

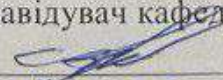
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально науковий інститут (факультет) Кораблебудівний

Кафедра Зварювального виробництва

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри


« 14 » 12 2024 р.

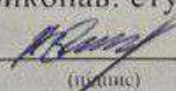
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти **«магістр»**

(погрібно зазначити)

на тему: Оптимізація технології зварювання монтажних з'єднань корпусу судна-якорекладальника

Виконав: студент 6121м групи


(підпис) **Бенюх А.А.**

Керівник роботи:
викладач, PhD

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

(підпис) **Бутурля Є.А.**

Миколаїв – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально науковий інститут (факультет) _____

Кафедра Зварювального виробництва

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма Інжиніринг зварювання та споріднених процесів

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

 Браган С.В.
(підпис)

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти «магістр» (потрібне залишити)

Студенту Бенюх Артем Андрійович

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оптимізація технології зварювання монтажних з'єднань корпусу судна-якорукладальника

Керівник роботи Бутурля Євгеній Андрійович

Затверджені наказом ректора № 1185-Уд від «12» листопада 2024 року

2. Термін подання роботи: _____

3. Вихідні дані по роботі: креслення судна, матеріал NVA-36

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів) типові методи будівництва корпусу суден, особливості технологічного процесу будівництва якорукладальника, зварювання в вуглекислому газі, зварювання стикових монтажних з'єднань корпусу судна, розподіл питомої трудомісткості робіт та метод якісного аналізу, визначення пріоритетних варіантів технологічного процесу зварювання монтажних з'єднань корпусу судна-якорукладальника, розрахунок режимів зварювання, розрахунок очікуваних зварювальних деформацій монтажних з'єднань, дослідження властивостей зварних з'єднань отриманих за перспективною технологією, аналіз небезпечних і шкідливих чинників при складально-зварювальних операціях, Розрахунок системи місцевої вентиляції у закритих приміщеннях, техніка безпеки на робочому місці при роботі з обладнанням, заходи щодо зниження впливу небезпечних і шкідливих факторів, Розрахунок економічної ефективності впровадження механізованого зварювання порошковим дротом в

5. Перелік презентаційних матеріалів 1) Особливості конструкції корпусу судна - електрододарильника; 2) Матеріал корпусу; 3) Розподіл питомої трудомісткості; 4) Варіанти технології зварювання монтажних стикового з'єднання; 5) Ієрархічна структура вибору оптимального варіанту технологічного процесу; 6) Потенційна ефективність сценарію; 7) Рентгеновське зварювання; 8) Врахування оцінюваних деформацій; 9) Дослідження властивостей зварних з'єднань; 9) Показники експлуатаційної ефективності; 10) Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Бутурля Є.А.	15.09.24	<i>[Signature]</i> 15.09.24
2	Бутурля Є.А.	11.10.24	<i>[Signature]</i> 11.10.24
3	Бутурля Є.А.	11.11.24	<i>[Signature]</i> 11.11.24
4	Бутурля Є.А.	26.11.24	<i>[Signature]</i> 26.11.24
5	Бутурля Є.А.	09.12.24	<i>[Signature]</i> 09.12.24

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз історії формування та особливостей безпечної діяльності	16.10.24	
2.	Визначення актуальності та обсягу дослідження	10.11.24	
3.	Визначення мети, завдань, об'єкта дослідження	05.11.24	
4.	Визначення предметної області дослідження	09.12.24	
5.	Визначення об'єкта дослідження	16.12.24	
6.	Визначення предметної області дослідження		
7.			
8.			
9.			
10.			

Студент

[Signature]
(підпис)

Бенюх Артем Андрійович
(ПІБ)

Керівник роботи

[Signature]
(підпис)

Бутурля Євген Андрійович
(ПІБ)

Анотація

В роботі було розглянуто методи формування корпусу судна та показники оцінювання ефективності технології складання та зварювання стикових монтажних з'єднань судна-якорекладальника. Метою роботи є розробка оптимального варіанту технології зварювання монтажних з'єднань корпусу судна з використанням методів багатокритеріальної оптимізації. Виконано дослідження впливу організаційно-технологічних показників виробництва на ефективність технологій і визначено ранги технологічних процесів у залежності від конкретних умов виробництва. Доведено, що перспективним є використання технології одностороннього механізованого зварювання на керамічних підкладках.

Ключові слова: багатокритеріальна оптимізація, технологічний процес, монтажні з'єднання, керамічна підкладка.

Annotation

The paper considers the methods of forming the ship's hull and indicators for assessing the efficiency of the technology for assembling and welding butt joints of an anchor-laying vessel. The aim of the work is to develop an optimal variant of the technology for welding the hull assembly joints using multicriteria optimisation methods. A study of the influence of organisational and technological indicators of production on the efficiency of technologies has been carried out and the ranks of technological processes have been determined depending on specific production conditions. It is proved that the use of the technology of one-sided mechanised welding on ceramic substrates is promising.

Keywords: multi-criteria optimization, technological process, assembly joints, ceramic substrate.

ЗМІСТ

ВСТУП

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ КОРОПУСУ МОНТАЖНИХ З'ЄДНАНЬ

1.1. Типові методи будівництва корпусу судна.....	11
1.2. Особливості технологічного процесу будівництва якорукладальника.....	14
1.3. Зварювання в вуглекислому газі.....	25
1.4. Зварювання стикових монтажних з'єднань корпусу судна.....	30
2 МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	

2.1. Розподіл питомої трудомісткості робіт та метод якісного аналізу.....	41
2.2. Визначення пріоритетних варіантів технологічного процесу зварювання монтажних з'єднань корпусу судна-якорукладальника.....	46
2.3. Розрахунок режимів зварювання.....	59
2.4. Розрахунок очікуваних зварювальних деформацій монтажного з'єднання.....	62

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ОТРИМАНИХ ЗА ПЕРСПЕКТИВНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ.....67

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих чинників при складально-зварювальних операціях.....	74
4.2. Розрахунок системи місцевої вентиляції у закритих приміщеннях...	76
4.3. Техніка безпеки на робочому місці при роботі з обладнанням.....	79
4.4. Заходи щодо зниження впливу небезпечних і шкідливих факторів...	80

5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗВАРЮВАННЯ ПОРОШКОВИМ ДРОТОМ В СЕРЕДОВИЩІ CO₂ НА КЕРАМІЧНІЙ ПІДКЛАДЦІ

5.1. Доцільність впровадження механізованого зварювання в середовищі CO ₂ визначається на підставі розрахунків економічної ефективності капітальних вкладень, необхідних для його впровадження.....	84
5.2. Розрахунок суми додаткових капітальних вкладень.....	86
5.3. Зниження собівартості річного випуску продукції.....	86
5.4. Зміна витрат на зварювальні матеріали.....	87
5.5. Зміна витрат на електроенергію.....	87
5.6. Зміна витрат на основну заробітну плату.....	88
5.7. Розрахунок змін витрат на додаткову заробітну плату.....	89
5.8. Розрахунок витрат на відрахування витрат на соціальне страхування.....	89
5.9. Розрахунок зміни витрат на поточний ремонт.....	90
5.10. Розрахунок зміни витрат на амортизацію.....	90
5.11. Розрахунок строку окупності додаткових капітальних вкладень і коефіцієнту економічної ефективності.....	91
5.12. Розрахунок суми річного економічного ефекту.....	92
5.13. Розрахунок зростання продуктивності праці.....	92
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	96

					131.6121м.03.05.00.ПЗ						
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата							
Разраб		Бенюх А.А.			Вступ				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір		Бутурля Є.А.									
									НУК		
Н. Контр.											
Затв.		Драган С.В.									

ВСТУП

Суднобудування є базовою галуззю для морського і річкового флоту, поставляючи їм танкери, сухо-грузи, пасажирські й рефрижераторні судна, траулери, якорейкладальники, контейнеровози та ін.

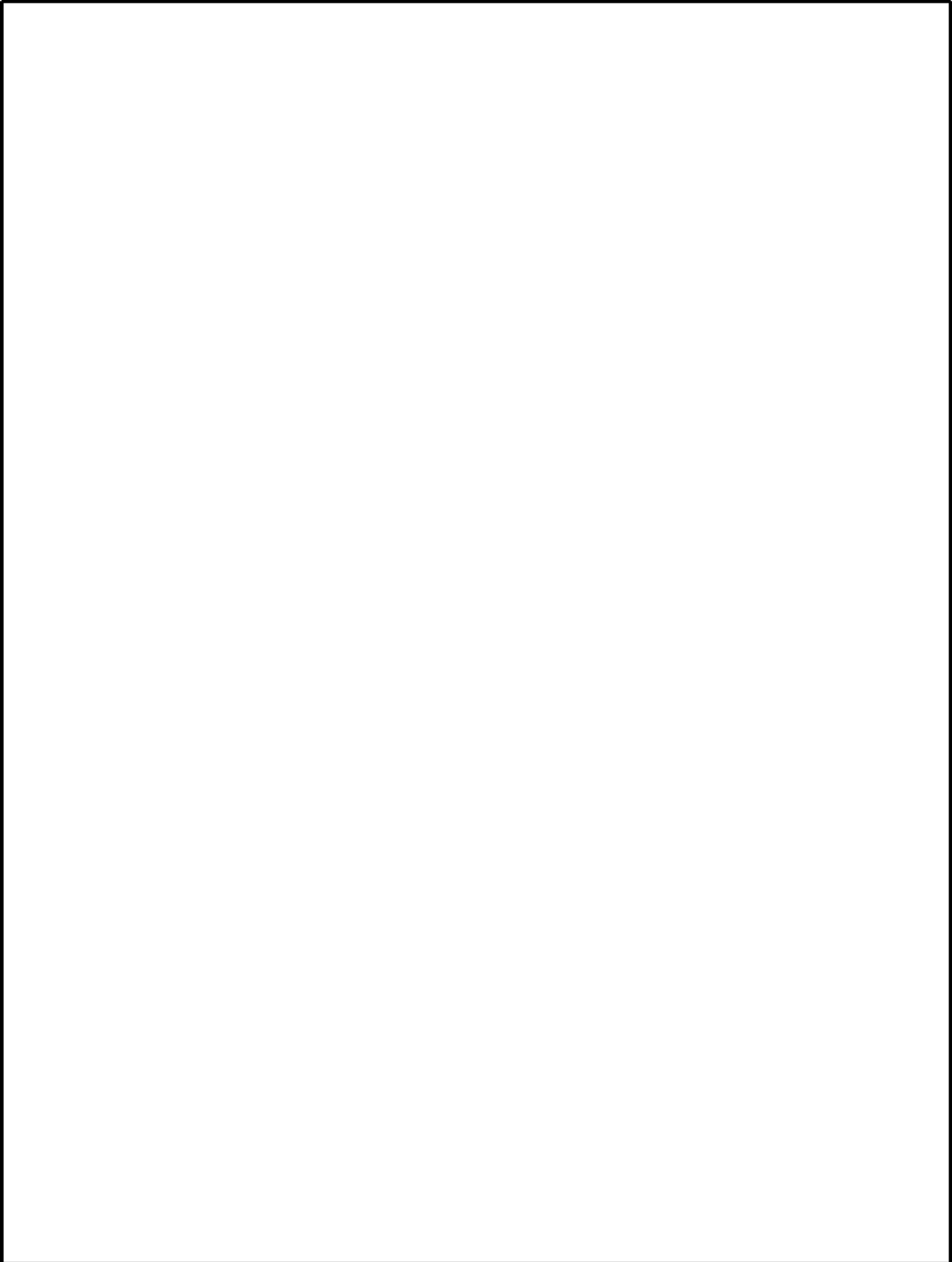
Найбільш важливий період будівництва будь-якого сучасного судна пов'язаний з будівельним місцем, де формується його корпус, монтується велика частина механізмів, систем, пристроїв, устаткування. Цей період, званий стапельним, значною мірою визначає техніко-економічні показники будівництва судна в цілому: він зв'язаний з використанням найбільш важливої частини основних фондів суднобудівного заводу (будівельних місць) і є вельми трудомістким. Трудомісткість всіх робіт, що виконуються на будівельному місці, досягає 40% загальної трудомісткості будівництва судна.

Технологія і організація робіт в стапельному періоді, а також його тривалість залежать від методу будівництва судна, способу формування його корпусу, технології і організації виконання корпусних робіт. При цьому ще на стадії технологічної підготовки виробництва виникає потреба у визначенні ефективних технологій формування корпусу, зокрема зварювання монтажних з'єднань.

Сьогодні рішення про вибір технології зварювання ґрунтується на досвіді технолога-проектанта, прийнятій на підприємстві організації зварювального виробництва та використанні парку обладнання і оснастки, які є у розпорядженні певного суднобудівного підприємства. При такому підході обрана технологія зварювання монтажних швів не завжди є оптимальною. Тому вибір оптимальної технології зварювання з урахуванням конкретних умов суднобудівної верфі являє собою задачу, актуальну для суднобудування.

Метою даної роботи є розробка оптимального варіанту технології зварювання монтажних з'єднань корпусу судна з використанням методів багатокритеріальної оптимізації.

					131.6121м.03.05.00.ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					131.6121м.03.05.01.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Разраб		Бенюх А.А.			АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ КОРОПУСУ МОНТАЖНИХ З'ЄДНАНЬ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір		Бутурля Є.А.						
						НУК		
Н. Контр.								
Затв.		Драган С.В.						

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ КОРОПУСУ МОНТАЖНИХ З'ЄДНАНЬ

1.1. Типові методи будівництва корпусу судна

Залежно від конструктивно-технологічних ознак елементів, з яких судно складають на будівельному місці, розрізняють подетальний, секційний і блоковий методи будівництва суден, а також їх комбінації [1].

Подетальний метод, що передбачає складання корпусу судна на будівельному місці з окремих деталей обшивки і набору, маса яких зазвичай не перевищує 2 – 3 т, сьогодні іноді використовується в дрібному суднобудуванні.

Основним методом будівництва суден є *секційний*. Він застосовується при будівництві суден будь-яких типів і розмірів на будівельних місцях будь-яких типів. При секційному методі корпус судна складають на будівельному місці з окремих секцій, вузлів і деталей. У міру формування замкнутих приміщень і відсіків в них виконують монтажні роботи, а також роботи по обробці і устаткуванню приміщень. Корпус судна при такому методі будівництва може формуватися пірамідальним, острівним і відсічним способами.

При пірамідальному способі корпус судна формують по довжині послідовно окремими частинами. Ці частини, куди входять всі основні конструкції – днище, борти, перегородки, палуби, формою нагадують піраміду з уступами, обмеженими окремими секціями.

Формування корпусу судна починають із складання та зварювання днищових секцій, починаючи із заставної. Якщо днищова частина судна розділена по ширині на декілька секцій, то спочатку їх зварюють між собою по пазових з'єднаннях, після чого проводять зварювання стикових з'єднань із суміжними секціями. Головні подовжні і поперечні перегородки

					131.6121м.03.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

встановлюють, складають і зварюють після закінчення всіх складально-зварювальних робіт по днищових секціях в межах даної піраміди. Встановлення, складання і зварювання бортових секцій зазвичай проводять після збирання і зварювання головних подовжніх і поперечних перегородок в даному районі піраміди. Палубні секції встановлюють, складають і зварюють після установки всіх конструкцій, які знаходяться нижче палубних, а також після завантаження механізмів, трубопроводів і пристроїв, передбачених технологічним процесом будівництва судна. Зварювання легких перегородок між собою і приварка їх до палуб повинна проводитися після встановлення і зварювання вище розташованих палуб.

У даному випадку достатньо швидко формується поперечний переріз корпусу по всій висоті при декілька сповільненому його формуванні по довжині. Пірамідальний спосіб формування корпусу має ряд недоліків: вельми обмежений фронт робіт на початку формування судна на будівельному місці; неможливість одночасно вести складально-зварювальні роботи більш ніж в двох районах, що при складанні корпусу великої довжини веде до збільшення циклу будівництва.

Острівний спосіб формування корпусу судна позбавлений вказаних вище недоліків. Корпус розбивають по довжині на декілька самостійних районів («островів») і формують їх пірамідальним способом. Кількість «островів» визначають, виходячи з конкретних особливостей судна, умов заводу, прийнятих термінів будівництва і тому подібне Після закінчення формування «островів» включно до верхньої палуби по можливості великої кількості робочих зварюють міжострівний кільцевий монтажний стик.

Острівному способу притаманні всі переваги пірамідального і разом з тим він не має недоліків останнього, тобто забезпечує значне розширення фронту складально-зварювальних і монтажних робіт, внаслідок чого скорочується цикл будівництва судна.

Блоковий метод будівництва судна сьогодні набув достатньо широкого застосування. При блоковому методі виготовлені заздалегідь блоки, починаючи із заставного, подають на будівельне місце. Як заставний застосовують блок, початок формування судна з якого забезпечує мінімальну тривалість його будівництва. В більшості випадків як заставний приймають блок машинного відділення. Зварюють монтажний стик блоків тільки після закінчення всіх складальних робіт по даному стику. Блоковий метод дозволяє розвернути широкий фронт робіт з найменшим часом знаходження судна на будівельному місці і, крім того, дає мінімальні загальні зварювальні деформації корпусу судна, оскільки в цьому випадку значно скорочується кількість і протяжність монтажних зварних швів.

