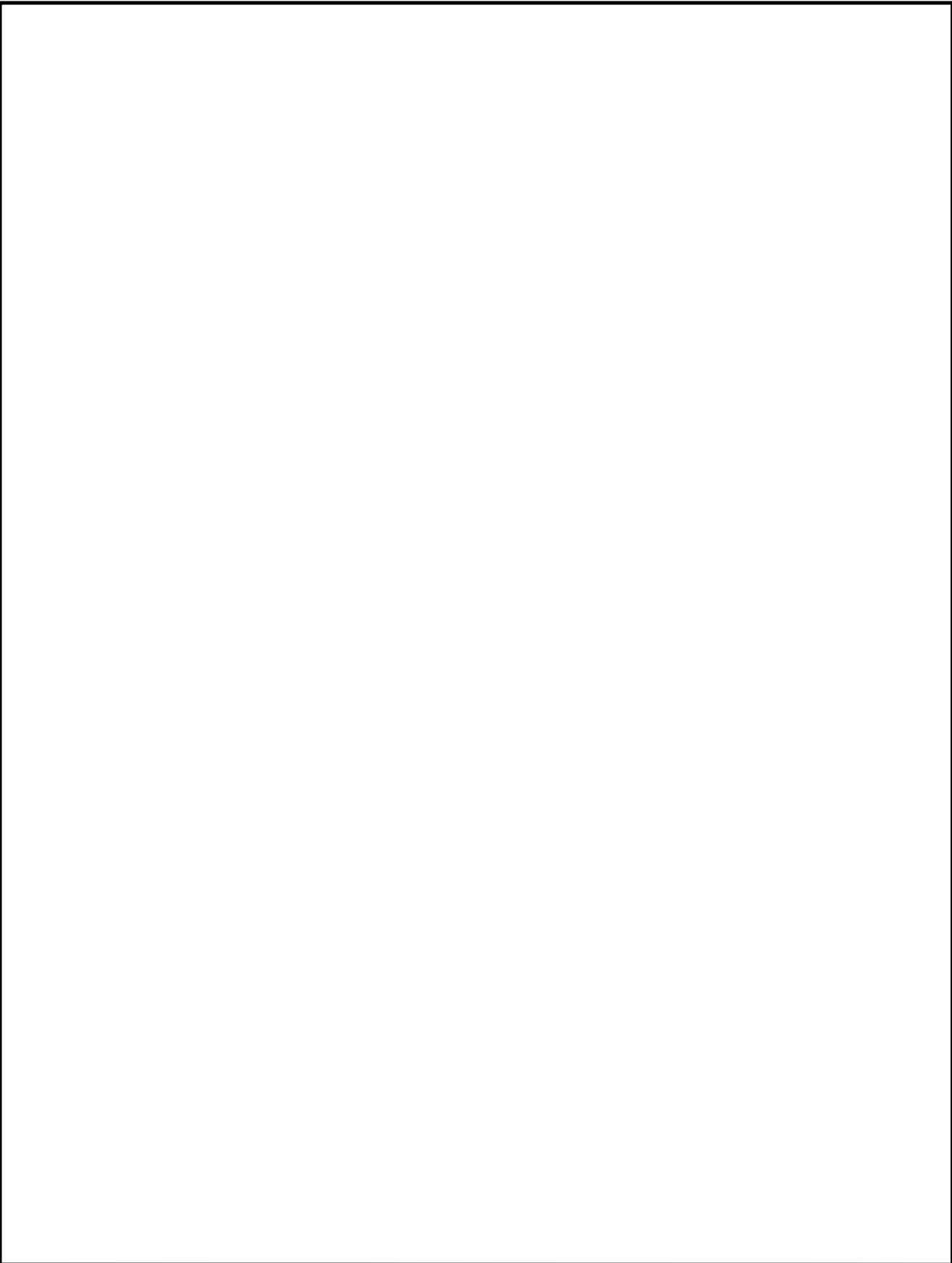
збільшити режим або температуру підігріву. Тоді можна одержати феріто-перлітну структуру. Феріто-перлітна структура є м'якої. Метал з такою структурою характеризується невисокою твердістю і достатньою пластичністю. Сталі з феріто-перлітною структурою, мають гарну зварюваність і високу стійкість проти утворення гарячих тріщин.

При охолодженні стикового з'єднання утвориться феріто-перлітна структура (рисунок 2.5).

Висновки

На підставі проведених розрахунків можна зробити такі висновки:

- приведений розрахунок режимів зварювання узгоджується з рекомендаціями Регістра на зварювання суднових конструкцій;
- зварювання стикових з'єднань рекомендується варити автоматичним зварюванням під шаром флюсу на мідній підкладці в один прохід;
- зварювання таврових і кутових з'єднань рекомендується зварювати механізованим зварюванням катетом 5 мм у CO₂;
- розрахунок термічного циклу показує, що при зварюванні стиків структура ЗТВ має феріто - перлітну структуру з твердістю 200 HV;
- при зварюванні таврових з'єднань розрахунок термічного циклу показує, що структура має підвищену твердість 380 HV.



					ДР.131.2121ст.05.03.04. ПЗ.			
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата				
Студент		Стазілов К.П.			3 Технологічний процес зварювання бортової сек- ції	Літ.	Арк.	Аркушів
Консультант							36	23
Керівник		Спіхтаренко В.				ХННІ		
Н. Контр.								
Зав.кафедр.		Єрмолаєв Г.В..						

3.1 Принципова послідовність складання і зварювання

Пропонований технологічний процес виготовлення бортових секцій практично аналогічний існуючому. Різниця є лише в застосовуваних засобах зварювання та використовуваному механізованому обладнанні.

Таблиця 3.1 Технологічний процес складання та зварювання секції

Перелік переходів	Назва обладнання та оснащень	Норма часу, години
1. Підготовка стану до роботи.	Стенд С 31.	1,8
2. Покласти листи 3 штуки полотна на стенд Лзаг = 7,2 м	Транспортно-притискний портал КИУ 301, РБ-300	1,0
3. Зістикувати та закріпити листи на електроприхватках ГОСТ 5264-80 Лзаг = 7,2 x2 =14,4м	Автомат КА 002	4,0
4. Провести зварювання полотнищ (флюсомідній полосі) ГОСТ8713-79 С7 Лзаг=7,2x2=14,4м	Транспортно-притискний портал КИУ 301, РБ-300	0,5
5. Транспортувати полотно борту на ділянку встановлення поздовжнього набору	Транспортно-притискний портал КИУ 301, РБ-300	0,4
6. Закріпити листи полотна на стенді.	Транспортно-притискний портал КИУ 301, РБ-300	0,4
7. Встановити поздовжній набір на настил полотнища Лзаг=7,2x8=57,6 м. та закріпити електроприхватами набір до полотна ГОСТ 5264-80.	Транспортно-притискний портал, КИУ 301, РБ-300	2,0
8. Виконати установку, зварювання розсіпних деталей (книці) ГОСТ 14771-86 ТЗ Δ6	КП 017, КИУ 501	3,0
9. Провести зварювання поздовжнього набору ГОСТ 8713-79 ТЗ Лзаг=7,2x16=115,2 м.	КА 002	6,2
10. Перевести полотно на ділянку складання.	КА 002	0,3
11. Укласти полотно з набором на стенд.	КА 002	0,2
12. Притиснути полотно з набором до стану, та закріпити прихватками ГОСТ 5264-80 ТЗ.	Транспортно-притискний портал Транспортно-притискний портал, КИУ 301, РБ-300	0,4
13. Встановити поперечний набір бортової секції Лзаг=2x4,5=9,0 м. та закріпити електроприхватами набір до полотна ГОСТ 5264-80 ТЗ.	КИУ 301, РБ-300	1,0
14. Провести зварювання набору до полотна ГОСТ 14771-86 ТЗ Лзаг=4,5x4=18 м.	КИУ 301, РБ-300	1,2
15. Зробити установку та зварювання насичення. Лзаг=5,0 м.	КП 017, КИУ 501	0,7
16. Провести обрізку секції від стану.	КП 017, КИУ 501	0,4
17. Провести зачістку обрізків від стану.	КП 017, КИУ 501	0,3
18. Здати секцію ВТК та Регістру на конструктивність.	Газовий різак Р2А Пневмотурбінка	0,8
19. Погрузити секцію на платформу для транспортування на стапель.	Мостовий кран Q=100т.	0,3

Перелік переходів	Назва обладнання та оснащень	Норма часу, години

Для складання та зварювання листів полотнищ використовуємо електромагнітний стенд з мідною підкладкою для зворотнього формування шва. Контроль якості складання та зварювання виконуються робітниками ВТК з дотриманням ГОСТ 5.1093-88.

Для складання бортової секції використовуємо плоский стенд. Стенд представляє собою решітчасті комірки, залиті бетоном (бетон М200 відповідно з ГОСТ 4795-68). Решітчасті комірки створюють зв'язки з полоособульбів № 16а згідно ГОСТ 21937-76 та таврів, встановлених поясками до гори. На перехрестках встановлюють знімні кокси [12].

Транспортування й обтиснення листових деталей, транспортування й встановлення набору доволі трудомістка операція, на яку затрачується велика кількість ручної праці. Для механізації цих процесів буде правильним застосувати транспортно-притискний портал.

Портал являє собою кранову конструкцію напівкозлового типу, яка пересувається по рейковим шляхам уздовж прольоту діляниці. Одна рейка проложена по підлозі, а друга на балках колон цеху.

Основними вузлами є міст, дві стійки, транспортувальний возик, возик для притискування, кабіна, електроталь.

Для поширення технологічних можливостей порталу передбачені змінні вантажозахватні органи; захвати для транспортування бульбового набору; траверса для листів.

Керування порталом виконується з кабіни, а транспортувальним візком – з підвішеного пульта.

Доставка полотнищ настилу бортової обшиви, кантівка секції, навантаження секції на платформу для доставки її на стапель, подача контейнерів з дрібними деталями та рештками виконується за допомогою цехового мостового крана вантажопідйомністю 100 т

					ДР.131.2121ст.05.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Консольно-поворотний кран призначений для доставки на секцію контейнеру з кабелями підводу живлення, шлангами для витяжної вентиляції й подачі захисного газу та напівавтомату для механізованого зварювання.

Основними вузлами крану являються: жорстка трубчата колона, яка встановлена на підрамнику та має дві обойми направляючих роликів; висувна штанга з приводом підйому; поворотна консоль з приводом повороту; стріла з приводом повороту; механізм підйому від електричної талі ТЕ-025-511 та контейнер.

Стенд для одностороннього зварювання складається з чотирьох електромагнітних балок. Зварювальна електромагнітна балка складається з таких основних вузлів: металоконструкції, з гнучкої формуючої секційної мідної підкладки, притискної та опорної системи з електромагнітів, опорних роликів та гідроциліндрів, ходової частини, пульта керування та контрольно-розподільної апаратури, водяної, гідравлічної та пневматичної систем.

3.2 Вибір та обґрунтування зварювальних матеріалів

Для будування корпусів зварювальні матеріали обираються в залежності від того, які ми застосовуємо засоби зварювання та технічних вимог, що пред'являються до металу шва та зварного з'єднання. Необхідно також врахувати економічну доцільність та підготовленість виробництва.

До основних зварювальних матеріалів, котрі застосовують при зварюванні бортової секції відносять: зварювальний дріт; флюси; захисний газ; електроди.

Зварювальні матеріали повинні забезпечити: потрібні геометричні розміри та механічні властивості зварного шва; добрі технічні умови протікання процесу зварювання; економічність та продуктивність процесу; необхідні санітарно - гігієнічні умови праці.