Кожен блок до подачі його на будівельне місце доводять до високого ступеня готовності. При серійному будівництві суден перед початком робіт на стапелі технічна готовність судна складає близько 80%, тому для виконання однієї і тієї ж програми заводу при блоковому методі потрібно менше стапельних місць. Якщо врахувати, що пропускна спроможність стапельів в основному визначає виробничу потужність суднобудівного заводу, перевага блокового методу будівництва суден є очевидною [2].

Це судно складається комбінованим методом(рис 1.1.)



Рис.1.1 – Судно-якорекладальник VS 491 CD АНТС

1.2.Особливості технологічного процесу будівництва якорекладальника

На судноверфі здійснюється будівництво судна – якорекладальника, довжиною 91 м, корпус якого складається із секцій і блоків. Середня частина корпусу формується із секцій, а носова та кормова – із блоків (рис. 1.2).

Необхідність використання комбінованого методу пов'язана з особливостями конструкції корпусу, у якому передбачені спеціальні об'єми для розміщення технологічного обладнання для виготовлення якорів. Це обладнання встановлене в центральній частині корпусу, тому вона формується із окремих великогабаритних секцій. Секції і блоки корпусу з'єднуються між собою монтажними стиковими швами. Зварювальні роботи при формуванні корпусу судна на будівельному місці відносяться до найбільш трудомістких і відповідальних.

VS 491 CD AHTS
ANCHOR-HANDLER/TUG/SUPPLY
- clean design -

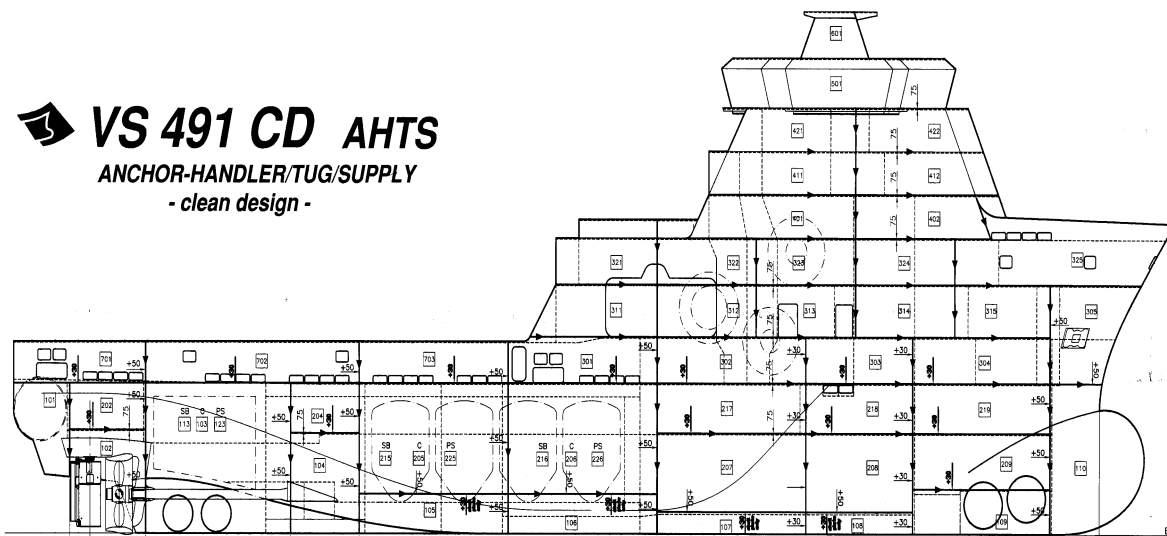


Рис. 1.2 – Корпус судна-якорукладальника пр. VS 491 CD AHTS

Монтажні з'єднання корпусних конструкцій доводиться зварювати в різних просторових положеннях. Багато швів розташовано в незручних, обмежених місцях. Всі ці особливості роблять монтажне зварювання складною операцією, яка є з використанням ручних робіт. Зварювання, зовнішньої і внутрішньої обшивки із зігнутістю, стиків і пазів настилів і бортів, а також решта швів на монтажних кромках виконується двостороннім ручним дуговим зварюванням зі струганням кореня шва. Також набуло поширення механізоване зварювання порошковим дротом [3].

Зварювання кожної встановленої на будівельному місці секції починають після її остаточної перевірки і закріплення монтажних з'єднань на прихватки або складальні гребінки. При цьому першим зварюється стик з раніше встановленою секцією, оскільки поперечний шов викликає більшу деформацію, ніж подовжній (паз).

При двосторонньому зварюванні монтажних швів оброблення кромки стикових швів виконують по палубах назовні, а по днищевій обшивці і по скулі – всередину корпусу, щоб в обох випадках забезпечити зварювання в

нижньому положенні. Оброблення кромek в бортовій частині виконується також всередині корпусу, щоб перший прохід шва виконувався зсередини корпусу судна, тоді легко забезпечити стругання кореня шва для утворення підварювальної канавки. Цим операціям, що виконуються ззовні, не перешкоджатимуть елементи набору. Відразу після виконання першого проходу шва проводять стругання підварювальної канавки і услід за цим – другий прохід (підварювальний шов) [4].

Коротка характеристика корпусу судна-якорекладальника VS 491 CD ANTS

Головні розміри:

Найбільша довжина	91,00м
Довжина між перпендикулярами	79,35м
Розрахункова ширина	22,00м
Висота борту до ГП	9,60м
Шпація	0,60м

Особливості конструкції корпусу

Судно з надбудовою і машинним відділенням в носовій частині корпусу. Силова установка двовальна, валолінія проходить по корпусу судна від редукторів в МВ (78шп) до кормової частини (3шп). Судно має два носових і два кормових підрулюючих приладів. Для перевезення рідкого бурового розчину в судно вбудовані 8 цистерн діаметром 5600мм. Також встановлюються 4 цементні цистерни в ДП під ГП. Монтаж чотирьох цементних цистерн до ДП виробляється в Норвегії.

Матеріал корпусу

Суднобудівна сталь, в основному NVA-36, представлена з сертифікатом DNV(табл 1.1.)

					131.6121м.03.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі

Вміст хімічних елементів, %									
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Al	C + Mn/6
0,16	0,77	0,2	0,026	0,021	0,05	0,02	0,03	0,049	0,29

Розбиття корпусу на блоки

Корпус судна розбит на 53 блоки. Формування об'ємних секцій виробляється на виробничих площах. Для забезпечення кантувальних і транспортних операцій виконане розбиття деяких блоків на частини:

- 102 – на 2 (верхню і нижню), з роз'ємом по пазу на 3450 від ОП;
- 103 – на 2 (верхню і нижню), з роз'ємом по 2-ій палубі на відмітці 5800;
- 106 – на 2 (106ЛБ і 106ПрБ), з роз'ємом по пазу на 850 від ДП правого борту;
- 107 – на 2 (107ЛБ і 107ПрБ), з роз'ємом 2-го днища по пазу на 1070 від ДП правого борту, а зовнішньої обшивки по пазу 1300 від ДП правого борту;
- 205 – з замовлення 05003 без складання в об'єм, з передачею повздовжніх переборок 3000 від ДП ЛБ і ПрБ і другої палуби для об'єднаного складання в об'єм блоками 215 і 225;
- 206 – з замовлення 05003 без складання в об'єм, з передачею повздовжніх переборок 3000 від ДП ЛБ і ПрБ і другої палуби для об'єднаного складання в об'єм блоками 216 і 226;
- 207 – на 3 (207ЛБ, 207 палуба і 207ПрБ), з роз'ємом по пазам на 7400 від ДП на обидва борта;

- 208 – на 4 (208ЛБ, 208 палуба, 208 вигородки і 208ПрБ), з роз'ємом по пазам палуби у ЗовБ на 8400/6815 від ДП на обидва борти, а переборки 105шп з вигородками 105-108шп – по лінії стикання до платформи на відмітці 5900 від ОП;
- 217 – на 2 (217ЛБ і 207ПрБ), з роз'ємом по існуючому пазу на 1660 від ДП лівого борту в районі 84...94шп з його продовженням як додаткового в район 74...81шп;
- 311 – деталі фундаментів під крани передати цеху, виробнику блока 321;
- 321 – на 5 (дві бортові та палубну підсекції і 2 фундаменти під крани, зібрані як цілі фундаменти з деталями палуби і деталями блока 311);
- 322 – на 3 (дві бортові та палубну підсекції), з роз'ємом переборки 7200 від ДП по існуючому пазу біля палуби на відмітці 19000;
- 323 – на 3 (дві бортові і палубну підсекції), з роз'ємом палуби по додатковому пазу на 8000 від ДП ЛБ і ПрБ, переборки 100шп по існуючому стику на 8550 від ДП.

Формування корпусу замовлення виконується двома напівкорпусами з роз'ємом пор стику 74^{+150} шп. Закладний блок №105.

Блоки 106 і 107, а також бортові блоки над ними стикувати між собою по 74^{+150} шп на прихоплення, припуск не обрізати, без виконання зварювальних робіт в забезпеченні майбутнього розстикування і передвижки напівкорпусів на стапель. Обрізання припуску виконувати на стапелі після зведення напівкорпусів.

Порядок формування корпусу.

1. Закладний блок №105.

					131.6121м.03.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2. Блоки 106ЛБ і 106ПрБ.

3. Кофердам блоку 206.

4. Блок 216.

5. Блок 226.

6. Палуба блоку 206.

7. Блок 215.

8. Блок 225.

9. Палуба блоку 205.

10. Блоки 107ЛБ і 107ПрБ.

11. Блок 108.

Продовження формування корпусу судна в ніс і корму одночасно:

12. Палуба блоку 207.

13. Блоки 207ПрБ і 207ЛБ.

14. Блок 104.

15. Блок 204.

16. Вигородка блоку 208 (переборка 105шп з вигородками 105-108шп).

17. Палуба блоку 208.

18. Блок 208ЛБ і 208ПрБ.

19. Блок 109.

20. Блок 209.

21. Блоки 217ЛБ і 217ПрБ.

22. Блок 103 (низ).

23. Блок 103(верх).

					131.6121м.03.05.01.ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. Блок 113.
25. Блок 123.
26. Блок 218.
27. Блок 219.
28. Блок 110.
29. Блоки 102 (низ) і 102 (верх).
30. Блок 202.
31. Блок 101.
32. Блок 302.
33. Блок 303.
34. Блок 301.
35. Блок 304.
36. Блок 315.
37. Блок 305.
38. Блок 325.
39. Блок 703.
40. Блок 702.
41. Блок 701.

На монтаж блоки або частини розстикованих блоків повинні подаватись повністю звареними.

Стикування блоків виконувати в наступній послідовності :

- Встановити блок по напівшироті і висоті;
- Прикреслити і прирізати монтажні крайки;

					131.6121м.03.05.01.ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Скосити крайки монтажних з'єднань;
- Встановити гребінки по настилам палуб з початком від ДП до бортів, на вертикальні крайки і ребра жорсткості.

Занурення чергового блоку при формуванні корпусу виконувати до прирізаного і постикованого блоку ярусу, з умовою виконаною на 75% зварювання нижчерозміщених і решти блоків ярусу.

Нижче буде наведений технологічний процес, який придатний для всіх проєктів суден.

Технологічна інструкція розроблена на основі вимог ОСТ 5.9914-92 «Корпусу сталевих надводних суден. Типові технологічні процеси виготовлення корпусів суден на стапелі», ОСТ 5.9092-91 «Корпуси сталевих суден. Основні положення по технології виготовлення», ОСТ 5.9079-80 «Деформації місцевих зварних корпусних конструкцій. Норми і методи контролю», ОСТ 5.9613-84 « Корпуси металевих надводних суден. Перевірочні роботи при виготовленні на будівельному місці», ОСТ 5.9324-89 «Корпуси металевих суден. Технічні вимоги до перевірочних робіт при виготовленні вузлів і секцій», РД 5.0241-91 « Безпека праці при будівництві і ремонті суден. Вимоги безпеки», РД 5.0532-85 «Галузева система метрологічного забезпечення, метрологічне забезпечення підготовки виробництва. Основні положення».

Підготовка крайок під зварювання повинна виконуватись згідно вимог ОСТ 5.9092-91, СТП 140-217-2004. Зварювані крайки деталей повинні бути зачищеними від олії, вологи, окалини, іржі, фарби і інших забруднень. Місця під встановлення марок поглиблень зачистити до металевого блиску. На ділянках, недоступних для зачистки, а також при тривалій перерві між складанням і початком зварювання або, на відкритих майданчиках після зачистки крайок, коли утворюється наліт іржі, допускається прогрівання крайок ацетилено-кисневим полум'ям. Місця зачистки і заміри зачищеної

					131.6121м.03.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

поверхні з'єднань, що стикуватимуться повинні відповідати ОСТ 5.9092-91. Цинкові покриття перед складанням повинні бути очищені на ширину не менш ніж 20мм від шва.

Для зменшення місцевих зварювальних деформацій(домиків) по криволінійним монтажним стикам конструкцій корпусу необхідно перед зварюванням надавати цими стиками пружний вигин в сторону опуклості конструкції корпусу за допомогою гребінок з клинами. Примітка: застосовувати для днищових секцій в районі скули.

Закріплення деталей при складанні конструкцій під зварювання повинно виконуватись за допомогою електроприхоплень (жорстке закріплення) або еластичних кріплень(гребінок, гідро-талрепів, гідро-домкратів та ін.). Параметри електроприхоплень повинні відповідати вказівкам ОСТ 5.9092-91 табл.. По кінцях стикованих деталей або конструкцій слід виконувати по 2-3 посилені прихоплення довжиною 50-70мм при відстані між ними 50-150мм. Прихоплення, як правило, слід розташовувати зі сторони протилежної тій, з якої починається зварювання з'єднання. В ділянках перетину з'єднань забороняється розташовувати прихоплення на відстані менш ніж 50мм від шва, який виконується в першу чергу.

Встановлювані при складанні еластичні кріплення повинні забезпечувати вільне укорочення зварних з'єднань в площині зварюваних листів і протидіяти розвитку кутових деформацій. Для забезпечення вільної усадки поперечних зварних з'єднань необхідно поперечні з'єднання складати на електроприхопленнях, а повздовжні, в районі монтажною шпациї – на гребінках, в решті частині – на електроприхопленнях. Гребінки при складанні необхідно встановлювати паралельно один одному і під кутом 45 ° до осі шва(кут встановлення контролюється дерев'яним шаблоном), як правило, зі сторони, зворотній виконання першого проходу зварного шва, з приварюванням їх до обох листів, що стикуються. Гребінки залишати до остаточного закінчення виконання зварювальних робіт.

					131.6121м.03.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Основний напрям зварювання кільцевих стиків корпусу судна повинно бути: по ширині – від ДП до бортів, по висоті – від вертикального кіля і верхньої палуби до району нейтральної осі (середини висоти судна).

Порядок складання:

1. Встановити днищеву секцію;
2. Встановити переборки (вигородки);
3. Встановити палуби (нижню і верхню);
4. Здати об'єм складання ОТК

Порядок зварювання:

1. Зварити стики переборок;
2. Зварити переборки (повздовжні і поперечні) між собою і приварити їх до другого дна;
3. Зварити бортові секції з днищевими. Зварювання пази виконувати від середини в ніс і корму, доварити недоварені кінці по набору, приварити набор до другого дна, вистругати корінь шва по зовнішній обшивці і підварити пази. Якщо бортова секція в корпус встановлюється з двох частин, то їх необхідно зварювати в першу чергу;
4. Приварити переборки до бортових секцій.
5. Приварити палубні секції і приварити їх до переборок. Якщо днищева секція складається з підсекцій по довжині або по ширині, то їх необхідно зварити між собою в першу чергу, послідовність зварювання наступна:
 - а) зварити зовнішню обшивку і настил другого дна з внутрішньої і зовнішньої сторони;
 - б) зварити стики повздовжнього або поперечного набору;
 - в) доварити недоварені кінці по набору.

Допускається виконувати зварювання обшивки і настилу другого дна тільки з внутрішньої сторони, після чого зварити набор.

Характеристика зварних з'єднань

Спільна довжина монтажних з'єднань, виконуваних на стапелі в корпусі судна якореукладальника, складає біля 30000м. При цьому довжина стикових швів – 7500м, а довжина таврових швів – 22500м.

Підготовка монтажних швів під зварювання виконується газокисневим різанням за допомогою газо-полум'яних механізованих установок типу «Контур» або подібних.