					ДР.131.2121ст.05.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

3.2.1 Ручне дугове зварювання покритими електродами

Електроди для ручного дугового зварювання маловуглецевої сталі обираємо з ГОСТ 9467 – 75 з умовним позначенням У – електроди для зварювання вуглецевих та низьколегованих конструкційних сталей з тимчасовим опором розриву до 600 МПа.

У відповідності з вищевказаним ГОСТом обираємо тип електродів, враховуючи відповідність конструкції – Е42А – для зварювання вуглецевих та низьколегованих конструкційних сталей із тимчасовим опором розриву до 500 МПа, коли до металу зварних швів висувають підвищені вимоги з пластичності та ударної в'язкості.

Обираємо покриття електродів.

Кислі покриття складаються в основному з окислів заліза та марганцю, кремнезему та феромарганцю. Електроди з кислим покриттям технологічні, однак наявність окислів марганцю робить їх токсичними.

Основні покриття не містять окислів марганцю. Метал шву, що виконаний електродом з основним покриттям має високу пластичність. Цими електродами варять важливіші конструкції.

Целюлозні покриття складаються з целюлози, органічної смоли, феросплавів, тальку та ін. Ці покриття зручні для зварювання в будь – якому просторовому положенні, але дають наплавлений метал зниженої пластичності.

Рутилові покриття мають в своєму складі переважаючу кількість рутилу TiO_2 . Рутилові покриття технологічні, менш шкідливі для дихальних шляхів зварювальника, чим інші.

Враховуючи всі вищеназвані для ручного дугового зварювання електроди обираємо електроди типу Е42А УОНІ 13/45 А (ГОСТ 9467 – 75).

Характеристика технологічних властивостей електродів типу Е42А марки УОНІ 13/45 наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Технологічні характеристики УОНІ 13/45 (ГОСТ 9467–75)

					ДР.131.2121ст.05.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Марка електроду	Рід та полярність струму	Коефіцієнт наплавлення, г/А*год.	Коефіцієнт втрат, %	Коефіцієнт набризкування, %
УОНІ 13/45	Постійний, оберненої полярності	8...9	4,3...4,8	3...6

Механічні властивості металу шву, виконаного електродами марки УОНІ 13/45, наведені в таблиці 3.3. електроди даної марки дозволяють проводити зварювання в будь – якому просторовому положенні.

Таблиця 3.3 Механічні властивості металу шва

Тип електроду	Марка електроду	Границя плинності, мПа	Тимчасовий опір розриву, мПа	Відносне подовження, %	Відносне звуження, %	Ударна в'язкість, мДж/м ²
E42A	УОНІ 13/45	360	420	26	65	1,5

Металічний стрижень електродів марки УОНІ 13/45 виготовляється із зварювального дроту марки Св 08 або Св 08А (ГОСТ 2246 –70).

Електроди марки УОНІ 13/45 мають електродне покриття основного типу. Воно містить карбонат кальцію, карбонат магнію, плавиковий шпат, феросплави та деяку кількість кремнезему. Газовий захист розплавленого металу забезпечується вуглекислим газом та окисом вуглецю, що утворюються внаслідок дисоціації карбонатів.

Метал, наплавлений електродами даного типу з основним покриттям, має гарну стійкість проти утворення кристалізаційних тріщин та старіння, високими показниками ударної в'язкості як при позитивних, так і при негативних температурах, мінімальним вмістом кисню та азоту.

Недоліком даного виду покриттів електродів є підвищена чутливість до пороутворення при зволоженні покриття, подовженні дуги, при наявності окалини, іржі або масла на зварюваних окрайках.

З метою отримання зварюваних швів високої якості перед застосуванням зварювальні електроди повинні бути піддані пропалюванню – для видалення вологи з електродного покриття.

Пропалювання електродів необхідно проводити у спеціальних печах для пропалювання електродів. Температура пропалювання електродів марки УОНІ 13/45 А – 320-350 °С, час витримки 1-2 години.

3.2.2 Механізоване зварювання у захисному газі

Для механізованого зварювання в середовищі захисного газу обираємо вуглекислий газ першого сорту (ГОСТ 8050 – 76). Так як вуглекислий газ викликає окислення металу киснем [13], що вивільняється при зварюванні, то дріт повинен містити необхідну кількість розкислюючих елементів, якими є кремній та марганець. Згідно ГОСТ 2246 – 70 обираємо дріт Св – 08Г2С.

Зварювальний дріт марки Св – 08Г2С відноситься до низьколегованих зварювальних дротів; його хімічний склад наведений в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Зварювальні дроти (ГОСТ 2246– 70)

Марка дроту	Зміст елементів, %						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
				Не більше			
Св-08Г2С	0,05...0,11	0,7...0,95	1,8...2,1	0,2	0,25	0,025	0,03
Св-08ГН	<0,1	<0,03	0,8...1,1	<0,1	<0,25	<0,025	<0,03
Св-10ГН	<0,1	0,6...0,9	1,4...1,9	<0,3	0,8...1,2	<0,03	<0,03

Для механізованого зварювання зовнішніх обшив та частин корпусу, які контактують з морською водою використовують дріт Св-10ГН діаметром 1,2-1,6 мм.

Для механізованого зварювання можна рекомендувати порошковий дріт марки MEGAFIL 713 R.

Порошкові безшовні дроти марки MEGAFIL 713 R мають такі властивості: утримання дифузійного водню $HD < 5 \text{ см}^3/100\text{г}$; відсутність насичення вологою при зберіганні; можливість омедніння поверхні й поліпшення токо підводу; поліпшена подача порошкового дроту (не обов'язкова чотирьох роликів система подачі порошкового дроту); стабільне горіння дуги.

Переваги застосування порошкового дроту: надійне сплавлення кромок - нечутливість до не проварів; гарне змочення кромок; переходи без підрізів; гладка поверхня зварного шва; низька схильність до утворення тріщин; невелике розбризкування при зварюванні; висока стабільність зварювального процесу; додатковий захист розплавленого металу й краплі; підвищена надійність проти утворення пор; реакція у зварювальній краплі - додаткове легування; використання мікролегуєчих елементів (FMI); висока здатність до перекривання зазору; знижена швидкість охолодження зварювальної ванни й шва.

3.2.3 Автоматичне зварювання під шаром флюсу

При виготовленні конструкцій з вуглецевих сталей до зварних з'єднань пред'являються вимоги рівномірності шва з основним металом і відсутність дефектів. Виконання цих вимог забезпечується у випадку застосування флюсів, призначених для зварювання вуглецевих низьколегованих сталей. Оскільки плавкі та неплавкі флюси істотно відрізняються по складу і зварювальним властивостям, їх доцільно розглядати окремо.

Ряд позитивних властивостей плавлених флюсів забезпечує їхнє широке застосування в промисловості. Вони володіють високою механічною міцністю й однорідністю хімічного складу (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 Хімічний склад флюсів

Марка флюсу	Хімічний склад, %							
	SiO ₂	MgO	MnO	CaO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	S	P
							не більш	
АН-37П	22...32	5...12	20...30	3...11	6...14	10...20	0,1	0,1
ОСЦ-45	38...44	2,5	38...44	6,5	5	6...9	0,1	0,1
АН-60	42...46	3...5	36...41	3...11	5	5...8	0,1	0,1
АН-348А	41...43,5	5...7,5	34...38	до 6,5	до 4,5	4...5,5	0,1	0,1

При виборі флюсу необхідно приймати в увагу зміст у них плавикового шпату. Великий його зміст підвищує стійкість шва проти утворення пір,

викликаючи інтенсивне виділення в атмосферу дуги фтористих з'єднань. Однак, разом із цим погіршується стійкість горіння дуги й гігієнічні умови праці. Великий вплив на якість зварного шва робить зміст таких елементів, як Mn та Si. Позитивною властивістю висококремністих марганцевих флюсів є висока стійкість зварних швів проти утворення кристалізаційних тріщин. Це обумовлено малим переходом сірки із флюсів даного типу в метал шва й порівняно сильним вигоранням вуглецю з металу зварювальної ванни.

Для одержання якісних швів на низьковуглецевих сталях використовують високо кремністі марганцеві флюси марки ОСЦ - 45М або АН -348А та звичайний низьковуглецевий зварювальний дріт.

Як видно з таблиці 3.5 флюс марки АН-348А відрізняється від флюсу ОСЦ-45М вмістом плавкового шпату. Великий вміст CaF_2 підвищує стійкість матеріалу шва проти виникнення пор, тому у суднобудуванні звичайно застосовується флюс ОСЦ-45М. Обираємо флюс марки ОСЦ-45М.

Дріт (таблиця 3.6) для автоматичного зварювання під шаром флюсу застосуємо марки Св-10ГН, легований до 1% Mn, який може працювати з високо кремністим флюсом, який вміщує 40-42% SiO_2 .

Таблиця 3.6 Хімічний склад дроту

Марка дроту	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
	не більш						
Св-08А	0,1	0,35...0,6	0,03	0,12	0,25	0,03	0,03
Св-08Г2С	0,05...0,1	1,8...2,1	0,7...0,9	0,2	0,25	0,02	0,03
Св-10ГН	<0,1	0,6...0,9	1,4...1,9	<0,3	0,8...1,2	<0,03	<0,03
Св-08ГСНТ	0,05...0,1	0,7...0,9	1,8...2,1	<0,2	<0,25	<0,03	<0,02

3.3 Вибір та обґрунтування зварювального устаткування

В сучасний період існує велика кількість різноманітних типів зварювального обладнання, призначеного для різних видів зварювання. У розробленому технологічному проекті необхідно обрати найбільш раціональне

					ДР.131.2121ст.05.03.04.ПЗ.	Арк.
						44
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обладнання для однобічного автоматичного зварювання під шаром флюсу та механізованого зварювання у CO_2 .

3.3.1 Для автоматичного зварювання

Для зварювання стиків бортової обшивки на флюсо-мідній підкладці використовують зварювальні автомати для зварювання під шаром флюсу типа А-1401, Мир, АДФ-1201, КА 001, КА 002.

Порівнюючи технічні показники автоматів (таблиця 3.7), обираємо такий, який забезпечить технологічний процес зварювання полотен порівняно більш дешевий.

Таблиця 3.7 Технічні показники самохідних автоматів [12]

Тип автомата	Зварювальний струм I, А	Електродний дріт		Швидкість зварювання $V_{зв}$, м/год.
		дел, мм	Уп, м/год.	
А-1401	1000	2-5	59-530	12-60
"Мир"	1000	3-5	50-150	16-60
АДФ	1000	3-6	60-360	12-120
КА 001	1000	3-5	49-404	17-110
КА 002	1000			

Для зварювання стикових і таврових з'єднань секції обираємо зварювальні автомати Каховського виробництва.

Автомат КА 002 (рисунок 3.1) зварювальний тракторного типу призначений для електродугового зварювання або наплавлення під шаром флюсу низьковуглецевих і легованих сталей, плавким електродом на постійному струмі з незалежними від параметрів дуги швидкостями зварювання й подачі електродного дроту, плавною зміною зварювальної напруги. Забезпечує зварювання з'єднань стикових з обробленням і без оброблення кромки, кутових і нахлесточних швів.

Автомат у процесі роботи пересувається по виробу або по покладеній на ньому напрямній. Зварювальна головка складається із привода подачі дроту,

правильно-притискного механізму й мундштука, регулюється по вертикалі й горизонталі за допомогою супортів. Крім того, зварювальна головка, касета, пульт керування, флюсобункер, встановлені на стійці за допомогою кронштейнів, мають можливість повертатися навколо її осі. Додатково автомат укомплектований флюсозбірником із флюсовідсосом, копіром для зварювання стикових швів з обробленням кромки. У комплект автомата входять шафа керування, джерело живлення, зварювальні кабелю.



Рисунок 3.1 Загальний вигляд зварювального автомату КА-002

Технічні характеристики	КА 002
Номінальна напруга, В	380
Частота струму, Гц	50
Номінальний зварювальний струм при ПВ=100, А	1000
Регулювання:	
- зварювального струму, А	250 - 1250
- зварювальної напруги, В	20 - 56

Регулювання, м/год :

- | | |
|---------------------------------------|-----------------|
| - швидкості подачі електродного дроту | 30- 300 |
| - швидкості зварювання | плавне 10 - 100 |

Кількість електродів, шт. 1

Діаметр суцільного електродного дроту, мм 3 - 5

Регулювання кута нахилу електрода, град 45, ручне

Спосіб захисту дуги флюс

Флюсоапаратура:

- об'єм, дм³ 6

- витрата повітря, м³/год 15

- висота усмоктування флюсу, м 1

Маса трактора, кг : 72

Габаритні розміри трактора, мм 1220x470x770

Обираємо автомат КА 002. Трактор простий в обслуговуванні та не потребує високої кваліфікації зварювальника. Завдяки повним регулюванням режиму зварювання ми маємо можливість найбільш чітко виконувати режими зварювання враховуючи коливання напруги у мережі виробництва.

3.3.2 Для механізованого зварювання

На Каховському заводі електрозварювального обладнання випускається велика кількість напівавтоматів для механізованого зварювання у середовищі СО₂. Найбільш цікавими є КП 006, КП 007, КП 017 і т.д. Розглянемо дві моделі: КП 007 і КП 017.

Малогабаритний напівавтомат **КП 007** (рисунок 3.2) із широким діапазоном регулювання зварювальних параметрів, призначений для дугового зварювання, плавким електродом на постійному струмі в середовищі захисних газів суцільним або порошковим дротом низьколегованих і легованих сталей, а також корозійностійких (нержавіючих) сталей у середовищі аргону у всіх

просторових положеннях. Напівавтомат комплектується зварювальними ви-
прямлячами КИУ 301, КИГ-303, КИГ 401, КИУ 501, КИГ 601 і ін.

Подаючий механізм разом з касетою для електродного дроту, органами керування й відсікателем газу, змонтований у компактному корпусі відкритого типу. У механізмі подачі FORTTRANS застосований електропривод потужністю 90 Вт із редуктором і універсальним протяжним пристроєм із чотирма ро-
ликами із зубчастим зачепленням, що забезпечує надійну рівномірну подачу.



Рисунок 3.2 Загальний вигляд напівавтомата КП 007

Технічні характеристики **КП 007**

Номінальна напруга, В	380
Частота струму живильної мережі, Гц	50
Номінальний зварювальний струм при ПВ=60, А:	315 - 500
Межі регулювання зварювального струму, А	60 - 500
Регулювання напруги на дузі, В	плавне
Межі регулювання напруги на дузі, В	18 - 50
Діаметр електродного дроту, мм:	
- суцільний	0,8 - 1,4, 1,2 - 2
- порошкової	0,8 - 1,4, 1,2 - 2

Межі регулювання швидкості подачі електродної дроту, м/год	80 - 800
Регулювання швидкості подачі електродного дроту	плавний
Маса, кг.	
- механізму подачі дроту	16
- електродного дроту	12
Габаритні розміри, мм	
- механізму подачі дроту	558x200x365

Напівавтомат зварювальний **КП 017** (рисунок 3.3) з величиною зварювального струму 630 А з широким діапазоном регулювання зварювальних параметрів призначений для зварювання, плавким електродом у середовищі захисних газів суцільним або порошковим дротом, низьколегованих і легованих сталей, а також корозійностійких (нержавіючих) сталей у середовищі аргону в різних просторових положеннях. Напівавтомати можуть комплектуватися зварювальними випрямлячами КИУ 301, КИГ 401, КИУ 501, КИГ 601, (КП 015-тільки КИГ 401, КИГ 303, КИГ 602, КИГ 601), а також випрямлячі інших виробників з використанням блоків живлення.

Технічні характеристики	КП 017
Номінальна напруга живильної мережі, В	380
Частота струму живильної мережі, Гц	50
Номінальний зварювальний струм при ПВ=60 і циклі зварювання 5 хв., А	630
Межі регулювання зварювального струму, А	100-630
Межі регулювання напруги на дузі, В	18 - 38
Регулювання напруги на дузі	плавне
Діаметр електродного дроту, мм:	
- суцільний	1,2 - 2,0
- порошковий	1,2 - 3,2

					ДР.131.2121ст.05.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Межі регулювання швидкості подачі електродного дроту, м/год	120 - 1200
Регулювання швидкості подачі електродного дроту	плавне
Маса, кг.:	
- механізму подачі дроту	11
- електродного дроту	15
Габаритні розміри, мм:	
- механізму подачі дроту	555×260×320

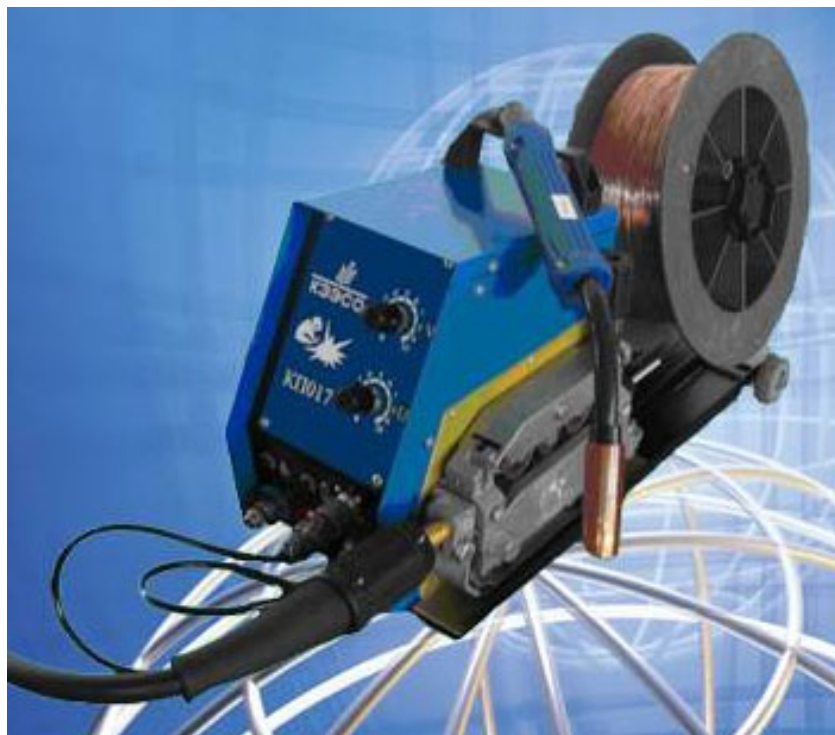


Рисунок 3.3 Подаючий механізм КП 017

Для зварювання книць і набору між собою використаємо механізоване зварювання у захисному газі CO₂ напівавтоматом КП 017, втілення якого для зварювання надало можливість значно полегшити умови праці зварювальників. Даний напівавтомат буде установлений на зварювальному комплексі для полегшення праці зварювальників.

3.4 Вибір джерела живлення

Зварювальні випрямлювачі мають високі динамічні властивості в наслідок меншої електромагнітної інерції. Струм та напруга при перехідних процесах змінюється фактично миттєво. Відсутність частин, які обертаються, робить установку більш простою та надійною в експлуатації чим генератори постійного струму.

Випрямлячі обираються з жорсткою вольт-амперною характеристикою, що відповідає вимогам при зварюванні у захисних газах, таблиця 3.8.

Таблиця 3.8 Технічні показники зварювальних випрямлювачів

Технічні характеристики	КИУ 1201	КИУ 501	КИГ 401	КИУ 301
Номінальна напруга живлючої сеті, В	380	380	380	380
Частота струму живлючої сеті, А	50	50	50	50
Номінальний струм, А при ПВ = 100%	1250	500	400	315
Межа регулювання зварювального струму, А	200 – 1250	50 – 500	50 – 400	50 – 315
Межа регулювання робочої напруги, В	20 – 56	18 – 50	16 – 34	18 – 38
Активна еквівалентна потужність, кВт	84	18	9,6	8,7
Напруга холостого ходу, В	85	85	50	72
Діаметр електродів, мм	4 – 10	2 – 6	2 – 6	2 – 6
Вага, кг	550	275	190	205
Габаритні розміри, мм	960× 680×890	790× 600×955	710× 530×710	730× 530×835

Для автомата КА 002 обираємо випрямлювач КИУ-1201.

Універсальний зварювальний випрямляч КИУ-1201 (рисунок 3.4) призначений для автоматичного й напіваавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів і під флюсом, а також для ручного дугового зварювання штучними електродами всіх типів.

Випрямляч має відмінні зварювальні властивості: стабільне горіння дуги, мале розбризкування металу, високу якість зварного шва. А також додаткові віялові характеристики, призначені для поширення технологічних

					ДР.131.2121ст.05.03.04.ПЗ.	Арк.
						51
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можливостей. Може застосовуватися як многопостове джерело при комплектації баластними реостатами.



Рисунок 3.4 Універсальний зварювальний випрямляч КИУ 1201

Універсальний зварювальний випрямляч КИУ 1201 призначений для автоматичного і напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів і під флюсом, а також для ручного дугового зварювання штучними електродами всіх типів.

Випрямляч має відмінні зварювальні властивості: стабільне горіння дуги, мале розбризкування металу, високу якість зварного шва. А також додаткові в'ялові характеристики, призначені для розширення технологічних можливостей. Може застосовуватися як багатопостове джерело при комплектації баластними реостатами.

Наявність коліс робить джерело особливо мобільним.

Для напівавтомата КП 017 обираємо випрямлювач КИУ 501, рисунок 3.5. Також цей випрямляч застосовуємо для ручного дугового зварювання з баластним реостатом РБ-302.

					ДР.131.2121ст.05.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Універсальний зварювальний випрямляч серії КИУ - 501 (ВДУ-506 К) призначений для автоматичного й напіваавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів і під флюсом, а також для ручного дугового зварювання штучними електродами всіх типів.

Випрямлячі КИУ 501(ВДУ-506 К) середньої потужності мають відмінні зварювальні властивості: стабільне горіння дуги, мале розбризкування металу, високу якість зварного шва. Наявність коліс робить джерело особливо мобільними.



Рисунок 3.5 Універсальний зварювальний випрямляч КИУ 501

Обрані джерела живлення зварювальної дуги забезпечують нормальне збудження дуги та мінімальний коефіцієнт розбризкування. Мають необхідний вигляд зовнішньої характеристики, щоб виконувати вимоги стабільного горіння дуги [11].

3.5 Методи контролю та випробувань

При виготовленні бортової секції використовують різні засоби контролю якості: зовнішній огляд; випробування на непроникливість; радіаційний контроль; ультразвуковий контроль.

Зовнішнім оглядом перевіряють підготовлення під зварювання, правильність складання, присутність та розташування прихваток, величину зазору. Після зварювання зовнішнім оглядом виявляють поверхневі дефекти. Для цього зварювальний шов очищують від залишків шлаку, окалини, бризок та інших забруднень. При зовнішньому огляді шви заміряють вимірвальним інструментом та спеціальними шаблонами. При цьому перевіряють ширину та висоту підсилення у стикових швах, величину катетів у кутових швах.

Окрім зовнішнього огляду робиться більш якісний контроль на непроникливість та герметичність згідно ГОСТ 3285-85, при якому встановлюється наявність в швах дефектів, які порушують газоводонепроникність зварних швів.

Контроль робиться наступними способами:

- обдув струменем стислого повітря;
- полив струменем води під натиском;
- методом "гас-на-крейду".