Зварювання зовнішньої і внутрішньої обшивки з загином виконується на керамічних підкладках марки СВМ D.I. Cera 8061. Зварювання стиків зовнішньої і внутрішньої обшивки, стиків і пазів настилів і бортів на монтажних кромках виконуються напівавтоматичним зварюванням зі струганням. Таврові шви конструкцій товщиною до 12мм виконуються з V-образним скосом крайок. При товщині вище 12мм виконується К-образний скіс крайок. Стикові з'єднання переважно виконуються механізованим зварюванням з V- образним скосом крайок на формуючих підкладках. Якщо товщина листів перевищує 40мм, то стикові з'єднання бажано виконувати з Х-образним скосом крайок.

Формуючі керамічні підкладки повинні щільно прилягати до поверхні зварюваних крайок з обов'язковим поєднанням повздовжньої осі підкладки і осі скошу крайок. При зварюванні особливу увагу слід приділити першому (кореневому) проходу, який повинен забезпечити провар обох крайок з одночасним формуванням зворотної сторони шва, попередній прохід повинен повністю зачищатись від силікатних плівок і бризок металу і проковуватися.

Застосовуються наступні зварювальні матеріали: зварювальні електроди ИТС-40; електроди для стругання Esab ArcAir CutSkill DC.

					131.6121м.03.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

1.3. Зварювання в вуглекислому газі

Механізоване зварювання в захисних газах і сумішах на основі аргону в наш час є основним технологічним процесом зварювання в суднобудівництві.

Механізоване зварювання у вуглекислому газі є добре освоєним технологічним процесом і може здійснюватися в широкому діапазоні режимів, практично на всіх типах сталей. Для механізованого зварювання створено достатньо досконале зварювальне обладнання, як спільного, так і спеціального призначення.

Механізоване зварювання у вуглекислому газі в суднобудуванні застосовується для зварювання усіх марок корпусних сталей при виготовленні суднових конструкцій без обмежень. Застосування цього способу призначене для заміни ручного зварювання штучним електродом. Варто зазначити, що розробкою форсованих режимів зварювання цей спосіб практично витіснив механізоване зварювання під флюсом. Успішне, широке впровадження механізованого зварювання у вуглекислому газі в суднобудуванні обумовлено відомими перевагами цього способу:

- високим маневруванням процесу і обладнання;
- забезпеченням зварювання у всіх просторових положеннях;
- високою якістю зварювання і високими механічними властивостями зварних з'єднань;
- збільшення продуктивності праці в 1,5...2,5 рази в порівнянні з ручним зварюванням.[5]

За останні роки в механізованому зварюванні у вуглекислому газі виникли окремі вдосконалення, які сприяли її ще більш широкому впровадженню в суднобудуванні. Ці вдосконалення ґрунтуються в основному на двох положеннях. Стабільний процес зварювання при задовільному формуванні шва може бути забезпечене в широкому діапазоні режимів зварювання і діаметрів зварювального дроту[6]. Стійкий режим зварювання досягається при певних відношеннях $I_{зв}/U_d$, а кількість наплавленого металу може достатньо регулюватися величиною вильоту електроду. Оптимальним

					131.6121м.03.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

відношенням $I_{зв}/U_d$ для стикових швів являються 17...21, а для кутових швів – 15...19.

Ґрунтуючись на цьому, було запропоновано зварювання на форсованих режимах і застосуванні підвищеного вильоту електрода. Використання цих заходів призначене для зварювання в нижньому положенні. При зварюванні в положеннях, що в відрізняються від нижнього, об'єм зварювальної ванни, який може утриматися на металі без стікання, обмежує можливості підвищення продуктивності зварювання у вуглекислому газі.

Для механізованого зварювання у вуглекислому газі в суднобудуванні знаходять застосування напіваавтомати, як спільного призначення, так і спеціалізовані. В якості джерел живлення застосовуються в основному однопостові та багато-постові зварювальні випрямлячі.

Одностороннє механізоване зварювання. Цей спосіб зварювання розроблений для монтажних стиків і також для з'єднань з обмеженою доступністю зі зворотної сторони. Він передбачає застосування для формування зі зворотної сторони шва спеціальних формуючих приладів(підкладок), як правило, разового використання, але широкого застосування він не отримав через складнощі, пов'язані з встановленням підкладок, їх жорсткістю, а також існуючими випадками їх пригорання до шву.

Тому в суднобудуванні сьогодні отримало поширення зварювання на керамічних підкладках, які призначені, головним образом, для зварювання стикових з'єднань секцій і блоків корпусів суден замість ручного, механізованого зварювання у вуглекислому газі, автоматичного зварювання під флюсом зі стельовим підварюванням кореня шва.

При використанні звичайних способів зварювання зварювання монтажних з'єднань виконується по наступній технології. Виконується підварювання зворотної сторони в стельовому положенні ручним зварюванням, потім виконується стругання кореня шва з лицьової сторони і зварювання його одним з застосованих в суднобудуванні способів зварювання.

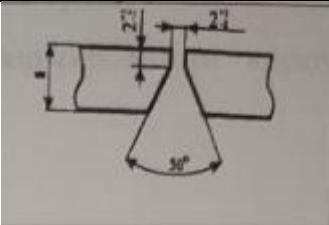
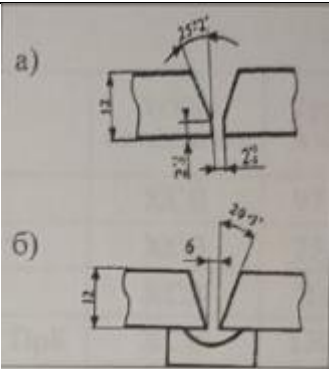
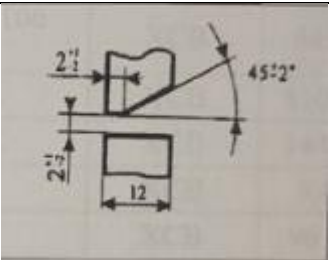
При зварюванні на підкладках складання стику виконується на гребінках з регламентованим скосом крайок і зазором в стику. Зі зворотної сторони шва встановлюються керамічні підкладки і притискаються до крайок за допомогою обушків та клинів, магнітних притискачів або алюмінієвої фольги покритої клеєм постійної липкості. У виробничих умовах іноді складальні гребінки виготовляють у вигляді скоб, встановлюють, зі зворотної сторони стику і використовують як кріплення підкладок за допомогою клинів. В такому випадку установка спеціальних обушків не потребується. Стикування підкладок під стиком, що зварюється виконується їх щільним притисканням вручну. Механізоване зварювання на підкладах виконується у вуглекислому газі дротом діаметром 1,2...1,6 мм. Зварювання в нижньому положенні виконується кутом назад($\alpha = 10 \dots 20^\circ$), при цьому дуга повинна бути над наплавленим металом передньої частини зварювальної ванни. При наплавленні дуги на підкладку можливі її обриви через ізолюючі властивості.

Зварювання кореневого проходу виконується без поперечних коливань. При виконанні шва на формуючих підкладках характерними дефектами являються несучільності в місцях зупинок і відновленні зварювання через труднощі переплавлення кратера шва з наявною рихлістю і шлаком. Щоб уникнути цього при зупинці та закінченні зварювання, кратер повинен бути заварений на пониженому режимі($I_{\text{св}} = 80 \dots 100 \text{ А}$, $U_{\text{д}} = 20 \dots 22 \text{ В}$) зі зміною напрямлення зварювання на зворотне з перекриттям шва на 20...30мм.

При поновленні зварювання починається на раніше накладеному шві на 20...30мм від кінця шва. На цій ділянці для забезпечення хорошого переплавлення в місці попередньої зупинки зварювання виконується на підвищеному режимі. У випадку, якщо в районі кратера присутній шлак, він повинен бути видалений. Змінення режиму зварювання як і у випадку заварки кратера, так і при відновленні зварювання виконується за допомогою встановленого в джерелі живлення приладу « гарячий старт». Подача сигналу на прилад здійснюється натисканням кнопки, встановленої на зварювальному пальнику. В таблиці 1.2. представлені режими механізованого зварювання.

					131.6121м.03.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Таблиця 1.2 – Режими механізованого зварювання в CO₂ порошковим дротом стикових з'єднань

Положення шва в просторі	Товщина деталей, мм	Сила струму, А	Напруга на дузі, В	Підготовка крайок під зварювання
Нижнє: кореневий шов заповнюючі проходи лицевий шов	4...16	170 220 250	20 23 27	
Вертикальне: кореневий шов заповнюючі проходи лицевий шов	6...24	140...160 190...210 220...230	22 24 26	
Горизонтальне: корневий шов заповнюючі проходи лицевий шов	6...24	150...160 180...200 200...220	20 22 26	

В таблиці 1.3. представлені режими механізованого зварювання на керамічних підкладках

Таблиця 1.3 – Режими механізованого зварювання на керамічних підкладках

Простор. положення	Товщина металу,мм	№ проходу	Зазор, мм	Діаметр електроду,мм	Зварювальний струм, А	Напруга на дузі, В
нижнє	8...10	1	3...4	1,2	160...180	24...25
		2		1,2...1,6	180...240	24...28
	12...14	1	3...5	1,2	160...180	24...25
		2...3		1,2...1,6	200...240	26...28
	16...18	1	4...6	1,2	180...200	25...27
		2...4		1,2...1,6	220...260	26...30
	20...22	1	4...6	1,2	180...200	25...27
		2...5		1,2...1,6	220...260	26...30
горизонтальне	8...10	1	3...4	1,2	140...160	
		2		1,2...1,6	160...180	
	12...14	1	3...5	1,2	140...160	
		2		1,2...1,6	160...180	
	16...18	3	4...6	1,2	140...160	
		1		1,2	160...180	
	20...22	2...3	4...6	1,2...1,6	180...240	
		4		1,2	160...180	
		1	4...6	1,2	160...180	
		2...4		1,2...1,6	220...260	
		5		1,2	160...180	

При виконанні вертикальних швів техніка зварювання дещо відрізняється. Задовільне формування зворотної сторони шва при деякому тренуванні зварювальника може бути отримане. При виконанні вертикального шва зварювання виконується з поперечними коливаннями. Основною важкістю при вертикальному механізованому зварюванні на підкладках заварювання кратера шва при закінченні зварювання або випадкових зупинках. Унаслідок особливості формування шва при вертикальному

зварюванні в кратері виникає глибока усадочна сила, яку не вдається переплавити або заварити при закінченні зварювання. У місці поновлення зварювання може також бути місцеве різке зменшення посилення зворотної сторони шва.

Усунення усадкової раковини може бути отримано за рахунок зменшення об'єму зварювальної ванни при закінченні зварювання шляхом короткочасного зниження режиму описаним вище способом. При поновленні зварювання кратер шва повинен бути перекритий на 15...20мм. Усунення зменшення посилення зворотної сторони шва досягається шляхом зниження швидкості зварювання в місці з'єднання ділянок шва. Виконання вертикальних швів без дефектів потребує спеціального тренування зварювальника.

1.4. Зварювання стикових монтажних з'єднань корпусу судна

В корпусі судна шви стикових з'єднань по протяжності складають всього 12,5...17,6%, однак вони несуть основну відповідальність за життєдіяльність судна[7]. Для забезпечення якості стикових швів, виконуваних на монтажі корпусу судна різними способами, класифікаційні товариства пред'являють підвищені вимоги. Найбільш поширеним способом монтажного зварювання є зварювання в захисних газах з вільним або примусовим формуванням шва[8, 9, 10]. При виборі та обґрунтуванні оптимального варіанту технології зварювання судна на стапелі інженеру-технологу доводиться враховувати конкретні умови верфі, стан технічних, економічних і організаційних показників виробництва.

До технічних показників слід віднести:

- освоєну технологію складання та зварювання корпусних конструкцій;
- наявність в достатньому об'ємі сертифікованого зварювального та іншого технічного обладнання та оснастки;
- наявність достатнього контингенту атестованих електро-зварювальників потрібної кваліфікації;

- наявність необхідної номенклатури зварювальних матеріалів, сертифікованих класифікаційними товариствами (Регістр, Ллойд, DNV та ін.).

Основним економічним фактором-показником ефективності технологічного процесу зварювання є його технологічна собівартість, яка включає в себе витрати на зварювальні матеріали, заробітну плату, електроенергію і амортизаційні відрахування по обладнанню.

Організаційні показники виробництва проявляються у тому, що при виборі оптимальної технології зварювання інженер-технолог повинен враховувати не тільки поточний стан зварювального виробництва, але і його оперативні та перспективні задачі. Таке різноманіття факторів, часто взаємосуперечливих, ускладнює технологу вибір найкращої структури технологічного процесу зварювання даного типу конструкції. Так, наприклад, підвищення продуктивності зварювання і скорочення тривалості технологічного процесу в умовах стапелю потребують застосування нових зварювальних матеріалів, більш продуктивного обладнання, а це пов'язано з додатковими матеріальними затратами, що приводить до збільшення технологічної собівартості процесу.

При розробці технології зварювання повинні бути враховані тип та розмір судової корпусної конструкції, конструктивні елементи та розміри швів зварних з'єднань, просторове положення зварних швів, метод та послідовність складання корпусу, застосовуване обладнання тощо. В даній ситуації прийняття оптимального рішення повинно ґрунтуватися на розгляді багатьох прийнятних варіантів зварювання і виборі бажаного варіанта технології з використанням методів багатокритеріальної оптимізації. Задача визначення оптимального варіанта зварювання являється актуальною не тільки для суднобудівних верфей, але і для судноремонтних заводів, які займаються ремонтом на реновацією суден.

Прийняття рішення про оптимальність при багатоваріантності технологічних процесів зварювання корпусних конструкцій пов'язане з

					131.6121м.03.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

необхідністю врахування великої кількості критеріїв оптимальності. В такому випадку, як і при газовому різанні на стапелі, доцільно використовувати деяку узагальнену цільову функцію W_i , що враховує вплив усіх обраних критеріїв оптимальності. При складанні такої узагальненої функції і автоматизованому виборі на її основі оптимального варіанту технологічного процесу слід встановити спільні і локальні критерії оптимізації, які охоплюють все або більшість показників ефективності технології зварювання. Обов'язковою умовою при цьому являється співпадіння цілей оптимізації – наприклад, мінімізація як узагальненої, так і складових її локальних функцій і під-локальних цільових функцій[11,12].

Покажемо процедуру вибору оптимального варіанта технологічного процесу зварюванні при автоматизованому розрахунку показників, характеризуючих ефективність технології зварювання.

На першому етапі складається більшість можливих варіантів технологічного процесу зварювання для визначення типу зварного з'єднання корпусної конструкції. При цьому необхідно проаналізувати і ввести в базу даних інформацію про конструктивні типи і розміри зварних швів, параметри режимів зварювання, зварювальні матеріали, обладнання, необхідних робочих професіях тощо. Так, наприклад, зварювання стикових з'єднань настилу палуби, бортової обшивки і підкріплюючого набору при формуванні корпусу судна блоковим методом можна виконати по 9 варіантам технологічного процесу(табл.1.4 і 1.5).

При цьому наряду з традиційно застосовуваними технологіями, доцільно розглянути і технології, які використовуються на передових суднобудівних підприємствах України і далекого зарубіжжя. Такі технології передбачають застосування одностороннього зварювання в захисних газах на монтажних формуючих підкладках. використання в якості захисного середовища суміші газів на основі аргону, застосування порошкового дроту і комбінованих способів зварювання [13,14,15,9].

При виборі конкуруючих варіантів технології слід мати на увазі, що орієнтація суднобудування України на експортні замовлення обумовила необхідність виконання більш жорстких вимог до підготовки поверхонь зварних швів під фарбування.

Фірми, які займаються фарбуванням суден і які дають судновласникам високі гарантії на лакофарбові покриття, вимагають відповідній підготовці поверхонь зварних конструкцій. Але, як показує досвід виконання таких робіт, доведення поверхні до необхідної якості пов'язано з високими матеріальними та трудовими затратами. Застосування механізованого зварювання в захисних газах суцільним або порошковим дротом знижую ці затрати[10] Коваленко драган].

На другому етапі, для об'єктивності оцінки і порівняння технологій між собою, обирається ряд показників – критеріїв оптимальності – основні і додаткові цільові функції, а також, при необхідності, під-локальні функції.

В якості основних локальних функцій, характеризуючих i -й варіант технології зварювання обираються дві: технологічна собівартість 1 п.м. шва стикового з'єднання з урахуванням усіх необхідних операцій ($C_{tex.i}$) і трудомісткість усіх операцій, включаючи стругання кореня шва і післязварювальне зачищення навколошовної зони під фарбування ($T_{зв.спільн.i}$), при чому головною служить перша функція, а друга використовується як допоміжна.

Таблиця 1.4 – Варіанти технології зварювання стикового з'єднання настилу палуби

Варіант технологічного процесу	Перелік операцій процесу
ТП 1	1. Ручне дугове зварювання (ММА) в стельовому положенні. 2. Стругання кореня шва.