Найбільш якісним та ефективним засобом є замочування швів гасом з покриттям контролюючої сторони крейдовим розчином. Час витримування під впливом гасу залежить від товщини зварного листа та положення шва у просторі.

Контролю "гас-на-крейду" підлягають продовжні переборки, діафрагми, тобто з'єднання, що утворюють замкнуті об'єми.

Цей метод заснований на великій проникній здатності гасу. Шов з однієї сторони покривають крейдовим розчином за допомогою кисті, дають крейдовому розчину висохнути, потім з іншої сторони за допомогою кисті наносять гас. У випадку, якщо шов має наскрізні дефекти, то зі сторони шву де був

нанесений крейдовий розчин з'являються світло-оранжеві або блакитного кольору плями.

Радіаційний контроль полягає у відображенні на фотоплівці внутрішньої структури зварювального шву, просвічуваного іонізуючим випромінюванням. Із засобів радіаційного контролю у суднобудівництві найбільш розповсюджені рентгенівський контроль та контроль γ -промінням. Радіаційний контроль базується на різноманітному поглинанні іонізуючого проміння металом та неметалевими включеннями. При цьому металічні включення, що мають більшу густину, на знімках мають вигляд більш світліших плям та точок. Також і шов на знімкові виходить більш світлішим, ніж навколошовна зона, оскільки він має більшу товщину ніж зварний метал. Дефекти шву (тріщини, пори) поглинають проміні у меншій степені ніж метал. Тому на світлому фоні шву вони виділяються темними плямами, точками, рисками.

Для γ -дефектоскопії застосовують штучно отримані радіоактивні ізотопи кобальту (Co-60), цезію (Cs-137), іридію (Ir-192). Радіоактивний ізоотоп кобальту може використовуватися 5 з залишком років, а цезію більш 30 років. Гама-просвічування простіше рентгенівського, але більш небезпечне для здоров'я людини. Тому ампула з радіаційним ізотопом утримується у спеціальних переносних свинцевих контейнерах. Гама-проміні мають більшу проникну здатність ніж рентгенівські. Ними можна просвічувати метал товщиною до 350 мм. Для контролю γ -промінням використовують портативні та повністю автономні γ -дефектоскопи "Стапель-5", РИД-21М, ГУПСs-2-1.

Ультразвуковий контроль заснований на здатності ультразвукових коливань проникати в товщу металу та відбиватися від неметалічних включень та дефектів, які мають відмінний від металу акустичний опір. Від границь тріщин та пор відбивається близько 90% енергії ультразвукових коливань. Дефектоскопи, які працюють за ехо-методом, оснащені осцилографами, на екрані яких за відбитим сигналом визначається характер дефекту. Крім цього ці дефектоскопи оснащені електронними глибиномірами, за допомогою яких визначається місце дефекту.

					ДР.131.2121ст.05.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Вид і величина допустимих дефектів, їх комбінація та об'єм контролю встановлюється правилами, інструкціями або технічними умовами, які затверджені на даний зварювальний виріб. Вид контролю також обумовлюється технічними умовами. [13]

При контролі зварювальних швів зовнішньої обшивки знімок повинен бути розміщений на перехресті за віссю стику, так щоб він частково охоплював і паз. При ультразвуковому контролі слід проконтролювати ділянки шириною 100 мм з кожної сторони стику або вісі шву. Стики набору симетричного та несиметричного полособульба, таврового зварювального профілю висотою до 400 мм, контролювати по усьому перерізу, включаючи голівки полособульба або поясок таврового профілю. На тавровому наборі висотою більш ніж 400 мм світити окремо, стик пояску та місця по одному знімку. Ширина знімку 200 мм, довжина 500 мм.

Оцінювання якості зварювальних швів виконується за трибальною системою: висока якість – бал 3, добра якість – бал 2, шви з балом 1 підлягають виправленню.

Усунення дефектів зварювальних швів виконується різними засобами. Поверхневі дефекти, наприклад тріщини, ліквідують шляхом розділення газом різаком та наступного заварювання. Неповномірні ділянки швів наплавляють, а надмірне підсилення шву прибирають за допомогою ручних пневмомашинок з абразивним інструментом. Дефектні ділянки швів з сіткою тріщин видаляють повністю кисневим або повітряно-дуговим струганням та заварюють знову. Внутрішні дефекти усувають переважно кисневим або повітряно-дуговим струганням. В деяких випадках при невеликих об'ємах роботи дефектні місця розчищають абразивним інструментом.

Висновки.

Для ручного дугового зварювання обираємо електроди з рутиловим покриттям типу Е42А УОНІ 13/45 А (ГОСТ 9467 – 75).

					ДР.131.2121ст.05.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Для механізованого зварювання у CO₂ напівавтоматом КП 017 використовуємо зварювальний дріт марки Св – 08Г2С або низьколегований дріт Св-10ГН (для частин корпусу, які контактують з морською водою) діаметром 1,2 мм

Для заповнення кромки стикового з'єднання застосовуємо зварювальний дріт марки Св-10ГН діаметром 5 мм та зварювальний флюс марки ОСЦ-45. Для зварювання бортової обшивки і набору головного напрямку, обираємо автомат КА 002 з плавним регулюванням режиму зварювання та з флюсовідсосом.

Транспортування й обтиснення листових деталей, транспортування й встановлення набору буде правильним застосувати транспортно-притискний портал.

Консольно-поворотний кран призначений для доставки на секцію контейнеру з кабелями підводу живлення, шлангами для витяжної вентиляції й подачі захисного газу та напівавтомату для механізованого зварювання.

					ДР.131.2121ст.05.03.04.ПЗ.	Арк.
						57
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДР.131.2121ст.05.03.04.ПЗ.		Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			58

					ДР.131.2121ст.05.04.04. ПЗ.				
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата					
Студент		Стазілов К.П.			4 Економічна оцінка проектних розробок		Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Спіхтаренко В						59	26
Консультант							ХННІ		
Н. Контр.									
Зав.кафедр.		Єрмолаєв Г.В.							

В даному розділі приведено розрахунок собівартості складання та зварювання бортової секції баржі.

Здійснене нормування основних зварювальних операцій, розрахована собівартість виготовлення бортової секції, до якої входять витрати на основні та зварювальні матеріали, енергію для технологічних цілей та заробітну плату виробничих працівників.

4.1 Нормування основних зварювальних операцій

Технічне нормування передбачає встановлення розрахункової норми часу по будь-якій операції на основі ретельної перевірки виробничих можливостей устаткування, інструмента і найбільш ефективної організації праці з урахуванням виробничого досвіду, тому тут необхідно:

- 1) указати метод розрахунку норм часу, приведений у картах технологічного процесу;
- 2) зробити розрахунок норм часу по кожній типовій операції і порівняти його з нормативними даними.

Тарифний розряд роботи встановлюється по єдиному тарифно-кваліфікаційному довіднику [24]. Правильний підхід до встановлення технічно обґрунтованих норм, а також тарифікація робіт стимулюють постійний зріст продуктивності праці, сприяють підвищенню кваліфікації робітників і їхній матеріальній зацікавленості.

Норму часу на зварювання (Тзв) визначаємо по формулі:

$$T_{зв} = T_{шт.к.} \cdot L, \text{ н-год.} \quad (4.1)$$

де L – довжина шва, що зварюється, м.

T_{шт.к.} – витрати часу на зварювання 1 погон. м з'єднання (н-год.), яке визначається за формулою:

$$T_{штк} = \frac{t_o}{k_n}, \text{ н-год.} \quad (4.2)$$

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

де k_{π} – коефіцієнт використання зварювального поста (для автоматичного та механізованого зварювання $k_{\pi} = 0,6 \div 0,7$, для ручного дугового зварювання $k_{\pi} = 0,5$)

t_o – час горіння дуги, год., яке визначається за формулою:

$$t_o = \frac{F_n \cdot L \cdot \gamma}{\alpha_n \cdot I_{36}}, \text{ год} \quad (4.3)$$

де F_n – площа наплавленого металу, см^2 ;

$L = 100$ – довжина стику, що зварюється, см ;

$\gamma = 7,85$ – густина металу, г/см^3 ;

α_n – коефіцієнт наплавлення, $\text{г/А} \cdot \text{год.}$;

I_{36} – зварювальний струм, А .

Нормування часу на зварювальні операції за пропонованими технологічними процесами проводимо у пункті 4.2.

4.2 Пропонована технологія

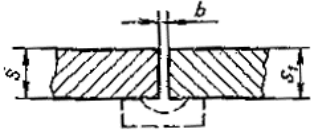
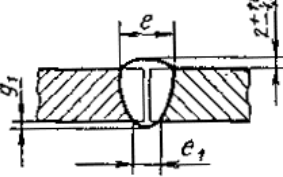
Вхідні дані для розрахунку:

довжина стикових з'єднань	- 14,4 м;
довжина швів при приварюванні набору головного напрямку до наружної обшивки борта автоматичним зварюванням	- 115,2 м
довжина таврових швів при механізованому зварюванні набору рамного шпангоута до борту	- 18 м;
довжина таврових швів при механізованому зварюванні між собою набору, приварювання насичення	- 5 м.

4.2.1 Автоматичне зварювання під шаром флюсу.

Проводимо розрахунок норми часу (Тзв., н-год.) на виконання одностороннього автоматичного зварювання на флюсо-мідній підкладці листів бортової обшивки (ГОСТ 8713-79-С4-АФм):

Таблиця 4.1 Конструктивні елементи зварного з'єднання С4-АФм

Конструктивні елементи		S=S ₁	b, мм	е, мм не більше	g ₁ , мм.	
підготовлених кромки	зварного шва	Номін.			Ном.	Відх.
		7 - 10	2 + 1	26	2	+1,0 -2,0

Примітка: Значення е₁ повинне бути від 4 мм до 0,5е.

Час горіння дуги t_0 при виконанні l погон. м. з'єднання виконуємо за формулою 4.3.

Коефіцієнт наплавлення визначається за формулою:

$$\alpha_n = \alpha_p(1 - \varphi) \quad (4.4)$$

де $\alpha_p = 10 \div 12$ г/А·год. – коефіцієнт розплавлення металу для постійного струму зворотної полярності;

$\varphi = 0,02 \div 0,03$ – коефіцієнт втрат металу.

Тоді $\alpha_n = 11 \cdot (1 - 0,02) = 10,8$ г/А·год.;

Зварювальний струм визначимо за формулою:

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot i}{4} \quad (4.5)$$

де $d_e = 5,0$ мм – діаметр електродного дроту;

i – щільність струму в електродному дроті ($i = 40 \div 50$ А/мм²).

$$I_{зв} = \frac{3,14 \cdot 5^2 \cdot 50}{4} = 981 \text{ А}$$

Площу наплавлення розрахуємо за формулою:

$$F_n = S \cdot b + 0,75 \cdot (e \cdot g + e_1 \cdot g_1) \quad (4.6)$$

$$F_n = 10 \cdot 3 + 0,75 \cdot (26 \cdot 3 + 10 \cdot 3) = 111,0 \text{ мм}^2 = 1,11 \text{ см}^2$$

Таким чином час горіння дуги t_o при виконанні 1 погон. м. листів зварного з'єднання дорівнює:

$$t_o = \frac{F_n \cdot L \cdot \gamma}{\alpha_n \cdot I_{зв}} = \frac{1,11 \cdot 100 \cdot 7,85}{10,8 \cdot 981} = 0,08 \text{ год.}$$

За формулою 4.2 визначимо витрати часу на зварювання 1 погон. м з'єднання Тшт.к.:

$$T_{штк} = \frac{t_o}{k_n} = \frac{0,08}{0,6} = 0,137 \text{ н-год.}$$

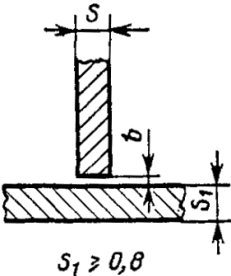
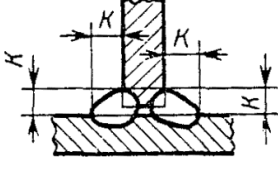
Загальну норму часу на зварювання ($T_{зв}$) стиків зовнішньої обшивки визначаємо по формулі 4.1:

$$T_{зв} = T_{штк} \cdot 2L = 0,137 \cdot 14,4 = 1,98 \text{ н-год.}$$

4.2.2 Автоматичне зварювання таврових з'єднань.