	3. Заповнення фаски ручного дугового зварювання (ММА) в нижньому положенні
ТП 2	1. Одностороннє зварювання вітчизняним дротом Св-08Г2С в CO ₂ (MAG) на формуючій підкладці
ТП 3	1. Механізоване зварювання дротом Св-08Г2С в CO ₂ (MAG) на формуючій підкладці. 2. Заповнення фаски автоматичним зварюванням (SAW)
ТП 4	1. Ручне дугове зварювання (ММА) в стельовому положенні. 2. Заповнення фаски автоматичним зварюванням (SAW)
ТП 5	1. Механізоване зварювання дротом Св-08Г2С в CO ₂ (MAG) в стельовому положенні. 2. Стругання кореня шва. 3. Механізоване зварювання в CO ₂ (MAG) в нижньому положенні
ТП 6	1. Механізоване зварювання дротом Св-08Г2С в CO ₂ (MAG) в стельовому положенні. 2. Автоматичне підварювання шва (SAW)
ТП 7	1. Одностороннє зварювання порошковим дротом MEGAFIL- 713R в CO ₂ (MAG) на підкладці
ТП 8	1. Одностороннє зварювання порошковим дротом MEGAFIL- 713R в суміші Ar + CO ₂ (MIG) на підкладці
ТП 9	1. Одностороннє зварювання дротом IS-10 в CO ₂ (MAG) на підкладці

Таблиця 1.5 – Варіанти технології зварювання монтажного стикового з'єднання бортової обшивки або набору

Варіант технологічного процесу	Перелік операцій процесу
ТП 1	1. Ручне дугове зварювання (ММА). 2. Газове стругання кореня шва. 3. Заповнення оброблення після стругання ручним дуговим зварюванням (ММА)
ТП 2	1. Механізоване зварювання дротом Св-08Г2С в середовищі CO ₂ (MAG). 2. Газове стругання кореня шва. 3. Заповнення оброблення після стругання (MAG)
ТП 3	1. Механізоване зварювання в суміші газів (80% Ar + 20% CO ₂) дротом Св-08Г2С (MIG). 2. Газове стругання кореня шва. 3. Заповнення оброблення після стругання (MIG)
ТП 4	1. Механізоване зварювання порошковим дротом MEGAFIL-713R в суміші газів (MIG). 2. Газове стругання кореня шва. 3. Заповнення оброблення після стругання (MAG)
ТП 5	1. Механізоване зварювання порошковим дротом MEGAFIL-713R в суміші газів (MIG). 2. Газове стругання кореня шва. 3. Заповнення оброблення після стругання (MIG)
ТП 6	1. Механізоване зварювання дротом Св-08Г2С в CO ₂ на підкладці (MAG). 2. Заповнення оброблення механізованим способом (MAG)

ТП 7	1. Механізоване зварювання дротом Св-08Г2С в суміші газів на підкладці (MIG). 2. Заповнення оброблення механізованим способом (MIG)
ТП 8	1. Механізоване зварювання порошковим дротом MEGAFIL-713R в середовищі CO ₂ на підкладці (MAG). 2. Заповнення оброблення механізованим способом (MAG)
ТП 9	1. Механізоване зварювання порошковим дротом MEGAFIL-713R в суміші газів (80% Ar + 20% CO ₂) (MIG). 2. Заповнення оброблення механізованим способом (MIG)

На третьому етапі розраховуються значення локальних цільових функцій для всіх обраних варіантів технологічного процесу зварювання. При цьому для розрахунків використовуються відповідні вихідні дані та враховуються фактичні показники організації виробництва (коефіцієнт основного часу a_0 і коефіцієнт завантаження обладнання k_3). Ці показники можуть бути визначені за результатами обстеження суднобудівних підприємств.

Для розрахунку додаткових цільових функцій складають переліки робітничих професій, устаткування і технологічних операцій, необхідних для реалізації цього варіанта технологічного процесу, і виконують їхню градацію (табл. 1.6.).

Далі, на четвертому етапі встановлюються коефіцієнти значущості кожної локальної функції. Для цього доцільно використовувати методи експертних оцінок [16].

На п'ятому етапі здійснюється перехід від розмірних значень кожної локальної функції до безрозмірних (нормованих) її значень з урахуванням коефіцієнта значущості [17].

На шостому етапі обчислюють значення узагальненої цільової функції W_i , кожного варіанта технології шляхом підсумовування нормованих значень локальних функцій і виконують їх ранжування. При цьому оптимальному варіанту присвоюється перший ранг.

Розрахунок технологій зварювання реалізується відповідно до блок-схеми алгоритму (рис. 1.3), що дає змогу оцінити зміну ефективності кожного варіанта технології в разі зміни організаційно-технологічних чинників виробництва, які характеризуються коефіцієнтами a_0 та k_3 .

Автоматизація процедури розрахунку, порівняння узагальнених цільових функцій і вибору оптимального варіанта зварювання підвищує ефективність технологічної підготовки зварювального виробництва в суднобудуванні. Однак слід зазначити, що розроблений алгоритм оптимізації може бути використаний для вибору оптимального варіанта технології зварювання в певний період часу, коли відомі об'єми робіт, фінансово-економічне становище підприємства, його оперативні задачі, а також вартість зварювальних матеріалів, обладнання, величини ставок при оплаті праці. При зміні будь-якого фактору вихідні дані підлягають коректуванню.

Таблиця 1.6 – Перелік і градація складових додаткових цільових функцій

Додаткові функції	Перелік найменувань складових	Коефіцієнт градації
Робочі професії по видам робіт N_p	Електрозварник ручного дугового зварювання (ММА) для виконання робіт в стельовому положенні	1,0
	Електрозварник ММА для виконання робіт в вертикальному положенні	0,8

	Електрозварник механізованого зварювання в середовищі захисних газів (MIG/MAG) для виконання робіт в стельовому положенні	1,0
	Електрозварник MIG/MAG для виконання робіт в стельовому положенні	0,8
	Газорізальник для виконання робіт по струганню кореня шва в стельовому і вертикальному положеннях	0,8
	Слюсар по зачищенню поверхні шва і навколошовної зони механізованим способом	0,4
Обладнання, необхідне для виконання технологічного процесу $N_{об}$	Багатопостове джерело живлення для ММА (ВДМ-1202)	1,0
	Баластний реостат (РБ-300)	0,2
	Напівавтомат для зварювання MIG/MAG (ПДГ-322)	0,5
	Джерело живлення для зварювання MIG/MAG (ВС-300Б)	0,5
	Стругач газового зварювання	0,1
	Обладнання для механізованого зачищення поверхні шва навколошовної зони від зварювальних бризок	0,2
Технологічні операції і умови їх виконання $N_{он}$	Дугове зварювання (ММА + MIG/MAG) в стельовому положенні в закритому приміщенні	1,0+0,2 ^{*)}
	Дугове зварювання (ММА + MIG/MAG) в вертикальному положенні на відкритому повітрі	0,8
	Дугове зварювання (ММА + MIG/MAG) в стельовому положенні на відкритому повітрі	1,0

	Дугове зварювання (MMA + MIG/MAG) в вертикальному положенні в закритому приміщенні	0,9
	Газове стругання кореня шва в стельовому і вертикальному положеннях	0,8
	Механізоване зачищення шва і навколошовної зони від зварювальних бризок	0,4 ^{**)}

Примітка. ^{*)} 0,2 – враховує умови зварювання в закритому приміщенні;
^{**)} при двосторонньому зварюванні.

Виходячи з наведених питань, метою даного дипломного проекту є розробка оптимального варіанту технології зварювання монтажних з'єднань корпусу судна з використанням методів багатокритеріальної оптимізації. Для досягнення даної мети були поставлені такі завдання:

1. Визначити розподіл питомої трудомісткості робіт;
2. Провести метод якісного аналізу;
3. Визначити оптимальний варіант технології зварювання;
4. Визначити пріоритетний варіант технологічного процесу зварювання монтажних з'єднань корпусу судна-якорейкладальника;
5. Визначити оптимальні режими зварювання та очікувані деформації;
6. Дослідити властивості отриманих зварних з'єднань з використанням запропонованої технології.

Рішення цих завдань дозволить забезпечити підвищення продуктивності праці, знизити трудомісткість робіт і забезпечити одержання технологічної конструкції.

					131.6121м.03.05.02.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Разраб		Бенюх А.А.			Методика оцінювання ефективності зварювальних технологій та вибору оптимального варіанту технологічного процесу	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір		Бутурля Є.А.						
						НУК		
Н. Контр.								
Затв.		Драган С.В.						

2 МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

2.1. Розподіл питомої трудомісткості робіт та метод якісного аналізу

Сучасний стан вітчизняної суднобудівної галузі характеризується наявністю одиничних замовлень на будівництво суден і обмежується, в основному, рамками судно-корпусного виробництва, складовою частиною якого є складально-зварювальні роботи, що реалізуються як на стадії вузлового і секційного складання, так і на стапелі.

Так, узагальнений розподіл питомої трудомісткості монтажних складально-зварювальних робіт можна характеризувати такими показниками: розмічально-перевірочні роботи 7-10%; підгоночні 12-17%; складальні 24-41%; зварювальні 25-46%; правильні 7-8% [18]. Виконаний аналіз трудомісткості робіт при будівництві судна якореукладальника за даними планово-облікової документації судноверфі дозволив визначити відповідний розподіл за видами робіт (рис. 2.1) при монтажі бортових і днищових секцій.

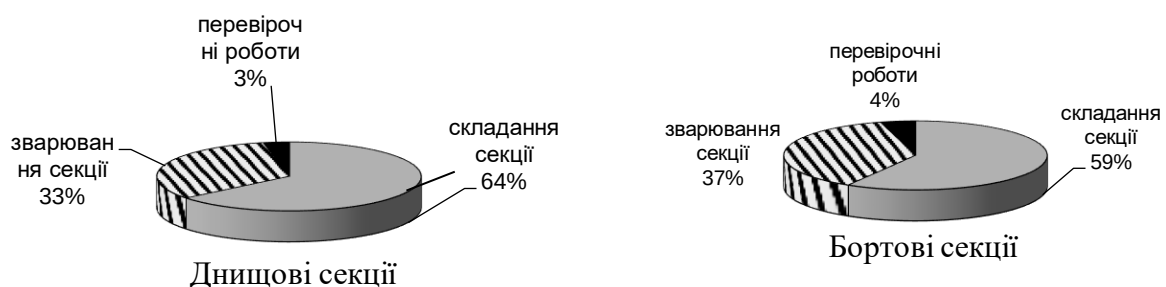


Рис. 2.1. Розподіл питомої трудомісткості за видами робіт при формуванні корпусу якореукладальника

Через складність конструкцій секцій, обумовлених специфічним призначенням судна, переважаючими за трудомісткістю є складальні та зварювальні роботи і тому саме вони визначають високу собівартість

будівництва корпусу судна. До головних причин, які сприяють підвищенню трудомісткості зварювання, можна віднести наступні: використання ручного та механізованого зварювання з необхідністю стругання кореня шва, значний обсяг допоміжних робіт, зв'язаних з післязварювальним зачищенням зварних з'єднань від бризок металу перед фарбуванням, застосування малопродуктивного фізично і морально застарілого устаткування тощо. Зрозуміло, що найбільш простим шляхом скорочення трудомісткості і тривалості виробничих процесів, а отже, і собівартості будівництва корпусу судна є підвищення технічного і організаційного рівнів технологічної підготовки виробництва. Для вдосконалення технологічної підготовки зварювального виробництва доцільно застосувати нові підходи до оцінювання ефективності технологічних процесів зварювання монтажних з'єднань та вибору оптимального варіанту технології.

На ранніх стадіях технологічної підготовки виробництва оптимальний варіант технології зварювання оперативно може бути визначений шляхом якісного порівняння і аналізу всіх прийнятних варіантів.

В даній роботі використано підхід до аналізу ефективності зварювальних технологій у суднобудуванні, ґрунтований на методах теорії прийняття рішень. Цей підхід передбачає оцінювання ефективності варіантів технології зварювання монтажних з'єднань шляхом порівняння певних якісних та кількісних показників, які характеризують рівень організації виробництва, обладнання та матеріали, що використовуються для реалізації технологічного процесу.

Розглянемо основні положення метода якісного аналізу.

Основу цього метода складає сценарний підхід і процедура прийняття рішення в умовах невизначеності [12].

Сценарний підхід не є строгим математичним описом проблемних ситуацій, проте дозволяє формувати безліч альтернативних варіантів розвитку ситуації і проводити якісний аналіз внеску кожного з них в досягненні мети.

Стосовно до задачі визначення оптимального варіанту технології зварювання методика цільового оцінювання сценаріїв-альтернатив (варіантів технології) передбачає виконання наступних дій:

- побудова ієрархічної структури цілей шляхом послідовної декомпозиції головної мети на підпорядковані підцілі;
- визначення ступеня досягнення цілей і коефіцієнтів впливу підцілей на досягнення безпосередніх надцілей;
- розрахунок для елементів ієрархії ступеня досягнення цілей і визначення на цій основі інтегрального показника ефективності сценаріїв.

Декомпозиція головної мети на підпорядковані підцілі представлена на рис. 2.2.. Тут головна мета позначена символом “0” і може бути реалізована шляхом виконання сукупності підцілей (1, 2, 3) і (11, 12, 21, 22, 23, 31, 32, 33), що спираються на проекти Пр1, Пр2, Пр3, які виступають у якості альтернатив.

Зв'язки відображаються стрілками, які виходять з підцілей і входять в надціль. Таким чином, в представленому графові завжди є шлях, який веде з підцілі в надціль, а головна мета є надціллю всіх цілей, що входять в ієрархію.

При побудові схеми декомпозиції мети використовуються наступні позначення: d_i – ступінь досягнення i -ої мети; $\overline{w}_{ij}$ – коефіцієнт впливу j -ої підцілі на досягнення i -ої надцілі [12].

Наприклад, $\overline{w}_{(1)11}$ – коефіцієнт впливу мети 11 на досягнення мети 1; S_k – інтегральний показник відносної ефективності варіантів (проектів).

Показник досягнення мети визначається наступним чином:

$$d_i = \begin{cases} 0, & \text{якщо можливість досягнення мети відсутня} \\ 1 & \text{при повному досягненні мети} \\ 0 < d_i < 1 & \text{в інших випадках} \end{cases} \quad (2.1)$$

Коефіцієнти впливу підцілей на досягнення цілей ω_{ij} можуть бути визначені експертним шляхом [17]. При цьому слід виконати операцію їх нормування таким чином, щоб сума окремих коефіцієнтів впливу підцілей на відповідну надціль дорівнювала $\sum_{i=1}^n \omega_{ij} = 1$. Ступінь d_i досягнення верхньої мети визначається виразом:

$$d_i = \begin{cases} \sum_j \omega_{ij} d_j, & \text{якщо } \sum_o \omega_{io} d_o \leq 1 \\ 1, & \text{якщо } \sum_o \omega_{io} d_o > 1 \end{cases}$$

(2.2.)

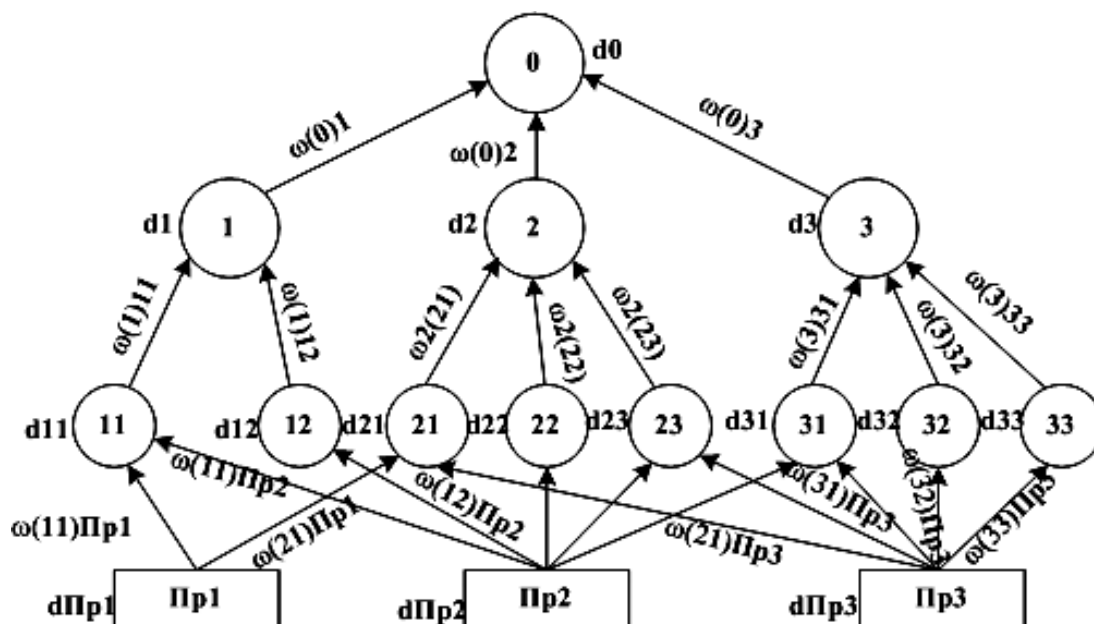


Рис. 2.2. Декомпозиція головної мети на підпорядковані підцілі

Потенційна ефективність S_k сценарію визначається інтегральним показником виду:

$$S_k = \sum_{l^{(k)} \in L_{ok}} \prod_{h \in l^{(k)}} \omega_h$$

(2.3.)

де L_{ok} – безліч простих шляхів $l^{(k)}$ між елементом ієрархії, який позначає

головну мету, і елементом, який позначає базовий проект Пр_k k -ої альтернативи; символ h позначає шлях; $\Pi \varpi_h$ – добуток окремих коефіцієнтів впливу уздовж цього шляху.

Для ієрархії, представленої на рис. 2.2, можна записати наступні вирази для S_k :

$$\begin{aligned} S_1 &= (\omega_{(0)1} \cdot \omega_{(1)11})_{\text{Пр}1} + (\omega_{(0)2} \cdot \omega_{(2)21})_{\text{Пр}1}; \\ S_2 &= (\omega_{(0)2} \cdot \omega_{(1)11} \omega_{(11)})_{\text{Пр}2} + (\omega_{(0)1} \cdot \omega_{(1)12} \omega_{(12)})_{\text{Пр}2} + (\omega_{(0)2} \cdot \omega_{(2)22} \omega_{(22)})_{\text{Пр}2} + \\ &+ (\omega_{(0)2} \cdot \omega_{(2)23} \omega_{(23)})_{\text{Пр}2} + (\omega_{(0)3} \cdot \omega_{(3)31} \omega_{(31)})_{\text{Пр}2}; \\ S_3 &= (\omega_{(0)2} \cdot \omega_{(2)1})_{\text{Пр}3} + (\omega_{(0)2} \cdot \omega_{(2)23} \omega_{(23)})_{\text{Пр}3} + (\omega_{(0)3} \cdot \omega_{(3)31} \omega_{(31)})_{\text{Пр}3} + \\ &+ (\omega_{(0)3} \cdot \omega_{(3)32} \omega_{(32)})_{\text{Пр}3} + (\omega_{(0)3} \cdot \omega_{(3)33} \omega_{(33)})_{\text{Пр}3} \end{aligned} \quad (2.4.)$$

Підстановка числових значень ϖ_{ij} дозволяє отримати кількісні оцінки ефективності порівнюваних альтернатив.

Оцінювання ефективності технологій та вибір оптимального варіанту з більш точним визначенням показників можна виконати шляхом використання методики багатокритеріальної оптимізації [19]. Сутність цієї методики полягає в наступному.

Вибір оптимального варіанту технології базується на автоматизованому розрахунку узагальненої цільової функції – критерію оптимізації.

При визначенні узагальненої функції, що характеризує ефективність даного варіанту технології, обов'язковою умовою є збіг цілей оптимізації – мінімізація цільової функції і локальних цільових функцій, тобто узагальнена цільова функція мінімізується, якщо мінімізуються всі локальні цільові функції. Для об'єктивності оцінки і порівняння варіантів, згідно методики, вибрано деяку узагальнену функцію, встановлюються коефіцієнти значимості (ваги) кожної локальної функції. Критерій оптимізації узагальненої функції W_i розраховується за формулою

$$W_i = \sum_{i=1}^n a_i x_i \rightarrow \min \quad (2.5)$$

					131.6121м.03.05.02.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

де a_i – коефіцієнт значимості кожної локальної функції, визначається методом експертних оцінок [17]; X_i – безрозмірна форма локальної функції; n – кількість локальних функцій в узагальненій цільовій функції.

Перехід від розмірних значень локальних функцій до безрозмірних (нормованих) здійснюється за наступним правилом:

$$x_i = \frac{X_i}{X_i^{\max}} \quad (2.6)$$

де X_i – розмірне значення локальної функції, що характеризує заданий параметр технологічного процесу в конкретних виробничих умовах; $X_i^{\max}$ – максимальне значення даного параметра.

Для кожного варіанту технології обчислюється значення узагальненої цільової W_i функції шляхом підсумовування нормованих значень локальних функцій. Результати розрахунку зводяться в підсумкову таблицю, в якій кожному варіанту автоматично присвоюється ранг, відповідний значенню узагальненої цільової функції. Оптимальному варіанту привласнюється перший ранг.

2.2. Визначення пріоритетних варіантів технологічного процесу зварювання монтажних з'єднань корпусу судна-якорекладальника

Для вибору перспективного варіанту зварювання монтажних з'єднань типових конструкцій корпусу: палуб, бортів, днища та ін., був виконаний аналіз зварювальних технологій, що застосовуються при будівництві судна якорекладальника на судноверфі. У якості конкурентних варіантів технології зварювання стикових з'єднань були розглянуті 11 варіантів, які можуть бути застосовані при монтажі палуб, бортів, перебірок та днища якорекладальника (табл. 2.6). При цьому варіант ТП 0 був прийнятий за базовий, а варіанти ТП 9, ТП 10, ТП 11 не вважаються конкурентами для решти варіантів тому, що такі технології можна застосовувати лише для монтажних швів палубних секцій.

					131.6121м.03.05.02.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Конку rentними є варіанти ТП 1 – ТП 8 (табл. 2.1).

Для попереднього визначення пріоритетних варіантів технології зварювання монтажних з'єднань у якості головної мети (рис. 2.1.) вибрано скорочення технологічної собівартості 1-го погонного метра зварювального шва, а підцілями вищого рівня, що дозволяють реалізувати головну мету, є [19]:

- зниження трудомісткості основних (зварювальних) і допоміжних операцій;
- скорочення кількості операцій технологічного процесу;
- скорочення кількості робочих професій, що беруть участь в технологічному процесі
- скорочення витрат на зварювальні матеріали, устаткування і технологічне оснащення.

Як підцілі нижчого рівня, що дозволяють реалізувати підцілі вищого рівня, прийняті:

- застосування зварювального дроту суцільного перерізу;
- застосування у якості захисного середовища CO₂;
- застосування у якості захисного середовища газової суміші Ar+CO₂;
- застосування порошкового дроту;
- застосування монтажних формуючих підкладок при виконанні односторонніх швів.

Таблиця 2.1 – Варіанти технології зварювання монтажного стикового з'єднання

Номер варіанта (альтернативи)	Перелік операцій технологічного процесу
ТП 0 (базовий)	1. Ручне дугове зварювання (ММА) електродами марки ИТС – 4С. 2. Стругання кореня шва. 3. Заповнення оброблення після стругання з іншої сторони.
ТП 1	1. Механізоване зварювання (MAG) дротом Св08Г2С в середовищі CO ₂ . 2. Газове стругання кореня шва. 3. Заповнення оброблення після стругання з іншої сторони MAG.
ТП 2	1. Механізоване зварювання (MIG) дротом Св08Г2С в суміші газів (80%Ar + 20% CO ₂). 2. Газове стругання кореня шва. 3. Заповнення оброблення після стругання з іншої сторони MIG.
ТП 3	1. Механізоване зварювання (MAG) порошковим дротом Hyundai Supercored 71H у середовищі CO ₂ . 2. Газове стругання кореня шва. 3. Заповнення оброблення після стругання з іншої сторони MAG.
ТП 4	1. Механізоване зварювання (MIG) порошковим дротом Hyundai Supercored 71H у суміші газів. 2. Газове стругання кореня шва.
ТП 5	Механізоване однобічне зварювання (MAG) дротом Св08Г2С в CO ₂ на монтажній керамічній підкладці.
ТП 6	Механізоване однобічне зварювання (MIG) дротом Св08Г2С в суміші газів (80% Ar + 20% CO ₂) на монтажній керамічній підкладці.
ТП 7	Механізоване однобічне зварювання (MAG) порошковим дротом Hyundai Supercored 71H у середовищі CO ₂ на монтажній керамічній підкладці.
ТП 8	Механізоване однобічне зварювання (MIG) порошковим дротом марки Hyundai Supercored 71H у суміші газів (80% Ar + 20% CO ₂) на монтажній керамічній підкладці.

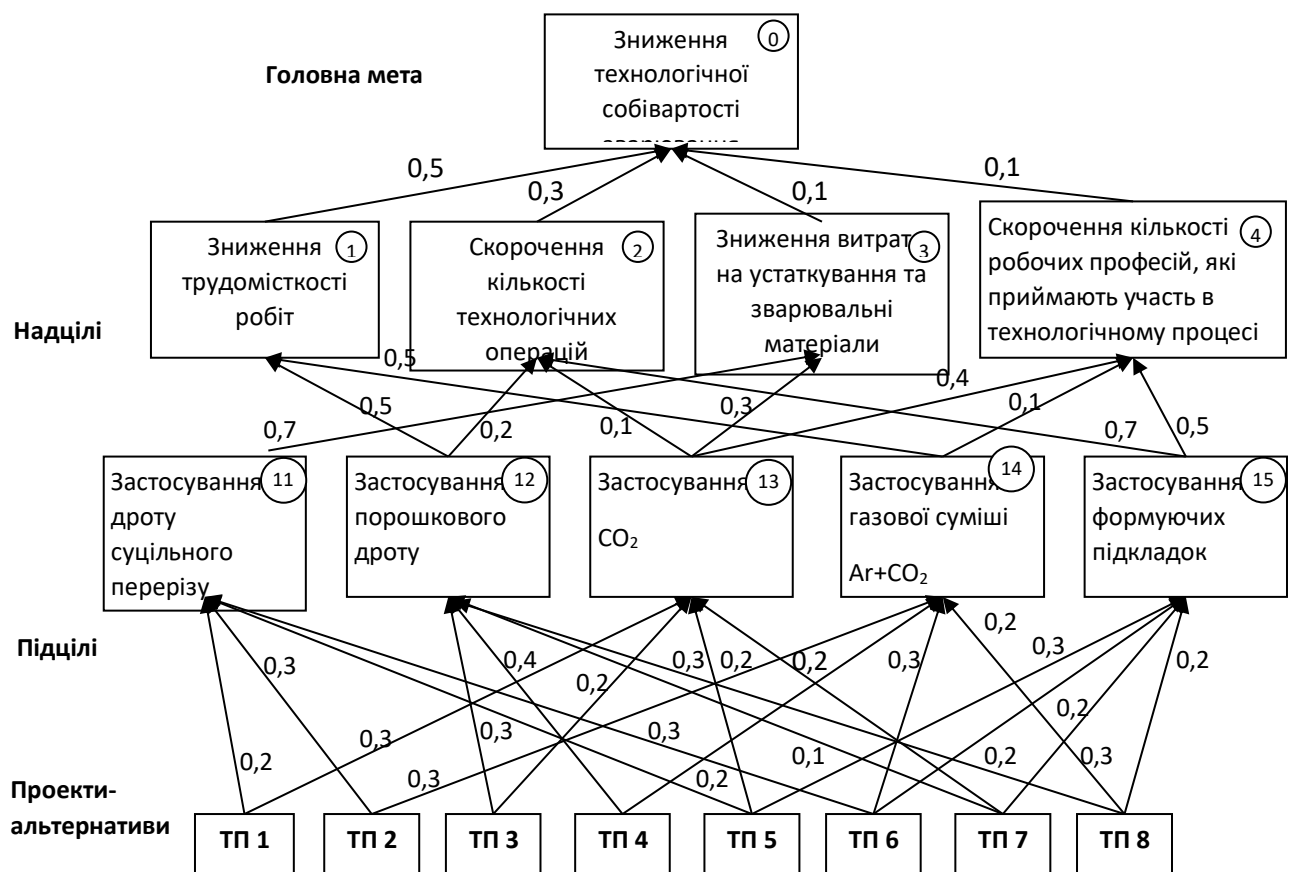


Рис. 2.1. Ієрархічна структура задачі вибору оптимального варіанту технологічного процесу з використанням сценарного підходу

Аналіз зв'язків даної ієрархії дозволяє записати вираз (2.2.) для показників досягнення цілей d_i у наступному вигляді:

$$d_{\text{П}1} = \begin{cases} d_{11} = 1 \\ d_{12} = 0 \\ d_{13} = 1 \\ d_{14} = 0 \\ d_{15} = 0 \end{cases}, \quad d_{\text{П}2} = \begin{cases} d_{11} = 1 \\ d_{12} = 0 \\ d_{13} = 0 \\ d_{14} = 1 \\ d_{15} = 0 \end{cases}, \quad d_{\text{П}3} = \begin{cases} d_{11} = 0 \\ d_{12} = 1 \\ d_{13} = 1 \\ d_{14} = 0 \\ d_{15} = 0 \end{cases}, \quad d_{\text{П}4} = \begin{cases} d_{11} = 0 \\ d_{12} = 1 \\ d_{13} = 0 \\ d_{14} = 1 \\ d_{15} = 0 \end{cases}$$

$$d_{\text{III}5} = \begin{cases} d_{11} = 1 \\ d_{12} = 0 \\ d_{13} = 1 \\ d_{14} = 0 \\ d_{15} = 1 \end{cases},$$

$$d_{\text{III}6} = \begin{cases} d_{11} = 1 \\ d_{12} = 0 \\ d_{13} = 0 \\ d_{14} = 1 \\ d_{15} = 1 \end{cases},$$

$$d_{\text{III}7} = \begin{cases} d_{11} = 0 \\ d_{12} = 1 \\ d_{13} = 1 \\ d_{14} = 0 \\ d_{15} = 1 \end{cases},$$

$$d_{\text{III}8} = \begin{cases} d_{11} = 0 \\ d_{12} = 1 \\ d_{13} = 0 \\ d_{14} = 1 \\ d_{15} = 1 \end{cases}$$

$$d_{11} = \begin{cases} d_1 = 0 \\ d_2 = 0 \\ d_3 = 1 \\ d_4 = 0 \end{cases},$$

$$d_{12} = \begin{cases} d_1 = 1 \\ d_2 = 1 \\ d_3 = 0 \\ d_4 = 0 \end{cases},$$

$$d_{13} = \begin{cases} d_1 = 0 \\ d_2 = 1 \\ d_3 = 1 \\ d_4 = 1 \end{cases},$$

$$d_{14} = \begin{cases} d_1 = 1 \\ d_2 = 0 \\ d_3 = 0 \\ d_4 = 1 \end{cases},$$

$$d_{15} = \begin{cases} d_1 = 0 \\ d_2 = 1 \\ d_3 = 0 \\ d_4 = 1 \end{cases}$$

Попереднє ранжирування альтернатив (технологічних процесів) з урахуванням ступенів d_i досягнення верхньої ієрархічної мети має наступний вид: $\text{ТП}_1 > \text{ТП}_2 > \text{ТП}_4 > \text{ТП}_3 > \text{ТП}_6 > \text{ТП}_8, \text{ТП}_5, > \text{ТП}_7$.

Для більш точного ранжирування були підраховані значення інтегральних показників для технологій, укладених у круглі дужки, як, наприклад:

$$S_{\text{III}_1} = 0,2 \cdot 0,7 \cdot 0,1 + 0,3 \cdot 0,1 \cdot 0,3 + 0,3 \cdot 0,3 \cdot 0,1 + 0,3 \cdot 0,4 \cdot 0,1 = 0,044$$

$$S_{\text{III}_2} = 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,1 + 0,3 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 0,3 \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 0,099$$

$$S_{\text{III}_3} = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 0,3 \cdot 0,2 \cdot 0,3 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,3 + 0,2 \cdot 0,3 \cdot 0,1 + 0,2 \cdot 0,4 \cdot 0,1 = 0,113$$

$$S_{\text{III}_4} = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 0,4 \cdot 0,2 \cdot 0,3 + 0,2 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 0,176$$

$$S_{\text{III}_5} = 0,2 \cdot 0,7 \cdot 0,1 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,3 + 0,2 \cdot 0,3 \cdot 0,1 + 0,2 \cdot 0,4 \cdot 0,1 + 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,3 + 0,3 \cdot 0,5 \cdot 0,1 = 0,112$$

$$S_{\text{III}_6} = 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,1 + 0,3 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 0,3 \cdot 0,1 \cdot 0,1 + 0,2 \cdot 0,7 \cdot 0,3 + 0,2 \cdot 0,5 \cdot 0,1 = 0,151$$

$$S_{\text{III}_7} = 0,1 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,3 + 0,3 \cdot 0,1 \cdot 0,3 + 0,3 \cdot 0,3 \cdot 0,1 + 0,3 \cdot 0,4 \cdot 0,1 + 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,3 + 0,3 \cdot 0,5 \cdot 0,1 = 0,139$$

$$S_{\text{III}_8} = 0,2 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 0,2 \cdot 0,2 \cdot 0,3 + 0,2 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,1 + 0,2 \cdot 0,7 \cdot 0,3 + 0,2 \cdot 0,5 \cdot 0,1 = 0,166$$

Коефіцієнти впливу підцілей на досягнення цілей ω_{ij} при цьому визначені експертним шляхом (табл. 2.2, 2.3, 2.4), а перевірка їхньої погодженості виконана по методу Манна-Уїтні, як це описано в [20].