Проводимо розрахунок норми часу ($T_{зв}$, н-год.) на виконання автоматичного зварювання під шаром флюсу таврових з'єднань, які застосовуються при приварювання набору головного напрямку до З.О. (ГОСТ 8713-79-ТЗ-Аф).

Таблиця 4.2 Конструктивні елементи зварного з'єднання ТЗ-Аф

Конструктивні елементи		S=S ₁	b, мм	K, мм
підготовлених кромки	зварного шва	Номін.		
		10 - 14	0 + 3	5

Площа наплавленого металу $F_{н.тр}$ для таврових з'єднань визначається за формулою 4.7:

$$F_{н.тр} = k_y \frac{\kappa^2}{2}, \text{ см}^2 \quad (4.7)$$

де k_y – коефіцієнт враховуючий збільшення $F_{н.тр}$ за рахунок опуклості шва та зазору ($k_y = 1,35$ для заданого по кресленню катета 5 мм);

$\kappa = 0,5$ см – катет шву (див. табл. 4.2).

Таким чином площа $F_{н.тр}$ буде дорівнювати:

$$F_{н.тр} = 1,35 \cdot \frac{0,5^2}{2} = 0,169 \text{ см}^2$$

Визначення часу горіння дуги t_o при виконанні 1 погон. м. з'єднання виконуємо за формулою 4.3:

$$t_o = \frac{F_n \cdot L \cdot \gamma}{\alpha_n \cdot I_{зв}}$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, г/А·год.; визначаємо за формулою:

$$\alpha_n = \alpha_p (1 - \varphi),$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення дроту, г/А год., який розраховується за формулою:

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{зв}}{d_e}$$

φ – коефіцієнт втрат металу на розбризкування та чад ($\varphi = 0,1 \div 0,15$).

$I_{зв}$ – зварювальний струм (А), який визначається за формулою;

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot i}{4}$$

де $d_e = 5,0$ мм – діаметр електроду;

$i = 40$ А/мм² – щільність струму в електродному дроті.

Для зварювання у нижньому положенні набору головного напрямку, до зовнішньої обшивки, зварювальний струм $I_{зв}$ дорівнює:

$$I_{зв} = \frac{3,14 \cdot 5,0^2 \cdot 40}{4} = 785 \text{ А}$$

Коефіцієнт розплавлення дроту:

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \frac{785}{5,0} = 15,6 \text{ г/А год.}$$

Коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_n = 15,6(1 - 0,1) = 14,0 \text{ г/А год.}$$

Час горіння дуги t_o при виконанні 1 погон. м. з'єднання дорівнює:

Для набору головного напрямку, що приварюється до З.О.:

$$t_o = \frac{0,169 \cdot 100 \cdot 7,85}{14,0 \cdot 785} = 0,012 \text{ год.}$$

За формулою 4.2 визначаємо витрати часу на зварювання 1 погон. м з'єднання Тшт.к.:

$$T_{шт.к} = \frac{t_o}{k_n},$$

де $k_n = 0,6 \div 0,7$ – коефіцієнт використання зварювального поста;

t_o – час горіння дуги при виконанні 1 погон. м. з'єднання, год. (для набору головного напрямку, що приварюється до З.О.)

Витрати часу на зварювання 1 погон. м з'єднання Тшт.к. будуть дорівнювати:

$$T_{шт.к} = \frac{0,012}{0,7} = 0,017 \text{ н-год.}$$

Загальна норма часу на зварювання $T_{зв}$ визначаємо по формулі 4.1:

$$T_{зв} = T_{шт.к.} \cdot L, \text{ н-год.}$$

де L – довжина таврового набору головного напрямку, що приварюється до З.О., $L = 115,2 \text{ м.}$

$$T_{зв} = T_{шт.к.} \cdot L = 0,017 \cdot 115,2 = 1,98 \text{ н-год.}$$

Загальна норма часу $\sum T_{зв}$ на автоматичне зварювання секції під флюсом:

$$\sum T_{зв} = 1,98 + 1,98 = 3,96 \text{ н-год.}$$

4.2.3 Механізоване зварювання у середовищі CO₂.

Проводимо розрахунок норми часу ($T_{зв.}$, н-год.) на виконання механізованого зварювання у середовищі захисних газів таврових з'єднань, які застосовуються при приварювання набору між собою у вертикальному положенні, поясків до листів рамного шпангоута у нижньому положенні, книць. (ГОСТ 14771-76-ТЗ-УП).

Площа наплавленого металу $F_{н.тр}$ для таврових з'єднань визначається за формулою (4.7):

$$F_{н.тр} = k_y \frac{\kappa^2}{2}$$

де k_y – коефіцієнт враховуючий збільшення $F_{н.тр}$ за рахунок опуклості шва та зазору ($k_y = 1,35$ для заданого по кресленню катета 5 мм);

κ – катет шву, $\kappa = 0,5$ см.

Таким чином площа $F_{н.тр}$ буде дорівнювати:

$$F_{н.тр} = 1,35 \cdot \frac{0,5^2}{2} = 0,169 \text{ см}^2$$

Визначення часу горіння дуги t_o при виконанні l погон. м. з'єднання виконуємо за формулою 4.3:

$$t_o = \frac{F_n \cdot L \cdot \gamma}{\alpha_n \cdot I_{зв}}$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, г/А·год.; визначаємо за формулою:

$$\alpha_n = \alpha_p (1 - \varphi),$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення дроту, г/А год., який розраховується за формулою:

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{зв}}{d_e}$$

φ – коефіцієнт втрат металу на розбризкування та чад ($\varphi = 0,1 \div 0,15$).

$I_{зв}$ – зварювальний струм (А), який визначається за формулою 4.5;

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot i}{4}$$

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

де $d_e = 1,2$ мм – діаметр електроду;

$i = 110 \div 180$ А/мм² – щільність струму в електродному дроті.

Для зварювання у нижньому положенні набору головного напрямку, приварювання набору рамного шпангоута до борту у нижньому положенні, приварювання насичення, зварювальний струм $I_{зв}$ дорівнює:

$$I_{зв} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 180}{4} = 203 \text{ А}$$

Коефіцієнт розплавлення дроту: $\alpha_p = 3,0 + 0,08 \frac{203}{1,2} = 16,6 \text{ г / А} \cdot \text{год}$

Коефіцієнт наплавлення: $\alpha_n = 16,6(1 - 0,1) = 15 \text{ г / А} \cdot \text{год}$

Час горіння дуги t_o при виконанні 1 погон. м. з'єднання дорівнює:

$$t_o = \frac{0,169 \cdot 100 \cdot 7,85}{15 \cdot 203} = 0,043 \text{ год}$$

За формулою 4.2 визначаємо витрати часу на зварювання 1 погон. м з'єднання $T_{шт.к.}$:

$$T_{штк} = \frac{t_o}{k_n} = \frac{0,043}{0,6} = 0,072 \text{ н-год.}$$

Загальна норма часу на зварювання $T_{зв}$ визначаємо по формулі 4.1:

$$T_{зв} = T_{шт..к.} \cdot L, \text{ н-год.}$$

де L – довжина таврового шву ($L = 18,0 + 5 = 23,0$ м.

$$T_{зв} = 0,072 \cdot 23,0 = 1,66 \text{ н-год.}$$

4.2.4 Ручне дугове зварювання.

Визначимо норми часу ($T_{зв.}$, н-год.) на виконання **прихваток** при виконанні стикових та таврових з'єднань (ГОСТ 5264-80).

Для стикового з'єднання: $F_{прихв.} = \frac{1}{3} \cdot F_n = \frac{1,28}{3} = 0,43 \text{ см}^2$.

Для таврових з'єднань: $F_{прихв.} = \frac{1}{3} \cdot F_n = \frac{0,169}{3} = 0,056 \text{ см}^2$.

Час горіння дуги t_o при виконанні 1 погон. м. з'єднання виконуємо за формулою 4.3:

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

$$t_o = \frac{F_{\text{прихв.}} \cdot L \cdot \gamma}{\alpha_n \cdot I_{\text{зв}}}$$

де $F_{\text{прихв.}}$ – площа прихватки для стикового з'єднання $F_{\text{прихв.}} = 0,42 \text{ см}^2$,
для таврових з'єднань $F_{\text{прихв.}} = 0,06 \text{ см}^2$;

α_n – коефіцієнт наплавлення, г/А·год. (приймають з характеристики об-
раного електрода, для УОНИ 13/45 $\alpha_n = 9,5 \text{ г/ А} \cdot \text{год.}$);

$I_{\text{зв}}$ – зварювальний струм, А, визначається за формулою 4.8:

$$I_{\text{зв}} = K \cdot d_{\text{ел}} \quad (4.8)$$

де $K = 40 \text{ А/мм}$ – коефіцієнт залежний від діаметра електрода d_e , який
приймається по таблиці 8.4.[5];

$d_e = 4,0 \text{ мм}$ – діаметр електроду.

$$I_{\text{зв}} = 40 \cdot 4 = 160 \text{ А}$$

Таким чином час горіння дуги t_o при виконанні 1 погон. м. з'єднання до-
рівнює:

$$\text{Для стикового з'єднання: } t_o = \frac{0,43 \cdot 100 \cdot 7,85}{9,5 \cdot 160} = 0,22 \text{ год.}$$

$$\text{Для таврових з'єднань: } t_o = \frac{0,056 \cdot 100 \cdot 7,85}{9,5 \cdot 160} = 0,03 \text{ год.}$$

Витрати часу на зварювання 1 погон. м з'єднання $T_{\text{шт.к.}}$ визначимо за фо-
рмулою 4.2:

$$T_{\text{штк}} = \frac{t_o}{k_n}, \text{ н-год.}$$

де $k_n = 0,5$ – коефіцієнт використання зварювального поста.

$$\text{Для стикового з'єднання: } T_{\text{штк}} = \frac{t_o}{k_n} = \frac{0,22}{0,5} = 0,44 \text{ н-год.}$$

$$\text{Для таврових з'єднань: } T_{\text{штк}} = \frac{t_o}{k_n} = \frac{0,03}{0,5} = 0,06 \text{ н-год.}$$

Загальна норма часу на зварювання $T_{\text{зв}}$ визначаємо по формулі 4.1:

$$T_{\text{зв}} = T_{\text{шт.к.}} \cdot L_{\text{прихв.}}, \text{ н-год.}$$

$$\text{Для стикового з'єднання: } T_{\text{зв}} = 0,44 \cdot 14,4 = 6,35 \cdot \text{н-год}$$

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Для таврових з'єднань: $T_{зв} = 0,06 \cdot (115,2 + 18,0 + 5,0) = 8,03 \cdot \text{н-год}$

Загальна норма часу $\sum T_{зв}$ на ручне дугове зварювання бортової секції:

$$\sum T_{зв} = 8,03 + 6,35 = 14,38 \text{ н-год.}$$

Таблиця 4.3 Трудомісткість на зварювання секції за пропонованим технологічним процесом

Найменування	Трудомісткість, н-год.	
	На одиницю виробу $\sum T_{зв}$	Річна програма 100 шт.
Автоматичне зварювання під шаром флюсу (стик)	1,98	198
Автоматичне зварювання під шаром флюсу (тавр)	3,96	396
Механізоване зварювання	1,66	166
Зварювання РДЗ	14,38	1438
Разом:	21,98	2198

4.3 Визначення технологічної собівартості

Собівартість – це витрати підприємства в грошовому вираженні на виготовлення продукції.

Технологічна собівартість виготовлення бортової секції $C_{заг.р}$ розраховується за формулою:

$$C_{заг.р} = C_{зв.м.} + C_{з.п.} + C_{т.ен.} + C_a, \text{ грн.} \quad (4.9)$$

де $C_{зв.м.}$ – вартість зварювальних матеріалів (електроди, флюс, дріт, захисний газ), грн.; $C_{з.п.}$ – загальнорічні витрати з фонду заробітної плати, грн.; $C_{т.ен.}$ – загальнорічні витрати на технологічну енергію, грн.; C_a – амортизаційні відрахування, грн.

В таблиці 4.4 наведені ціни, діючі на 01.01.2020 року на основні та зварювальні матеріали та електроенергію.

Таблиця 4.4 Ціни основних зварювальних матеріалів та електроенергії

Найменування матеріалу	Ціна, грн.
1. Зварювальний дріт Св-08Г2С, Ø 1,2 мм, за кг	16,0
2. Зварювальний дріт Св-10ГН, Ø 4,0 мм, за кг	24,0
3. Зварювальний флюс, ОСЦ 45, за кг	30,0
4. Вуглекислий газ, CO ₂ , грн./м ³	5,0
5. Електроди УОНИ 13/45, кг	24,0
6. Електроенергія, за кВт/год.	1,5

4.4 Визначення вартості зварювальних матеріалів

1. **Витрати на електроди.** Витрати на електроди (Сел., грн.) визначаються за формулою:

$$C_{ел.} = \frac{F \cdot L \cdot \gamma \cdot K_{пр} \cdot R_1}{1000}, \text{ грн.} \quad (4.10)$$

де F – площа поперечного перетину шва, см² (при прихвачуванні листів З.О., F = 0,43 см²; набору головного напрямку до З.О., р.ж. до листів рамних шпангоутів, F = 0,056 см²), розділ 4.2.4.

L – довжина зварного шва, см (при прихвачуванні листів З.О., L = 1440 см; набору головного напрямку до З.О.; р.ж. до листів рамних шпангоутів, L = 13820 см).

K_{пр.} – коефіцієнт приведення ваги наплавленого металу до ваги електродів (коефіцієнт враховує втрати при зварюванні і вагу електродного покриття, для електродів марки УОНИ 13/45 K_{пр.} = 1,7);

R₁ = 24 грн. – вартість 1 кг електродів (табл. 5.4);

γ = 7,85 г/см³ – густина металу.

При прихвачуванні листів З.О.:

$$C_{ел.} = \frac{0,43 \cdot 1440 \cdot 7,85 \cdot 1,7 \cdot 24}{1000} = 196,78 \text{ грн.};$$

При прихвачуванні набору головного напрямку до З.О., р.ж. до листів рамних шпангоутів:

$$C_{ел.} = \frac{0,056 \cdot 13820 \cdot 7,85 \cdot 1,7 \cdot 24}{1000} = 248,98 \text{ грн.};$$

Загальні витрати електродів на одиницю виробу ΣСел дорівнюють:

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

$$\Sigma \text{Сел} = 196,78 + 248,98 = 445,76 \text{ грн.}$$

2. Витрати на зварювальний дріт ($C_{\text{д.а.}}$, грн.) при автоматичному зварюванні на мідній полосі та таврових з'єднань:

$$C_{\text{д.а.}} = \frac{F \cdot L \cdot \gamma \cdot K \cdot R_2}{1000},$$

де F – площа поперечного перетину шва, см^2 (для З.О., $F = 1,11 \text{ см}^2$).

L – довжина шва, см. (для З.О., $L = 1440 \text{ см}$).

K – коефіцієнт витрат на чад і розбризкування (при автоматичному зварюванні $K_{\text{мех.}} = 1,02$);

γ – густина сталі, г/см^3 ($\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$);

R_2 – вартість 1 кг дроту Св 10ГН, грн. (при зварюванні З.О., $R_2 = 24 \text{ грн.}$), таблиця 5.4.

При зварюванні З.О.

$$C_{\text{д.а.}} = \frac{1,11 \cdot 1440 \cdot 7,85 \cdot 1,02 \cdot 24}{1000} = 153,58 \text{ грн.}$$

При зварюванні балок головного напрямку ($F = 0,169 \text{ см}^2$, $L = 115,2 \text{ м}$, вартість дроту Св 08А, $R_2 = 20 \text{ грн}$

$$C_{\text{д.а.}} = \frac{0,169 \cdot 115,2 \cdot 7,85 \cdot 1,02 \cdot 20}{1000} = 155,66 \text{ грн.}$$

Загальні витрати зварювального дроту Св-10ГН на одиницю виробу $\Sigma \text{Сдр}$ дорівнюють:

$$\Sigma \text{Сдр} = 153,58 \text{ грн.}$$

Загальні витрати зварювального дроту Св-08А на одиницю виробу $\Sigma \text{Сдр}$ дорівнюють:

$$\Sigma \text{Сдр} = 155,66 \text{ грн.}$$

3. Витрати на захисне середовище.

Визначення витрат на захисний газ (CO_2) визначається за формулою:

$$I_{\text{захсер}} = (t_0 + T_{\text{н.з.}}) \cdot N_1 \cdot R_3 \cdot L,$$

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

де t_0 – час горіння дуги на 1 пог. м., год. (для таврових з'єднань листів рамного шпангоута до З.О. та насичення, $t_0 = 0,043$ год);

L – довжина шва, м ($L = 2300$ см);

N_1 – питома витрата газу, м³/год. (для таврового з'єднання типу ТЗ $N_1 = 0,6$ м³/год.);

R_3 – вартість 1 м³ газу CO₂, грн./м³, $R_3 = 5$ грн./м³;

Тп.з. – час на підготовчо-завершальні операції, год..

$$T_{n.z.} = t_{n.z.} \cdot L \cdot n,$$

де тп.з. – підготовчо-завершальний час на продування пальника до зварювання і місце зварювання при виконання 1 м шва (тп.з. = 0,0033 год.);

$L = 1$ м – довжина шва;

n – кількість проходів.

Тп.з. = 0,0033 год.

При зварюванні таврових з'єднань:

$$G_{захсер} = (0,043 + 0,0033) \cdot 0,6 \cdot 5 \cdot 230 = 3,22 \text{ грн.}$$

Таким чином витрати на захисний газ (CO₂) дорівнюють:

$$\Sigma G_{зах.сер} = 3,22 \text{ грн.}$$

4. Витрати на флюс.

Витрата флюсу на 1 пог.м. G_f визначається за формулою:

$$G_f = \frac{(U_d - 1,8) \cdot 780}{v_{зв}}, \text{ г/пог.м.}$$

де U_d – напруга на дузі, яке визначається за формулою 2.2:

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot I}{\sqrt{d}} \pm 1,$$

де I – зварювальний струм, А (для З.О., $I = 981$ А);

$d = 5,0$ мм – діаметр зварювального дроту, мм.

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot 981}{\sqrt{5,0}} - 1 = 41 \text{ В.}$$

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$V_{зв}$ – швидкість зварювання, м/год, яке визначається за формулою 2.24:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{3600 \cdot F_n \cdot \gamma},$$

де $\alpha_n = 10,8$ г/А·год. – коефіцієнт наплавлення;

$I_{зв}$ – зварювальний струм, А (для З.О., $I = 981$ А);

F_n – площа наплавленого металу, см² (для З.О., $F_n = 1,08$ см²),

$\gamma = 7,85$ г/см³ – густина металу.

$$V_{зв} = \frac{10,8 \cdot 981}{100 \cdot 1,11 \cdot 7,85} = 12,1 \text{ м/год.}$$

Витрата флюсу на 1 пог.м. G_{ϕ} дорівнює:

$$G_{\phi} = \frac{(41 - 1,8) \cdot 780}{12,1} = 2514,93 \text{ г.}$$

Визначимо загальні витрати флюсу $G_{\phi.заг}$:

$$G_{\phi.заг} = G_{\phi} \cdot R_5 \cdot L / 1000 = 2514,93 \cdot 30 \cdot 14,4 / 1000 = 1086,45 \text{ грн.}$$

При зварюванні таврових з'єднань:

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot 785}{\sqrt{5,0}} - 1 = 36,5 \text{ В}$$

$$V_{зв} = \frac{14,0 \cdot 785}{100 \cdot 0,169 \cdot 7,85} = 83 \text{ м/год}$$

Витрата флюсу на 1 пог.м. G_{ϕ} дорівнює:

$$G_{\phi} = \frac{(36,55 - 1,8) \cdot 780}{83,0} = 326,65 \text{ г.}$$

Визначимо загальні витрати флюсу $G_{\phi.заг}$:

$$G_{\phi.заг} = G_{\phi} \cdot R_5 \cdot L / 1000 = 326,65 \cdot 30 \cdot 115,2 / 1000 = 1128,90 \text{ грн}$$

Разом витрати на флюс $G_{\phi} = 1086,45 + 1128,90 = 2215,35$ грн.

6 Визначення вартості на технологічну енергію

Загальні витрати на електроенергію на одиницю виробу $\sum C_{ел.РДЗ}$ при ручному дуговому зварюванні:

$$\sum C_{ел.РДЗ} = 28,9 + 36,6 = 65,5 \text{ грн.}$$

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
						73
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на електроенергію ($C_{e.m}$, грн.) при **автоматичному зварюванні стикових та таврових з'єднань** визначаються за формулою:

$$C_{e.m} = \frac{F \cdot L \cdot \gamma \cdot K_{мех.} \cdot Q_e \cdot c_e}{1000},$$

де F – площа поперечного перетину шва, (для стикового з'єднання $F = 1,11 \text{ см}^2$, для таврового $F = 0,169 \text{ см}^2$);

L – довжина зварного шва, (для стикового з'єднання $L = 1440 \text{ см}$; для таврового, $L = 115,20 \text{ см}$);

Q_e – питома витрата електроенергії при автоматичному зварюванні від випрямляча $Q_e = 4,0 \text{ кВт} \cdot \text{год.}/\text{кг}$;

$K_{мех.}$ – коефіцієнт втрат на чад і розбризкування (при автоматичному зварюванні $K_{мех.} = 1,02$);

γ – густина сталі, $\text{г}/\text{см}^3$ ($\gamma = 7,85 \text{ г}/\text{см}^3$);

c_e – вартість $1 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$, грн. ($c_e = 0,627 \text{ грн.}/\text{кВт} \cdot \text{год.}$)

Для стикового з'єднання:

$$C_{e.m} = \frac{1,11 \cdot 1440 \cdot 7,85 \cdot 1,02 \cdot 4 \cdot 1,5}{1000} = 76,8 \text{ грн.}$$

Для таврового:

$$C_{e.m} = \frac{0,169 \cdot 11520 \cdot 7,85 \cdot 1,02 \cdot 4 \cdot 1,5}{1000} = 93,4 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на електроенергію на одиницю виробу $\sum C_{ел.РДЗ}$ при автоматичному зварюванні:

$$\sum C_{ел.РДЗ} = 76,8 + 93,4 = 170,2 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію ($C_{e.a}$, грн.) при **механізованому зварюванні** визначаються за формулою:

$$C_{e.a} = \frac{F \cdot L \cdot \gamma \cdot K_{мех.} \cdot Q_e \cdot c_e}{1000},$$

де F – площа поперечного перетину шва, ($F = 0,169 \text{ см}^2$).