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти впливу проектів на підцілі (11-15)

Технологічний проект	ТП1	ТП2	ТП3	ТП4	ТП5	ТП6	ТП7	ТП8
Підціль								
Застосування дроту суцільного перерізу	0,2	0,3			0,2	0,3		
Застосування порошкового дроту			0,3	0,4			0,1	0,2
Застосування CO ₂	0,3		0,2		0,2		0,3	
Застосування газової суміші Ar + CO ₂		0,3		0,2		0,3		0,2
Застосування формуючих підкладок					0,3	0,2	0,3	0,2

Таблиця 2.3 – Коефіцієнти впливу підцілей (11-15) на надцілі (1 – 4)

Підціль	Застосування дроту суцільного перерізу	Застосування порошкового дроту	Застосування CO ₂	Застосування газової суміші Ar + CO ₂	Застосування формуючих підкладок
Надціль					
Зниження трудомісткості		0,5		0,5	
Скорочення кількості		0,2	0,1		0,7

технологічних операцій					
Зниження витрат на устаткування та зварювальні матеріали	0,7		0,3		
Скорочення кількості робочих професій			0,4	0,1	0,5

Таблиця 2.4 – Коефіцієнти впливу надцільей (1 – 4) на головну мету

Надціль	Зниження трудомісткості	Скорочення кількості технологічних операцій	Зниження витрат на устаткування та зварювальні матеріали	Скорочення кількості робочих професій
Головна мета				
Зниження технологічної собівартості	0,5	0,3	0,1	0,1

Після підстановки чисельних значень ω і розрахунку за допомогою електронних таблиць MS Excel були отримані шукані кількісні оцінки ефективності S для розглянутих альтернатив (табл. 2.5).

У таблиці 2.6. представлені результати розрахунку значень узагальнених функцій W_i і основних цільових функцій (технологічної собівартості $C_{\text{тех.}}$ і трудомісткості T_n зварювання одного погонного метра шва) для типових

корпусних конструкцій з можливими варіантами технології зварювання на монтажі.

Аналіз рангів узагальнених функцій показав, що для розглянутих типів корпусних конструкцій переважають варіанти технології одностороннього зварювання на монтажних підкладках, причому із-за низької вартості дроту суцільного перерізу вітчизняного виробництва найбільш переважні способи зварювання з її використанням. Проте, при порівнянні рангів по трудомісткості, виграш дають варіанти із застосуванням порошкового дроту, в наслідок скорочення витрат на післязварювальну зачистку зварних з'єднань. Разом з тим, висока вартість порошкового дроту підвищує технологічну собівартість технології і наближає її до собівартості способів двостороннього зварювання.

Таблиця 2.5 – Ранжирування альтернативних технологічних процесів за значенням інтегрального показника

Варіант технологічного процесу (альтернативи)	Значення інтегрального показника S	Ранг варіанта
ТП 1	0,044	1
ТП 2	0,099	2
ТП 3	0,113	4
ТП 4	0,176	8
ТП 5	0,112	3
ТП 6	0,151	6
ТП 7	0,139	5
ТП 8	0,166	7

У розглянутому аналізі розрахунки велися при $a_0 = 0,5$; $k_3 = 0,5$; $\delta = 12$ мм.

Програма розрахунку передбачає при формуванні підсумкової таблиці можливість зміни товщини деталей δ , а також значень коефіцієнтів основного часу операції a_0 і завантаження устаткування k_3 в межах від нуля до одиниці. При цьому автоматично перераховуються ранги варіантів технології. Для аналізу структури узагальненої цільової функції, впливу коефіцієнтів на її величину та залежності собівартості і трудомісткості операцій від товщини деталей програма дає можливість для кожного варіанту технологічного процесу зварювання побудувати відповідні графіки (рис. 2.2, 2.4, 2.5, 2.6) і вибрати з їх допомогою оптимальне поєднання вказаних коефіцієнтів для умов конкретного підприємства.

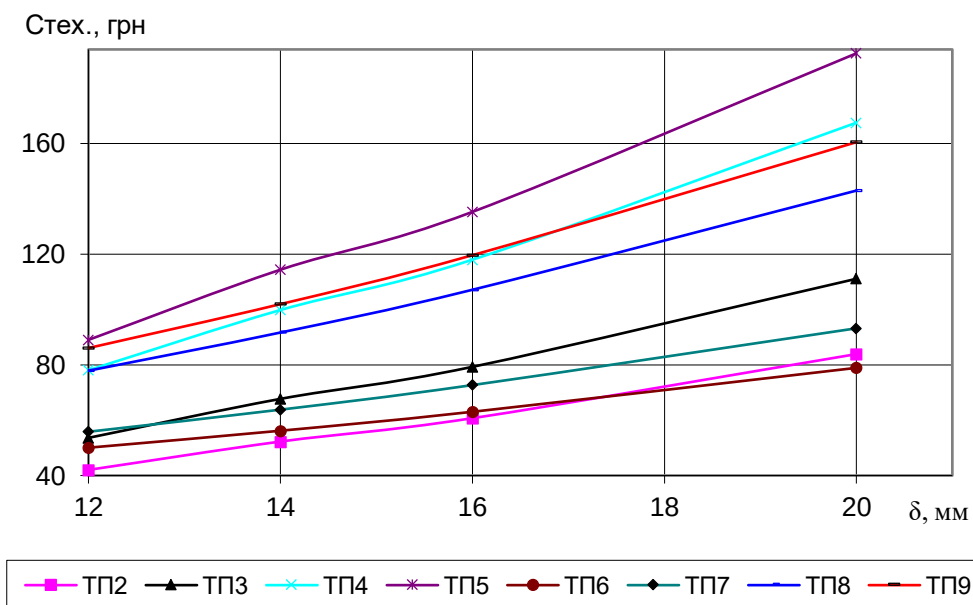


Рис. 2.2. Вплив товщини деталей на технологічну собівартість при виконання зварних робіт

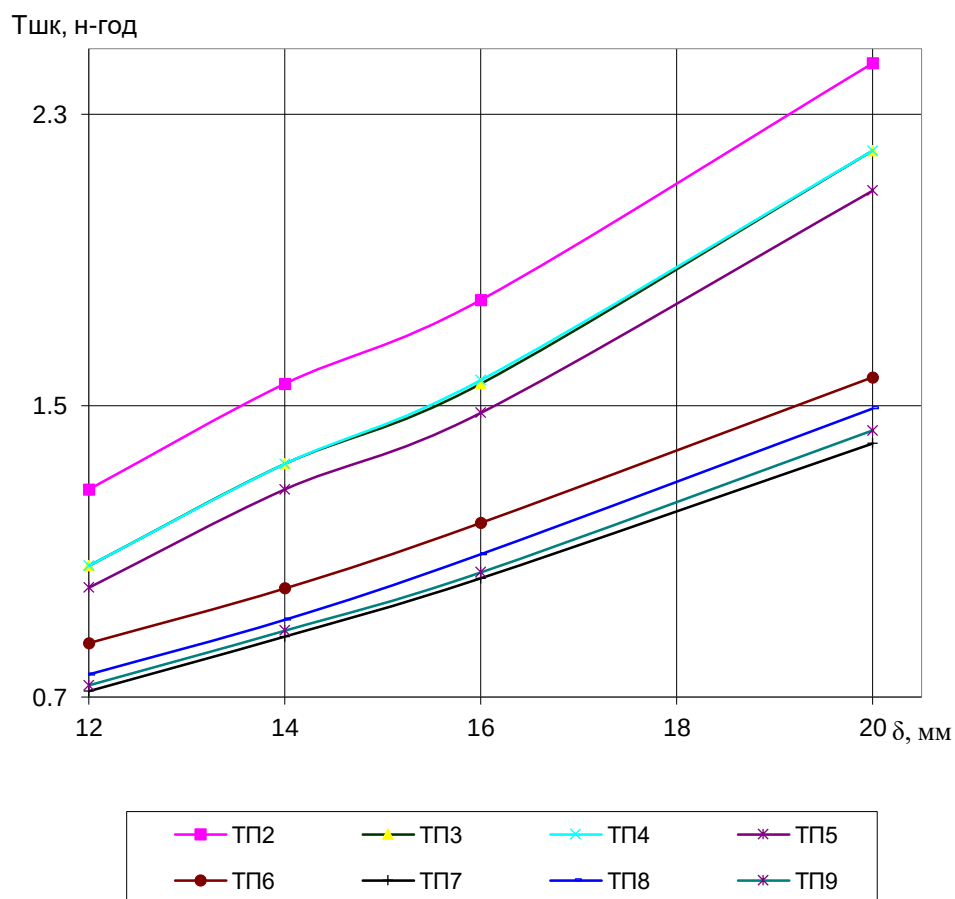


Рис. 2.3. Вплив товщини деталей на трудомісткість зварних робіт

Таблиця 2.6 – Значення узагальненої і основних цільових функцій (технологічній собівартості і трудомісткості) технологічних процесів зварювання корпусу судна при блоковому формуванні на стапелі

Назва судової конструкції	Показники (локальні і узагальнені функції)	Коефіцієнт значимості показників	Варіанти технологічних процесів зварювання											
			Двосторонні способи зварювання (стругання – газове, ацетилено-кисневим полум'ям)							Односторонні способи зварювання (на монтажних керамічних підкладках)				
			MMA+ стр.+ MMA	MAG (Св08Г2С) + стр. + MAG	MIG (Св08Г2С) + стр. + MIG	MAG (порошк. пров.) + стр. + MAG	MIG (порошк. пров.) + стр. + MIG	MMA + SAW (Св10ГН + ОСЦ-45)	MAG (Св08Г2С) + SAW (Св10ГН + ОСЦ-45)	MAG (Св08Г2С)	MIG (Св08Г2С)	MAG (порошк. пров.)	MIG (порошк. пров.)	MAG (Св08Г2С)+ подкл. + SAW (Св10ГН + ОСЦ-45)
			ТП 0	ТП 1	ТП 2	ТП 3	ТП 4	ТП 9	ТП 10	ТП 5	ТП 6	ТП 7	ТП 8	ТП 11
Настил палуб, настил другого дна ($\delta = 12$ мм)	Технологічна собівартість – Стех., грн.	0,412	73,53	1 47,96	3 62,67	5 73,03	6 80,68	59,78	30,65	2 55,12	4 66,71	7 86,71	8 894,01	53,38
	Трудомісткість всіх операцій – Тн, н-год	0,252	2,666	8 1,54	7 1,31	4 0,83	3 0,77	1,788	0,878	6 0,968	5 0,956	2 0,722	1 0,682	0,978
	Узагальнена функція – Wi		0,848	5 0,648	6-7 0,691	6-7 0,691	8 0,719	0,767	0,513	1 0,463	2 0,512	3 0,578	4 0,606	0,623
Борт, повздовжня переборка ($\delta = 12$ мм)	Технологічна собівартість – Стех., грн.	0,412	73,53	1 42,03	3 53,61	6 78,07	8 89,02			2 50,05	4 55,82	5 77,88	7 86,07	
	Трудомісткість всіх операцій – Тн, н-год	0,252	2,666	8 1,27	6-7 1,06	6-7 1,06	5 1,00			4 0,848	1 0,716	3 0,762	2 0,732	
	Узагальнена функція – Wi		0,83	5 0,637	6 0,663	7 0,785	8 0,839			1 0,462	2 0,478	3 0,591	4 0,632	

	Технологічна собівартість – Стех., грн.	0,412	84,03	1 50,38	4 65,89	5 74,06	7 81,82			2 54,86	3 60,84	6 76,00	8 82,04	
	Трудомісткість всіх операцій – Тн, н-год	0,252	3,04	8 1,64	7 1,42	5 0,90	4 0,84			6 0,928	3 0,816	2 0,612	1 0,572	
	Узагальнена функція – Wi		0,972	5 0,719	7 0,777	6 0,774	8 0,807			1 0,494	2 0,514	3 0,572	4 0,598	
Повздовжній набір (полособульбовий несиметричний профіль №12а, головою вверху)	Технологічна собівартість – Стех., грн.	0,412	25,23	1 15,26	3 18,83	5 24,08	8 28,43			2 16,53	4 20,50	6 25,39	7 28,10	
	Трудомісткість всіх операцій – Тн, н-год	0,252	0,946	8 0,446	7 0,424	3-4 0,323	3-4 0,323			6 0,413	5 0,402	1-2 0,301	1-2 0,301	
	Узагальнена функція – Wi		0,932	5 0,676	6 0,722	7 0,771	8 0,834			1 0,518	2 0,573	3 0,617	4 0,656	

Примітка: MIG/MAG – механізоване зварювання в захисних газах; SAW – автоматичне зварювання під флюсом; MMA – ручне зварювання штучними електродами; стр. – стругання; в дужках вказані ранги функцій.

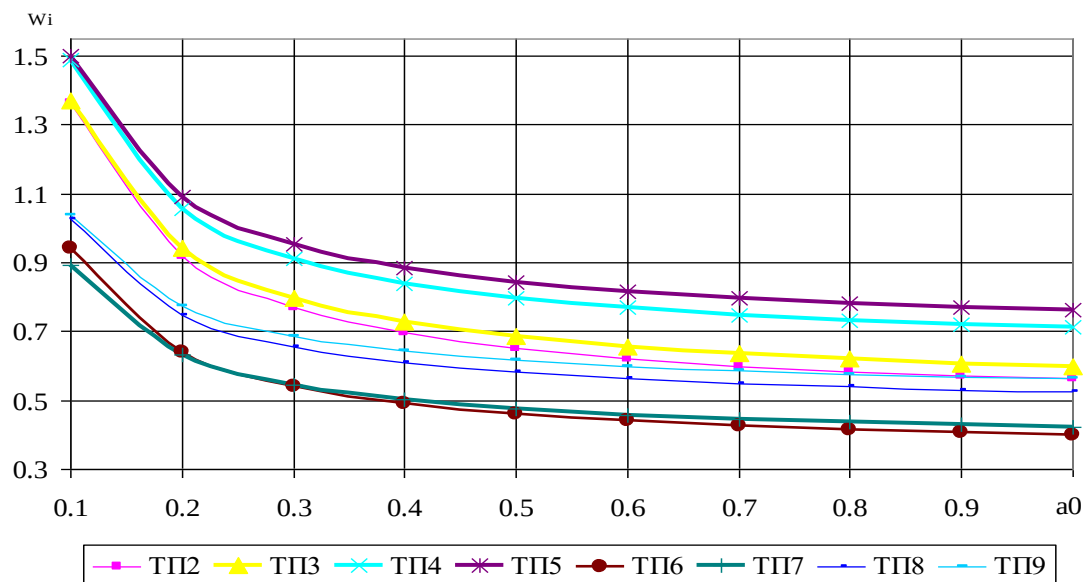


Рис. 2.4. Вплив коефіцієнта основного часу на узагальнену цільову функцію

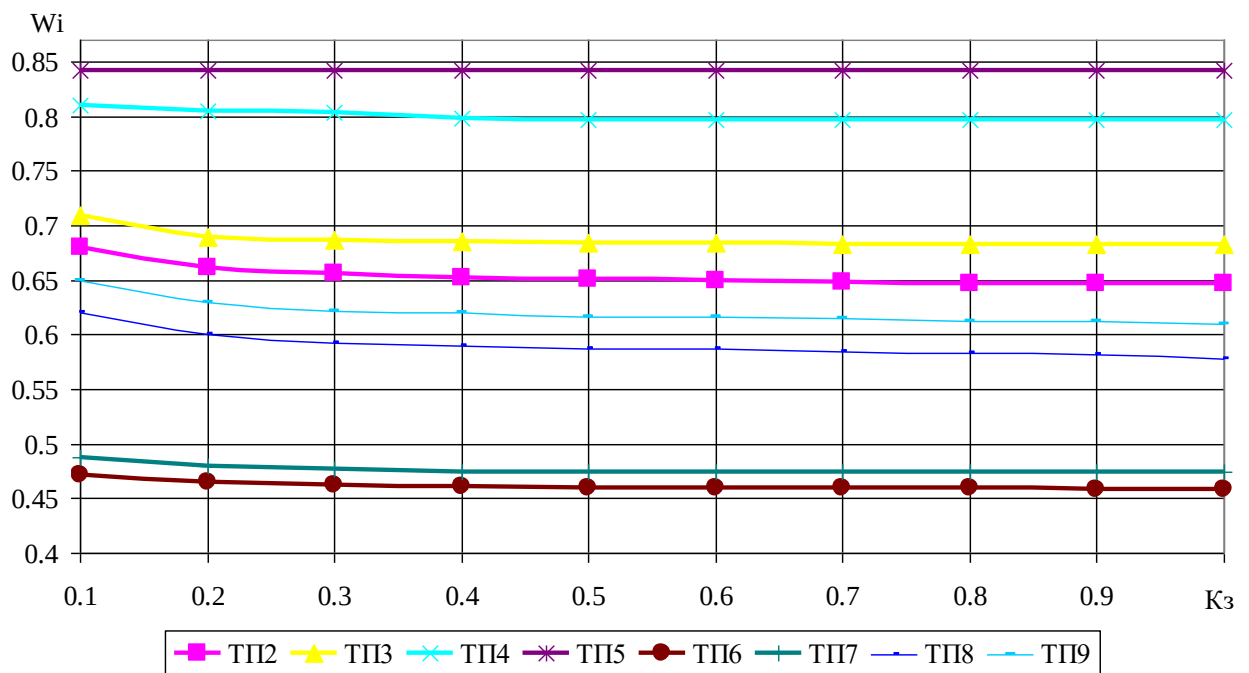


Рис. 2.5. Вплив коефіцієнта завантаження устаткування на узагальнену цільову функцію

2.3.Розрахунок режимів зварювання

Розрахуємо режими зварювання за площею наплавленого металу. Схема розрахунків виглядає таким чином:

$$s \rightarrow d_e \rightarrow I_{зв} \rightarrow U_d \rightarrow F_H \rightarrow V_{зв} \rightarrow V_{др}.$$

Просторове положення: нижнє

$$S = 12 \text{ мм.}$$

$$d_e = 1,2 \text{ мм.}$$

$$I_{зв} = (\pi d_e^2 / 4) \cdot j,$$

де j – допустима густина струму, вибирається у залежності від діаметра електродного дроту d_e (табл. 2.7).[21]

Таблиця 2.7 – Густина зварювального струму залежно від діаметра електрода

$d_e, \text{ мм}$	1,2 ... 2,0	3	4	5	6
$j, \text{ А/мм}^2$	65 ... 200	45 ... 90	35 ... 60	30 ... 50	25 ... 45

Примітка. При зварюванні порошковими дротами густина струму приймається по верхній межі.

$$I_{зв} = \left(3,14 \frac{1,2^2}{4}\right) * 200 = 226 \text{ А} \quad (2.7)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 * 10^{-3}}{d_e^{0,5}} * I_{зв} \pm 1 \quad (2.8)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 * 10^{-3}}{1,2^{0,5}} * I_{зв} \pm 1 = 30 \text{ В}$$

Повна площа наплавленого металу F_H (мм²) визначається геометрією зварного з'єднання, а площа F_i шару наплавленого металу – способом зварювання. Для механізованого зварювання $F_i = 30 \dots 70 \text{ мм}^2$.

$$F_H = 180 \text{ мм}^2$$

$$F_1 = 40 \text{ мм}^2$$

$$F_i = 60 \text{ мм}^2$$

Кількість проходів n залежить від площі наплавленого металу всього з'єднання F_n і площі одного проходу (F_i , F_1), тобто:

$$n = \frac{F_n - F_1}{F_i} + 1 \quad (2.9)$$

$$n = \frac{180 - 40}{60} + 1 = 2,8 \approx 3$$

Швидкість зварювання $V_{зв}$ залежить від площі наплавленого шару F_i (мм²) і коефіцієнта наплавлення α_n (для ручного зварювання $\alpha_n = 9 \dots 11$ г/А·год., для зварювання у вуглекислому газі дротом суцільного перерізу $\alpha_n = 19$ г/А·год., для зварювання під флюсом $\alpha_n = 14 \dots 18$ г/А·год., для зварювання порошковим дротом $\alpha_n = 13 \dots 22$ г/А·год.) та розраховується як:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{\gamma \cdot F_i}, \text{ м/год.}, \quad (2.10)$$

де γ – густина металу електродного дроту, для сталі $\gamma = 7,8$ г/см³.

$$V_{зв} = \frac{20 \cdot 226}{7,8 \cdot 10^6 \cdot 6 \cdot 10^{-5}} = 9,6 \text{ м/год}$$

Швидкість подачі дроту

$$V_{dp} = \frac{4\alpha_p \cdot I_{зв}}{\gamma \cdot \pi \cdot d_e^2}, \text{ м/ГОД} \quad (2.11)$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення електрода, який залежить від способу зварювання, діаметра електрода, роду та сили струму [22]. Зазвичай α_p змінюється у межах 11 ... 24 г/А·год.

					131.6121м.03.05.02.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$V_{др} = \frac{4 * 24 * 226}{7.8 * 10^6 * 3,14 * 0,012^2} = 6 \text{ м/год}$$

Погонна енергія:

$$q_n = \frac{I_{зв} \cdot U_d \cdot \eta}{V_{зв}}, \text{ Дж/см}, \quad (2.12)$$

де η – ефективний ККД процесу нагріву (для ручного зварювання та механізованого дугового зварювання у захисних газах $\eta = 0,7 \dots 0,75$; для зварювання під флюсом $\eta = 0,8 \dots 0,9$).

$$q_n = \frac{226 * 30 * 0,75}{9,6 * 10^{-2}} = 5,3 \text{ кДж/см}$$

Для вертикальних швів струм слід зменшити на 10 - 15 %, для стельових – на 15 - 20 %. Таким чином режими для вертикального і горизонтального положення:

$$I_{зв} = 192 \text{ А}$$

$$U_d = 25,5 \text{ В}$$

$$V_{зв} = 8 \text{ м/год}$$

$$V_{др} = 5,6 \text{ м/год}$$

$$q_n = 4,6 \text{ кДж/см}$$

Для стельового положення:

$$I_{зв} = 180 \text{ А}$$

$$U_d = 24 \text{ В}$$

$$V_{зв} = 7,6 \text{ м/год}$$

$$V_{др} = 5 \text{ м/год}$$

$$q_n = 4,2 \text{ кДж/см}$$

					131.6121м.03.05.02.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Таблиця 2.8 – Режими зварювання зварних швів.

Спосіб зварювання	$I_{зв},$ А	$U_{зв},$ В	$V_{зв},$ м/год	$V_{п.др},$ м/год	$q_{п},$ Дж/см ²	$d_e,$ мм	$S,$ мм	$\Delta,$ мм
136 нижнє	226 А	30 В	9,6 м/год	6,15 м/год	5,3 кДж/см ²	1,2 мм	12 мм	—
136 вертикальне горизонтальне	192 А	25,5 В	8 м/год	5,6 м/год	4,6 кДж/см ²	1,2 мм	12 мм	—
136 стельове	180 А	24 В	7,6 м/год	5 м/год	4,2 кДж/см ²	1,2 мм	12 мм	-

2.4. Розрахунок очікуваних зварювальних деформацій монтажного з'єднання

В ряді конструкцій одним із основних елементів являється настил, оболонка, які виконані з полотнища, звареного із листового металу. Це листове полотнище підкріплюються в багатьох випадках системою балок і ребер жорсткості, з якими воно з'єднано за допомогою зварних швів.

Окремі секції листових конструкцій з'єднуються між собою стиковими монтажними швами, які розташовані, як правило, між елементами набору, які підкріплюють полотнище.

При виконанні стикових та кутових швів деформації листового полотнища обмежені за рахунок жорсткості елементів набору. Тому кутові деформації, які виникають при виконанні стикових швів приводять до появи місцевих випуклостей і хвиль.

Так, при виконанні стикового шву листів між двома елементами набору, з якими листи з'єднуються жорстко виникнуть кутові деформації β . Внаслідок наявності закріплень, деформації β визвуть не тільки поворот одної половини листа по відношенню к іншому, але і вигин обох половин листа.

Під дією кутових деформацій β прогин балки, вільно лежачої на опорах при прольоті l складе

$$f_{\beta} = x * \tan \frac{\beta}{2} = \frac{x\beta}{2} \quad (2.12)$$

Прогин, викликаний наявністю моментів опору M , складає:

$$f_m = -\frac{M*x}{2EI} \quad (2.13)$$

Повний прогин складає:

$$f_x = f_{\beta} + f_m = \frac{x\beta}{2} - \frac{Mx}{2EI}(l - x) \quad (2.14)$$

Величина моменту опору M визначається із умови, що кут нахилу пружної лінії балки в місці закладення повинен дорівнювати нулю. Кут нахилу пружної лінії балки викликаний кутом повороту β , дорівнює $\beta/2$, а кут нахилу пружної лінії, викликаний моментами опору дорівнює $-\frac{Ml}{2EI}$.

Таким чином сумарний кут повороту опорних перерізів складає:

$$\theta_{\beta} + \theta_m = \frac{\beta}{2} - \frac{Ml}{2EI} = 0 \quad (2.15)$$

Звідки знайдемо:

$$M = \frac{EI}{l} * \beta \quad (2.16)$$

Отже, прогин балки виразиться:

$$I_x = \frac{x\beta}{2} - \frac{x\beta}{2l}(l - x) = \frac{x^2}{2l} * \beta \quad (2.17)$$

Максимальний прогин над швом складає:

$$f_{l/2} = \frac{l}{8}\beta = 0,125l * \beta \quad (2.18)$$

При цьому напруження в шві складають:

$$\sigma = \frac{M}{W} = E * \frac{\delta}{2l} * \beta \quad (2.19)$$

Так як напруження в шві не можуть бути більше границі текучості, то найбільший кут β , який може виникнути, складає:

$$\beta_{max} = \frac{\sigma_d}{E} * \frac{2l}{\delta} \quad (2.20)$$

А отже, і найбільший прогин над швом складе:

$$f_{max} = \varepsilon_d = \frac{l^2}{4\delta} \quad (2.21)$$

$$\beta_{max} = \frac{313 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^{11}} * \frac{2 \cdot 880}{20} = 0,138$$

$$\varepsilon_d = \frac{\sigma_T}{E} \quad (2.22)$$

$$f_{max} = 0,0016 * \frac{880^2}{4 \cdot 20} = 15,49 \text{ мм}$$

Допуск на будиночки $[f] = 0,5\delta = 10 \text{ мм}$

Для зменшення деформацій в проекті пропонується перемістити стик з середини шпациї до одного з ребер жорсткості.

$$f_a = \varphi * l * \beta \quad (2.23)$$

$$\varphi = \frac{f_a}{l * \beta} = \frac{10}{880 * 0,138} = 0,082$$

Стик необхідно перемістити на відстань 255 мм. Такий варіант не завжди застосовується, так як, друга половина блока буде мати велику вільну ширину обшивки. Виходить, що більш ефективним способом являється встановлення гребінок зсередини корпусу.

Висновки

В результаті розрахунків варіантів технологічного процесу, вказаних у табл. 2.6. при $a_0 = 0,5$ и $\kappa_3 = 0,5$ перший ранг надається варіанту 5: одностороннє механізоване зварювання дротом суцільного перерізі Св08Г2С в CO_2 на керамічній підкладці, так як $W_5 = 0,462$. Найгіршим виявився варіант 0, для якого $W_0 = 0,83$. Слід відмітити, що застосування порошкового дроту Hyundai Supercored 71Н для зварювання монтажних стиків дозволяє підвищити продуктивність і знизити трудомісткість технологічного процесу за рахунок зниження об'єму зачисних після-зварювальних робіт, але висока вартість дроту негативно впливає на технологічну собівартість. З цієї причини сьомий та восьмий варіанти технологічного процесу по рангу займають тільки 3 і 4 ($W_7 = 0,591$, $W_8 = 0,632$). Рівнозначними виявилися також третій і четвертий варіанти ($W_3 = 0,785$, $W_4 = 0,839$) внаслідок компенсації витрат на порошковий дріт зниженням трудомісткості на зачисні роботи і зростанням продуктивності зварювального процесу. При зміні значень коефіцієнтів a_0 і κ_3 ранг варіантів також може змінюватися.

Були розраховані режими зварювання які відповідно рівні:

для нижнього положення

$$I_{зв} = 226 \text{ А}; U_{д} = 30 \text{ В}; V_{зв} = 9,6 \frac{\text{м}}{\text{год}}; V_{др} = 6,15 \text{ м/год}; q_{п} = 5,3 \text{ кДж/см.}$$

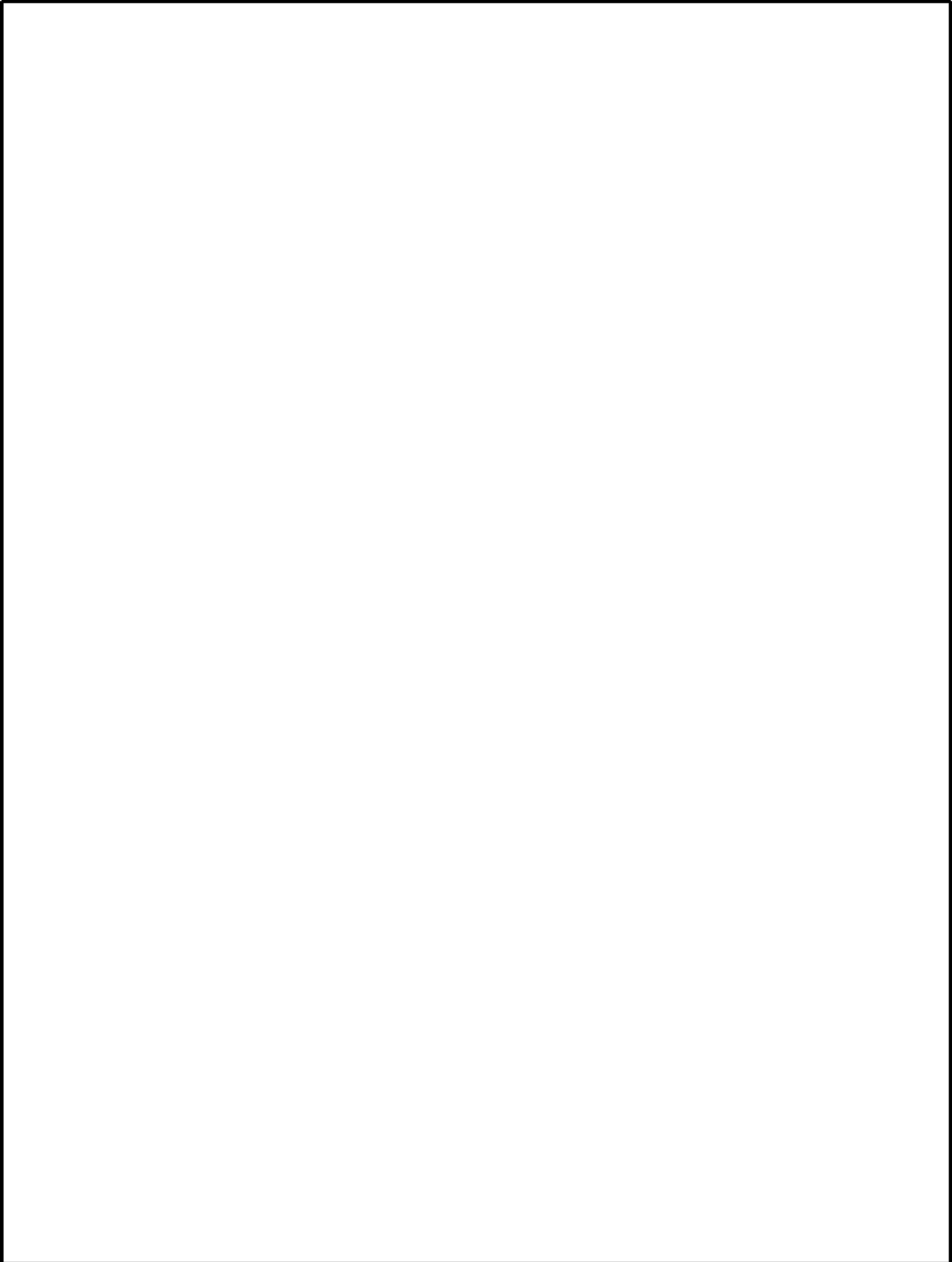
для вертикального і горизонтального положення:

$$I_{зв} = 192 \text{ А}; U_{д} = 25,5 \text{ В}; V_{зв} = 8 \frac{\text{м}}{\text{год}}; V_{др} = 5,6 \frac{\text{м}}{\text{год}}; q_{п} = 4,6 \text{ кДж/см.}$$

для стельового положення:

$$I_{зв} = 180 \text{ А}; U_{д} = 24 \text{ В}; V_{зв} = 7,6 \text{ м/год}; V_{др} = 5 \text{ м/год}; q_{п} = 4,2 \text{ кДж/см.}$$

При розрахунках зварювальних деформацій було поставлено задачу зміщення стик з середини шпації до одного з ребер жорсткості або перед зварюванням встановити гребінки зсередини корпусу.



					131.6121м.03.05.03.ПЗ						
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата							
Разраб		Бенюх А.А.			Дослідження властивостей зварних з'єднань, отриманих за перспективною технологією				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір		Бутурля Є.А.									
									НУК		
Н. Контр.											
Затв.		Драган С.В.									

З ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ОТРИМАНИХ ЗА ПЕРСПЕКТИВНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ

Хімічні властивості

Маркування сплаву вказує на те, що в сталі 09Г2 середня масова частка вуглецю лежить у межах 0,09%. А кількість марганцю сягає майже 2%. Таким чином, 09Г2 є низьколегованою марганцевистою сталлю і розкислюється вона алюмінієм (0,02...0,06%).

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі 09Г2 відповідно до ДСТУ 8541, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
≤ 0,12	0,17- 0,37	1,40- 1,80	≤ 0,30	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,08

Характеристика сталі 09Г2

Низьковуглецева конструкційна сталь з незначним вмістом легуючих компонентів. Має високу пластичність і хорошу зварюваність. Виробляється у вигляді смуги, листа, гнутих профілів, сортового і фасонного прокату. Знаходить масове застосування як будівельний і конструкційний матеріал і використовується переважно без термообробки[23].