L – довжина шва, ($L = 2300 \text{ см}$).

Q_e – питома витрата електроенергії при механізованому зварюванні

$Q_e = 4,0 \text{ кВт} \cdot \text{год.}/\text{кг}$ (табл. 8.10);

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
						74
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{\text{мех.}}$ – коефіцієнт втрат на чад і розбризкування ($K_{\text{мех.}} = 1,15$);

γ – густина сталі, г/см³ ($\gamma = 7,85$ г/см³);

c_e – вартість 1 кВт-год., грн. ($c_e = 1,5$ грн./кВт-год.)

$$C_{e.a} = \frac{0,169 \cdot 2300 \cdot 7,85 \cdot 1,15 \cdot 4 \cdot 1,5}{1000} = 21,0 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на електроенергію при механізованому зварюванні:

$$\sum C_{e.a} = 21,0 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.5 Витрати матеріалів за пропонованій технології

Найменування	Вартість, грн.	
	На одиницю виробу	На річну програму
1 Електроди УОНИ 13/45	445,76	44576
2 Зварювальний дріт Св-08Г2С, Ø 1,2 мм	56,06	5606
3 Зварювальний дріт Св-10ГН, Ø 5,0 мм	153,58	15358
4 Зварювальний дріт Св-08А, Ø 5,0 мм	155,66	15566
5 Вуглекислий газ, CO ₂	3,22	322
6 Зварювальний флюс, ОСЦ 45	2215,34	221534
7 Електроенергія	256,7	25670
Разом:	3286,32	328632

4.4.1 Витрати на амортизаційні відрахування по устаткуванню

Розрахунок кількості устаткування проводиться за формулою:

$$N_y = \frac{T_{\text{заг.зв.}}}{\Phi_0 * K_{\text{в.н.}}} \text{ шт,}$$

де $T_{\text{заг.зв.}}$ – загально річний час зварювання, н-год. (для автоматичного зварювання під шаром флюсу, $T_{\text{заг.зв.}} = 198+198=396$ н-год.; для механізованого зварювання $T_{\text{заг.зв.}} = 166$ н-год.; для ручного дугового зварювання $T_{\text{заг.зв.}} = 1438$ н-год.);

Φ_d – діючий фонд робочого часу, год. ($\Phi_d = 2002$ год.);

$K_{\text{в.н.}}$ – коефіцієнт виконання норм, ($K_{\text{в.н.}} = 1,2$).

Визначимо кількість устаткування при автоматичному зварюванні:

$$N_{y.a} = \frac{396}{2002 \cdot 1,2} = 0,16 \text{ шт.}$$

Для виконання автоматичного зварювання необхідний один автомат КА002 з джерелом живлення КИУ1201.

Для механізованого зварювання у вуглекислому газі $N_{y.n/a}$:

$$N_{y.a} = \frac{166}{2002 \cdot 1,2} = 0,07 \text{ шт.}$$

Для виконання механізованого зварювання необхідно один напівавтомат КП017 з джерелом живлення КИУ501.

Кількість устаткування для ручного дугового зварювання $N_{y.pдз}$:

$$N_{y.a} = \frac{1438}{2002 \cdot 1,2} = 0,6 \text{ шт.}$$

Для виконання ручного дугового зварювання необхідно 1 (один) випрямляч КИУ301.

Витрати на амортизаційні відрахування по устаткуванню ($C_{a.уст.}$, грн.) залежать від кількості і вартості устаткування, норми річних амортизаційних відрахувань, коефіцієнта завантаження, трудомісткості виконання операцій техпроцесу і визначаються за формулою:

$$C_{a.уст.} = \frac{T \cdot \Sigma \cdot K_o \cdot A_y}{100 \cdot \Phi_e \cdot K_z}, \text{грн.}$$

де T – загально річний час зварювання, н-год. (для автоматичного зварювання під шаром флюсу, $T_{заг.зв} = 396$ н-год.; для механізованого зварювання $T_{заг.зв} = 166$ н-год.; для ручного дугового зварювання $T_{заг.зв} = 1438$ н-год.)

Σ – число типорозмірів устаткування, вживаного в технологічному процесі, шт. (для автоматичного зварювання $\Sigma = 1$ шт.; для механізованого зварювання $\Sigma = 1$ шт.; для ручного дугового зварювання $\Sigma = 1$ шт.);

K_o – вартість одиниці устаткування, грн. (для автоматичного зварювання вартість автомату КА002 та джерела живлення КИУ 1201 становитиме $K_o = 68540 + 70795$ грн.; для механізованого зварювання вартість КП017 та

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
						76
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

джерела живлення КИУ 501 становить $K_0 = 5800 + 15600$ грн.; для ручного дугового зварювання вартість КИУ 301 становить $K_0 = 14000$ грн.);

A_y – норма річних амортизаційних відрахувань по устаткуванню, % (для зварювального обладнання $A_y = 16,6$ %);

Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи устаткування, годин ($\Phi_e = 2002$ год.);

K_z – коефіцієнт завантаження устаткування, приймаємо $K_z = 0,8$.

Загально річні витрати на амортизаційні відрахування по устаткуванню дорівнюють $C_{a.уст.}$:

- для автоматичного зварювання:

$$C_{a.уст.} = \frac{396 \cdot 1 \cdot (68540 + 70795) \cdot 16,6}{100 \cdot 2002 \cdot 0,8} = 5718,8 \text{ грн.};$$

- для механізованого зварювання:

$$C_{a.уст.} = \frac{166 \cdot 1 \cdot (5800 + 15600) \cdot 16,6}{100 \cdot 2002 \cdot 0,8} = 368,2 \text{ грн.};$$

- для ручного дугового зварювання:

$$C_{a.уст.} = \frac{1438 \cdot 1 \cdot 14000 \cdot 16,6}{100 \cdot 2002 \cdot 0,8} = 2086,6 \text{ грн.}$$

Загальнорічні витрати на амортизаційне відрахування по устаткуванню $\sum C_{a.уст.}$:

$$\sum C_{a.уст.} = 6290,91 + 405,93 + 2294,56 = 8991,4 \text{ грн.}$$

4.4.2 Загальнорічні витрати з фонду заробітної плати

Чисельність працівників – зварників $P_{зв}$ розраховуємо за формулою:

$$P_{зв} = \frac{T_{заг.зв.}}{\Phi_0 * K_{в.н.}} \text{чол.},$$

де: для автоматичного зварювання під шаром флюсу, $T_{заг.зв.} = 396$ н-год.; для механізованого зварювання $T_{заг.зв.} = 166$ н-год.; для ручного дугового зварювання $T_{заг.зв.} = 1438$ н-год.;

Φ_d – діючий фонд робочого часу, год. ($\Phi_d = 2002$ год.);

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

$K_{в.н.}$ – коефіцієнт виконання норм, ($K_{в.н.} = 1,2$).

Для обслуговування зварювального автомату КА002 чисельність працівників складе:

$$P_{зв} = \frac{396}{2002 \cdot 1,2} = 0,16 \text{ чол.} - \text{один робітник.}$$

Для робіт на зварювальному напівавтоматі КП017 чисельність працівників складе:

$$P_{зв} = \frac{166}{2002 \cdot 1,2} = 0,06 \text{ чол.} - \text{один робітник.}$$

Автомат КА002 і КП017 може обслуговувати один зварник.

При постановці прихваток ручним дуговим зварюванням необхідно:

$$P_{зв}(p) = \frac{1438}{2002 \cdot 1,2} = 0,64 \text{ чол.} - \text{один робітник.}$$

Кількість працівників – складальників $P_{ск}$, які обслуговують ділянку складання та зварювання секцій розраховується за формулою:

$$P_{ск} = 1,8 \cdot P_{зв}, \text{ чол.}$$

$P_{зв}$ – загальна кількість зварників ($P_{зв} = 2$ чол.).

$$P_{ск} = 1,8 \cdot 2 = 4 \text{ чол.}$$

Кількість допоміжних працівників (8.25):

$$P_{доп.пр.} = 0,45 \cdot P_{осн.пр.}, \text{ чол.}$$

де $P_{осн.пр.}$ – чисельність основних працівників, яка дорівнює

$$P_{осн.пр.} = 3 \text{ чол.}$$

$$P_{доп.пр.} = 0,45 \cdot 9 = 4 \text{ робітника.}$$

Для керівництва за роботою та технологічним процесом виготовлення бортової секції необхідне 1 (один) майстер.

Чисельність працівників, які обслуговують ділянку виготовлення бортових секцій наведено в таблиці 5.6.

Заробітну плату працівників – зварників $З_{пр.зв.}$ визначимо з формули:

$$З_{пр.зв.} = r \cdot n \cdot T_{заг.зв.}, \text{ грн.}$$

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

де r – коефіцієнт середньогодинної тарифної ставки працівників – зварників 4 розряду, $r = 10$ грн.;

n – коефіцієнт додаткової заробітної плати, $n = 3$;

$T_{\text{заг.зв.}}$ – загально річний час зварювання, н-год.: для автоматичного зварювання під шаром флюсу, $T_{\text{заг.зв.}} = 396$ н-год.; для механізованого зварювання $T_{\text{заг.зв.}} = 166$ н-год.; для ручного дугового зварювання $T_{\text{заг.зв.}} = 1438$ н-год.;

Таблиця 4.6 Чисельність працівників, які обслуговують дільницю

Працівники	Чисельність, чол.
Зварники	2
Складальники	4
Допоміжні працівники	3
Майстер ділянки	1
Разом:	10

$$З_{\text{пр.зв.}} = 3 \cdot 10 \cdot (396 + 166 + 1438) = 60\,000 \text{ грн.}$$

Заробітну плату працівників-складальників визначимо за формулою:

$$З_{\text{пр.ск.}} = 1,8 \cdot З_{\text{пр.зв.}}, \text{ грн.}$$

$$З_{\text{пр.ск.}} = 1,8 \cdot 60\,000 = 108\,000 \text{ грн.}$$

Загальнорічні витрати на заробітну плату основних працівників (зварників та складальників) складатимуть:

$$\sum Z = Z_{\text{пр.зв.}} + Z_{\text{пр.ск.}} = 60\,000 + 108\,000 = 168\,000 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальне страхування визначаємо за встановленим нормативом – 37,5 % від суми загальнорічних витрат на заробітну плату.

$$C_{\text{соц.с}} = 168\,000 \cdot 0,375 = 63\,000 \text{ грн.}$$

Загальні витрати з фонду заробітної плати $\sum C_{\text{з.п.рік}}$:

$$\sum C_{\text{з.п.рік}} = 168\,000 + 63\,000 = 231\,000 \text{ грн.}$$

Технологічна собівартість на виготовлення бортових секцій при річній програмі 100 шт. $C_{\text{заг.р}}$ по пропонуємії технології складе:

$$C_{\text{заг.р.}} = C_{\text{зв.м.}} + C_{\text{з.п.}} + C_{\text{а}} = 328\,632 + 231\,000 + 8\,991,4 = 568\,623 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.7 Розрахунок загальної собівартості продукції, грн.

Найменування статей витрат	Величина показника технології, грн.
Річна програма, шт	100
Зварювальні матеріали	
Дріт Св 08А діаметром 5,0 мм	15 566
Дріт Св 10ГН діаметром 5,0 мм	15 358
Дріт Св 08Г2С діаметром 1,2 мм	5 606
Вуглекислий газ	322
Зварювальний флюс, ОСЦ 45	221 534
Електроди УОНИ 13/45	44 576
Електроенергія	25 670
Основна заробітна плата	231 000
Відрахування від заробітної плати	63 000
Амортизаційні відрахування	8 991
Технологічна собівартість річного випуску продукції C_t	568 623
Технологічна собівартість зварювання одного виробу, грн	5 686

Висновки

Проведено розрахунок собівартості зварювальних робіт при виготовленні бортових секцій корпусу баржі. Із зварювальних матеріалів найбільшу вартість має флюс ОСЦ 45. Технологічна собівартість зварювання бортової секції – 5686 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На основі проведеної роботи можна зробити наступні висновки:

Для виготовлення бортової секції, яка є складовою частиною корпусу грузового понтону, використовується сталь марки 09Г2, яка добре зварюється всіма способами зварювання.

Зварювання стикових з'єднань типу С4 без оброблення крайок рекомендуємо варити автоматичним зварюванням під шаром флюсу в один прохід на флюсо-мідній електромагнітній балці (ГОСТ 8713-79-С4-АФм) з використанням апарату КА 002 і джерела живлення КИУ 1201. Для зварювання зовнішньої обшивки використовуємо легований дріт Св 10ГН діаметром 5 мм, для зварювання балок головного напрямку дріт Св 08А, діаметром 5 мм.

Зварювання насичення і кутових з'єднань рекомендуємо варити механізованим зварюванням у CO_2 з використанням дроту марки Св 08Г2С, діаметром 1,2 мм. В якості обладнання для механізованого зварювання КП 017 і джерело живлення КИУ - 501.

Розрахунок термічного циклу показує, що при зварюванні стиків структура ЗТВ має ферито-перлітну структуру з твердістю 200 НV. При зварюванні таврових з'єднань розрахунок термічного циклу показує, що структура має підвищену твердість у ЗТВ 380 НV.

Упровадження одnobічного зварювання дозволяє:

- знизити трудомісткість виготовлення виробу;
- підвищити якість виробу;
- скоротити технологічний цикл зварювальних операцій;
- поліпшити умови праці зварників.

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сварка судовых конструкций [Текст] : учебник для вузов / Г. А. Бельчук, К. М. Гатовский, Б. А. Кох ; ред. В. Л. Руссо. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Судостроение, 1980. – 448 с..
2. Справочник по сварке [Текст] Т.3 / В. А. Винокуров и др.; ред. В. А. Винокуров. – М. : Машиностроение, 1970. – 504 с.
3. Технология и оборудование сварки плавлением [Текст] : учебник для вузов / Г. Д. Никифоров [и др.] ; ред. Г. Д. Никифоров. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 320 с.
4. Маслов, Б. Г. Производство сварных конструкций [Текст] : учебник для сред. спец. учеб. завед. / Б. Г. Маслов, А. П. Выборнов. – М. : Академия, 2007. – 252 с.
5. Рыков А.М. Расчет и выбор режима дуговой сварки и параметров швов сварных соединений [Текст] / А.М. Рыков, - Николаев: НКИ, 1980. – 40 с.
6. Шаханов, С. Б. Теория и технология сварочного производства [Текст] : учебное пособие. Вып. II. Способы сварки металлов и сплавов / С. Б. Шаханов ; Ленингр. мех. ин-т. – Л. : [б. и.], 1974. – 50 с. : граф., рис., табл. – Библиогр.: с. 48-49.
7. Китаев, А. М. Справочная книга сварщика [Текст] : справочное издание / А. М. Китаев, Я. А. Китаев. – М. : Машиностроение, 1985. – 256 с.
8. Николаев, Г. А. Сварные конструкции. Технология изготовления. Автоматизация производства и проектирование сварных конструкций [Текст] : учебное пособие для вузов / Г. А. Николаев, С. А. Куркин, В. А. Винокуров. – М. : Высшая школа, 1983. – 344 с.
9. Словарь-справочник по сварке [Текст] : справочное издание / Акад. наук УкрССР, Ин-т электросварки им. Е. О. Патона ; ред. К. К. Хренов, сост. Т. А. Кулик. – Киев : Наукова думка, 1974. – 195 с.

10. Технологическая инструкция по механизированной дуговой сварке в защитных газовых смесях на основе аргона [Текст]. – К.: Академия наук Украины. Институт электросварки им. Е.О. Патона, 1993. – 21 с.

11. Алексеев, Ю.Е., Кушнарёв, Л.Н. Оборудование для дуговой сварки под флюсом [Текст]. – Л.: Судостроение, 1977. – 128 с.

12. Шебеко, Л.П. Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки [Текст] : учебник для техн. училищ. – 3-е издание., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1981. – 249 с.

13. Куркин, С. А. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций [Текст] : атлас : учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов / С. А. Куркин, В. М. Ховов, А. М. Рыбачук. – М. : Машиностроение, 1989. – 327 с.

14. Расчеты в дипломных проектах по технологии оборудования сварочного производства [Текст]: учеб. пособие / Под ред. В.Ф. Квасницкого – Николаев: НКИ, 1991. – 89 с.

15. Савченко, В.П., Контроль качества сварки [Текст] : учебное пособие / В.П. Савченко, Ю.И. Русанов. - Николаев: НКИ, 1989. – 43 с.

16. Сварка. Резка. Контроль [Текст] : справочник : в 2 т. / Н. П. Алёшин [и др.]; под ред. Н. П. Алёшин, Г. Г. Чернышов. – М. : Машиностроение, 2004. – 165 с.

17. Зайцев, Н. Л. Экономика промышленного предприятия [Текст]: Практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. Л. Зайцев. – Электрон. дан. – М. : ИНФРА-М, 2004. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM) : цв. – (Электронная библиотека). - Систем. требования: Windows 98 и выше ; CD ROM. – 2 экз. – ББК65 3-17.

18 Карпей, Т. В. Экономика, организация и планирование промышленного производства [Текст] : учеб. пособие / Т. В. Карпей. - 4-е изд., испр. и доп. – Минск : Дизайн ПРО, 2004. – 327 с.

					ДР.131.2121ст.05.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

19. ГОСТ 8713-79. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры [Текст]. – Введ. 1981–01–01. – М.: Госстандарт Союза ССР: Изд-во стандартов, 1981.

20. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры [Текст]. – Взамен ГОСТ 14771-69. – Введ 1977–07–01. – М.: Госстандарт Союза ССР: Изд-во стандартов, 1977.

21. ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры [Текст]. – Введ. 1981–07–01. – М.: Госстандарт Союза ССР: Изд-во стандартов, 1981.

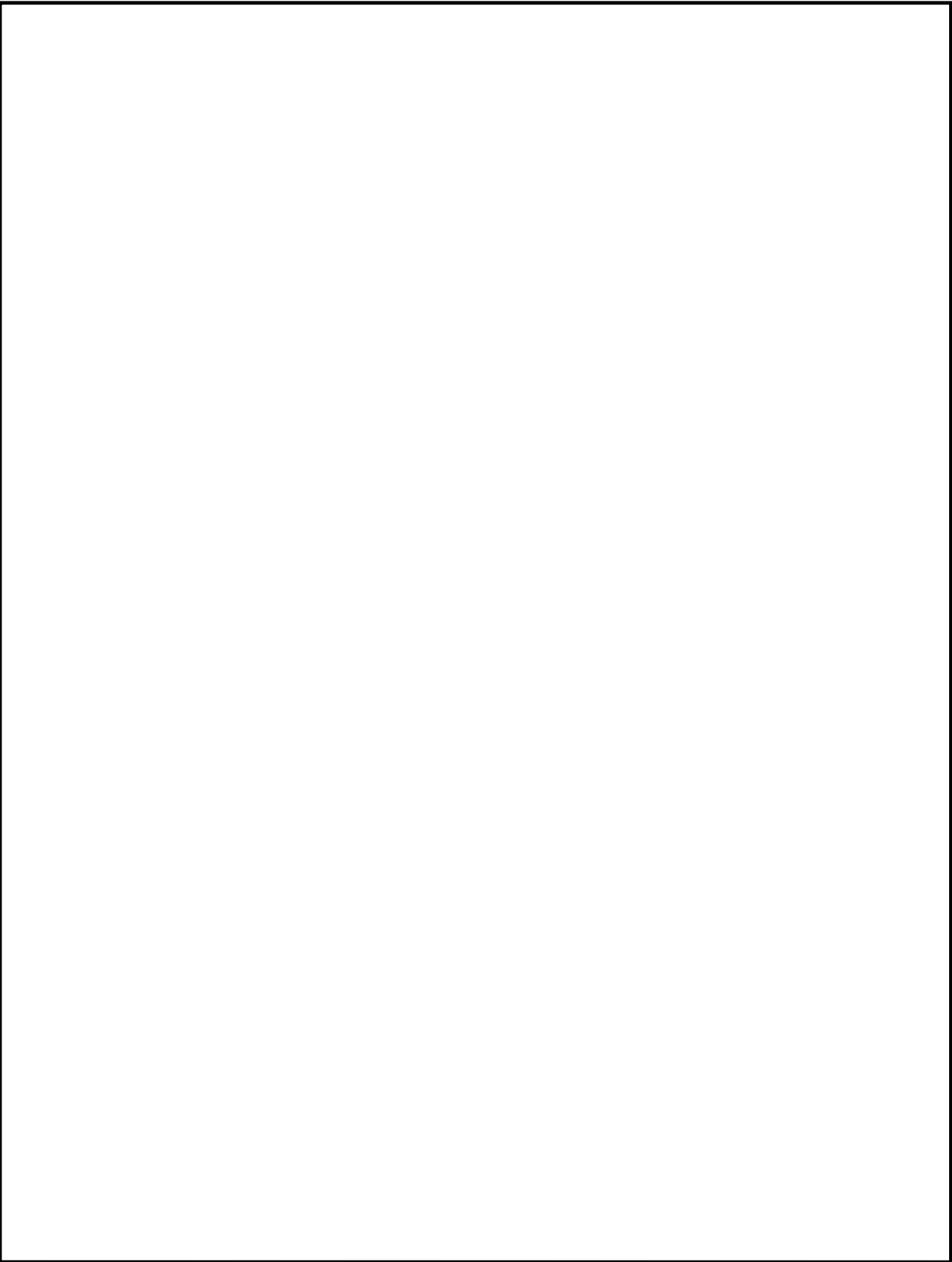
22. Голобородько Ж.Г. Автоматическая дуговая сварка в судостроении [Текст] / Ж.Г. Голобородько // Херсон: ООО и «ПКФ «Старт» ЛТД», 2011. – 233 с.

23. Верещаго Е.Н. Схемотехника инверторных источников питания для дуговой сварки [Текст]: Учебное пособие /Е.Н. Верещаго, В.Ф. Квасницкий, Л.Н. Мирошниченко, И.В. Пешков // Николаев: УГМТУ, 2000. – 323 с.

24. Єрмолаєв Г.В. Міцність зварних з'єднань [Текст]: Підручник / Г.В. Єрмолаєв // Миколаїв: НУК, 2007. – с. 220 с.

25. Костін О.М. Зварювальні матеріали [Текст]: Навчальний посібник / О.М. Костін // Миколаїв: НУК, 2004. – 364 с.

26. Карпенко А.С. Технологічне оснастка у зварювальному виробництві [Текст]: Навчальний посібник / А.С. Карпенко // К.: Арістей, 2005. –372 с.



					ДР.131.2121ст.05.00.04.ПЗ.				
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата					
Студент		Стазілов К.П.			ДОДАТОК		Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Спіхтаренко В.						85	1
Консультант							ХННІ		
Н. Контр.									
Зав.кафедр.		Єрмолаєв Г.В..							

					7.05050401.6121з.09.ДП.ПЗ.			
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата				
Студент					ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Спіхтаренко В.						1
Консультант						ХФ НУК		
Н. Контр.								
Зав.кафедр.		Драган С.В.						