Фізико-механічні властивості

Сталь 09Г2 флокенонечутлива і не схильна до відпускнуї крихкості. Має сприятливе поєднання міцності, пластичності, в'язкості та холодостійкості. Як і більшість марганцевистих сталей, порівняно зі звичайними залізо-вуглецевими сплавами не має якихось особливих антикорозійних якостей. Але при цьому характеризується підвищеними механічними властивостями.

Сталь 09Г2 також:

- добре обробляється твердими і швидкорізальними сплавами;
- має відмінне поєднання міцності і значної в'язкості;

-стійко чинить опір зносу і стиранню, ударним навантаженням та іншим механічним впливам;

Табл.3.2 – Фізико-механічні властивості низьковуглецевої конструкційної сталі 09Г2 відповідно до ДСТУ 8541

Клас міцності	Перетин прокату, мм	Тимчасовий опір σ_B , МПа	δ , %	Межа плинності σ_T , МПа
295	До 20 включно	440	21	305
	Понад 20 до 160	430	21	295
345	До 140	480	21	345

Її механічні властивості дають змогу виготовляти елементи і деталі зварних металевих конструкцій, призначених для експлуатації в широкому температурному інтервалі від -40 до +450°C, в сфері суднобудування, а також деталі промислового обладнання та дорожньо-будівельної техніки.

Hyundai Supercored 71H є найбільш широко використовуваним зварювальним дротом із діоксиду титану з флюсовим сердечником для зварювання в середовищі вуглекислого газу в усіх положеннях.

1.1 Велика продуктивність за меншої витрати, ніж у цільного дроту й електрода з покриттям

1.2 Метал зварного шва має невелику кількість домішок титану і бору, що забезпечує дуже високі значення ударної в'язкості за низьких температурах (-40 °C)

1.3 Дріт плавиться рівномірно і без надмірного розбризкування, шлак, що утворюється під час плавлення, рівномірно вкриває поверхню шва і легко відділяється після охолодження[24].

Табл.3.4 -Хімічний склад металу шва, %

C	Si	Mn	P	S
---	----	----	---	---

0,03	0,46	1,36	0,008	0,011
------	------	------	-------	-------

Примітка. вимірювання виконувалось за допомогою спектрометра

Таблиця 3.5 – Механічні властивості наплавленого металу

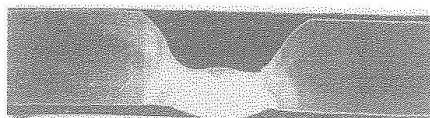
Назва	Термообробка	Газ середовища зварювання	Випробування на розрив		
			YP (Н/мм ²)	TS (Н/мм ²)	EL (%)
Supercored 71H	Одразу після зварювання	CO ₂	540	580	28.0

Таблиця 3.6 – Режими зварювання зразків

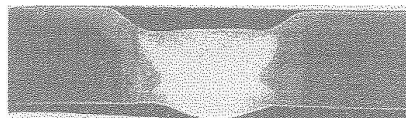
Положення шва у просторі	Прохід	Режими зварювання		
		Сила струму, А	Напруга на дузі, В	Швидкість зварювання, м/год
Вертикальне	Кореневий	150÷160	20÷22	3,96
	Частково заповнений	180÷210	23÷25	9,72
	Облицювальний	200÷220	24÷25	7,32

Для оцінки якості зварних з'єднань виконали зварювання стикових швів на контрольних планках товщиною 12 мм із сталі 09Г2. Зварювання виконували механізованим способом в CO₂ порошковим дротом Hyundai Supercored 71H діаметром 1,2мм на підкладці CBM 8061 у вертикальному положенні (табл. 3.3).

На зразках була заміряна твердість по Віккерсу (HV). Твердість вимірювали після заварювання кореня шва, з частково заповненим обробленням кромки і після облицювального шва. На рис. 3.1. представлена макроструктура швів зварних з'єднань, де видно кількість проходів.



корінь шва



заповнення фаски



повний шов

Рис. 3.1. Макроструктура швів зварних з'єднань, виконаних у вертикальному положенні

Середнє значення твердості основного металу складає 193 HV. При виконанні кореневого проходу твердість металу ЗТВ підвищується до 236 HV, а твердість металу шва складає 225 HV. Після повного заповнення оброблення внаслідок відпалюючої дії лицевих проходів твердість зменшується як у шві, так і у ЗТВ (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Твердість HV зварних з'єднань, виконаних механізованим зварюванням дротом Hyundai Supercored 71H на керамічній підкладці

Положення шва у просторі	Прохід	Основний метал	ЗТВ	Шов
Вертикальне	Кореневий	185 – 200 193	$\frac{231 - 240}{236}$	$\frac{218 - 232}{225}$
	Частково заповнений		$\frac{240 - 250}{245}$	$\frac{228 - 246}{237}$
	Облицювальний		$\frac{222 - 234}{228}$	$\frac{213 - 224}{218}$

Метал шва має феррито-перлітну структуру, характерну для литого стану, без неметалічних включення. У структурі металу шва видно межі крупних зерен. У зоні сплавлення видна межа крупних зерен металу шва і зони первинного впливу з дрібнішими зернами. У ЗТВ шириною 3-4 мм структура феррито-перлітна без гартівних включень (рис. 3.2).

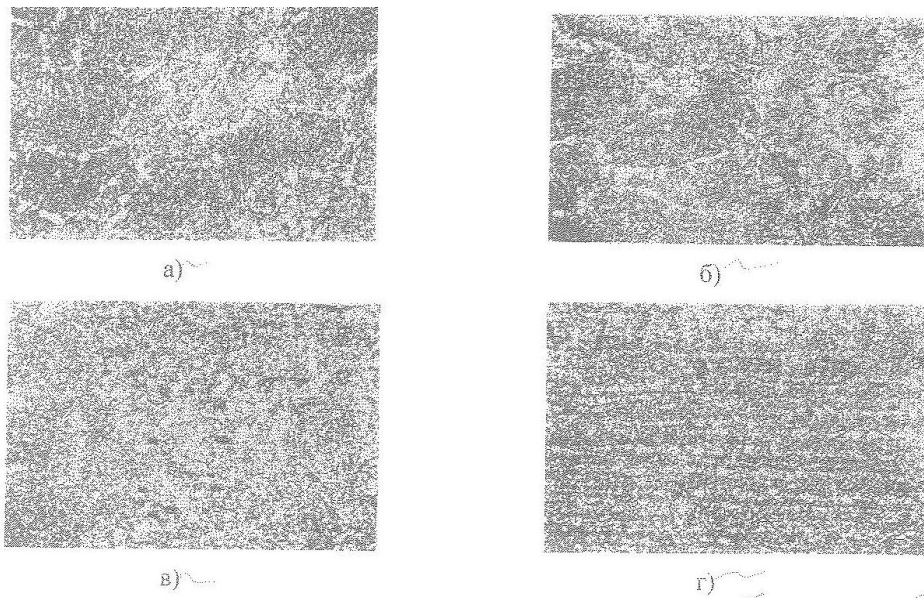


Рис. 3.2. Мікроструктури ділянок зварного з'єднання:

а) метал шва; б) зона сплавлення; в) ЗТВ; г) основний метал, х250

Згідно вимог класифікаційних товариств (DNV, MRS, DL), максимальна твердість зварного з'єднання не повинна перевищувати 300 HV.

Висновки

В даному розділі було проведено дослідження властивостей зварних з'єднань, отриманих за перспективною технологією, було проведено зварювання зразків у вертикальному положенні. Результати дослідження показали, що середнє значення твердості основного металу складає 193 *HV*. При виконанні кореневого проходу твердість металу ЗТВ підвищується до 236 *HV*, а твердість металу шва складає 225 *HV*. Після повного заповнення оброблення внаслідок відпалюючої дії лицьових проходів твердість зменшується як у шві, так і у ЗТВ. Метал шва має феррито-перлітну структуру, характерну для литого стану, без неметалічних включень. У структурі металу шва видно межі крупних зерен. У зоні сплавлення видна межа крупних зерен металу шва і зони первинного впливу з дрібнішими зернами. У ЗТВ шириною 3-4 мм структура феррито-перлітна без гартівних включень. Згідно вимог класифікаційних товариств (DNV, MRS, DL), максимальна твердість зварного з'єднання не повинна перевищувати 300 *HV*. Умова виконується.

Таким чином, якість швів, виконаних порошковим дротом на керамічній підкладці відповідає вимогам, які висувають класифікаційні товариства. Крім того, невисока трудомісткість даного способу зварювання забезпечує скорочення часу перебування корпусу судна на стапелі.

					131.6121м.03.05.04.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата					
Разраб		Бенюх А.А.			Охорона праці			Літ.	Арк.
Перевір		Бутурля Є.А.							Аркушіів
Н. Контр.								НУК	
Затв.		Драган С.В.							

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Метою охорони праці є зведення до мінімуму ймовірності ураження працюючих при максимальному комфорті і продуктивності праці. Охорона праці включає в себе виробничу санітарію, техніку безпеки, вибухопожежну безпеку і систему законодавчих актів. Охорона пряні регламентується законом про «Охорону праці», прийнятим Кабінетом Міністрів України від 14.10.1992 р. Закон визначає основні положення по реалізації конституційного права громадян по охороні праці, їхнього життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, реалізує при участі відповідних державних органів відношення між власником підприємства, закладу, організації або уповноваженими їм органами і робітником з питання про безпеку і гігієну праці, а також виробничого середовища, і впроваджує єдиний порядок організації охорони праці на Україні. Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах пріоритету життя і здоров'я працівників над результатами виробництва, повної відповідальності власників підприємств за створення безпечних і нешкідливих умов праці.

4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих чинників при складальнотварювальних операціях.

Виконання зварювання як і другої іншої технологічної операції пов'язано з експлуатацією обладнання й використанням речовин, які при невмілому поводженні можуть призвести до отримання ушкоджень і травм, привести до аварійних ситуацій, стати джерелом забруднення навколишнього простору навколишнього середовища. Розглянемо найбільш важливі небезпечні та шкідливі фактори, які визивають зварювальні роботи.

Електричний струм. Небезпека ураження електричним струмом виникає при роботі з електричним обладнанням у випадку замкнення чоловічим тілом дротів, які знаходяться під напругою, частин обладнання. Ураження людини

					131.6121M.03.05.04.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

електричним струмом (часове позбавлення рухливості, мови, поверхові опіки, смерть) виникає при проходженні через організм струмом 0,05 А. Опір тіла людини постійний: при сухій шкірі 8000-20000 Ом, тому небезпечна напруга буде 400-1000 В.

Пожежі. Пожежі можливі при зварюванні у місцях непристосованих для таких робіт. Причиною пожежі можуть стати бризки розплавленого металу, відкритий вогонь газового полум'я.

Опромінення – ультрафіолетовими променями дуги відкритих ділянок тіла, особливо очей, при тривалості 15-20с в радіусі менш ніж їм від дуги при зварюванні відкритою дугою, викликає опіки подібні сонячним. Періодичні опіки очей призводять до зниження якості зору. Особливо це небезпечно при зварювання в захисних газах: вуглекислий газ і аргон важче повітря в 1,4-1,5 рази, тому в приміщенні де виконується зварювання в захисних необхідна додаткова вентиляція повітря.

Отруєння. Для зварювальників І працюючих в зварювальних цехах безпекою являється отруєння отруйними газами, пилом, аерозолями. Найбільш небезпечним в цьому сенсі є зварювання відкритою дугою плавким електродом через сильне випаровування основного металу та покриття електроду, при високих температурах зварювання. В процесі зварювання в повітрі виділяються шкідливі речовини: аерозолі і гази, вуглекислий газ, вугарний газ, окисли хрому і марганцю. Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинен перевищувати встановлених припустимих концентрацій. Деякі шкідливі речовини а також їх граничнодопустимі концентрації в повітрі робочої зони вказані в таблиці 4.1 згідно ГОСТ 12.1.005-88.

Таблиця 4.1. Граничнодопустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони згідно ГОСТ 12.1.005-88

№ п/п	Найменування речовини	Значення ГДК, мг/м ³	Клас безпеки
1	Азоту оксиди	5	III

										Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						75

131.6121М.03.05.04.ПЗ

2	Алюміній і його сплави	2	III
3	Водень хлорид	5	II
4	Вольфрам	6	IV
5	Кислота азотна	2	III
6	Озон	0,1	I
7	Пил зі вмістом двоокису кремнію понад 70 %	1	III

Також вплив на організм людини небезпечних факторів при виготовленні конструкції регламентується наступними правовими актами:

1. ГОСТ 12.0.003 - 74 ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація.
2. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки.
3. ГОСТ 12.1.004 - 91 ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги.
4. ГОСТ 12.1.005 - 88 ССБТ. Загальні санітарно - гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.
5. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Електромагнітні поля радіочастот. Допустимі рівні на робочих місцях і вимоги до проведення контролю.
6. ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Біологічна безпека. Загальні вимоги.
7. ГОСТ 12.1.030 - 81 ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, ЗАНУ-ня.
8. ГОСТ 12.4.021 -75 ССБТ. Системи вентиляційні. Загальні вимоги.
9. ОНТП 24 - 86. Вказівки по визначенню категорій приміщень і будівель по вибухо-пожежній і пожежної безпеки.

4.2. Розрахунок системи місцевої вентиляції у закритих приміщеннях.

При відновленні у закритих приміщеннях відбувається виділення речовин, інтенсивність яких наведена у таблиці 5.2.

Таблиця 4.2. Валові виділення шкідливих речовин

Загальна кількість пилу	Складові частини пилу		
	MnO ₂	Cr ₂ O ₃	CO
7...14	0,5...2,0	0,4...0,6	1,0...2,0

Ефективність вентиляції не повинна допускати запиленості повітря зварювальним пилом не більше 4 мг/м³.

Для створення сприятливих умов при наплавленні необхідно використовувати місцеву вентиляцію для відбору загазованого повітря з зони дихання зварювальників.

Кількість повітря, необхідного для видалення шкідливих речовин одним пило-газоприймачем, дорівнює:

$$Q_n = S_c * V_c, \text{ де}$$

S_c – площа вхідного перерізу пило-газоприймача, м²,

V_c – середня швидкість руху повітря в перерізі, м/с;

$$S_c = \frac{\pi * d_B^2}{4};$$

$$S_c = \frac{3.14 * 0.15^2}{4} = 17.6 * 10^{-3} \text{ м}^2, \text{ де}$$

d_B – діаметр вхідного перерізу (воронки);

d_B – 100 мм - воронкоподібний пило-газоприймач до зварювального апарата.

$$V_c = \frac{V_1 * L_1^2}{k_1 * d_1^2};$$

$$V_c = \frac{0.5 * 0.07^2}{0.06 * 0.150^2} = 1,82 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \text{ де}$$

$V_T = 0.5$ м/с — швидкість руху повітря в точці виділення шкідливих речовин.

$L_1 = 0,07$ м – відстань від місця виділення шкідливих речовин до вхідного перерізу пило-газоприймача;

$K_1 = 0,06$ – коефіцієнт, що залежить від форми перерізу пило газоприймача;

$d_1 = 0,1$ м – діаметр вхідного перерізу пило газоприймача;

$$Q_b = 3600 \cdot 1,82 \cdot 17,6 \cdot 10^{-3} = 115,31 \text{ м}^3/\text{год}/$$

Кількість повітря, що необхідно для загально обмінної вентиляції:

$$Q_{\text{заг}} = \frac{k_m \cdot A}{k_e \cdot (N_{\text{р.з}} - N_{\text{в}})};$$

$$Q_{\text{зза}} = \frac{0,25 \cdot 55200}{0,7 \cdot (0,3 - 0,3 \cdot 0,3)} = 93877 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}, \text{ де}$$

$k_m = 0,25$ – коефіцієнт використання місцевої витяжної вентиляції;

$k_e = 0,7$ – коефіцієнт ефективності вентиляції;

$N_{\text{р.з.}} = 0,3 \text{ мг/м}^3$ – гранично допустима концентрація марганцю в робочій зоні;

$N_{\text{в}}$ – концентрація шкідливих речовин у вхідному вентиляційному струмені (згідно нормативних документів повинна бути не більше 30 % ГДК), мг/м^3 ;

A – інтенсивність виділення шкідливих речовин при наплавлю вальних роботах, мг/г .

$$A = 1000 \cdot g \cdot P \cdot N$$

$$A = 1000 \cdot 3 \cdot 2,3 \cdot 8 = 55200 \text{ мг/год, де}$$

$g = 3 \text{ г/кг}$ (електродного дроту) – валовий вихід шкідливих речовин на одиницю витраченого матеріалу;

P – кількість використаного матеріалу, кг/год .

$N = 8$ – кількість одночасно працюючих в приміщенні наплавлю вальних автоматів.

$$P = \alpha_p \cdot I_{\text{зв}}$$

$$P = 12 \cdot 190 = 2,3 \text{ кг/год};$$

$\alpha_p = 12 \text{ г/(А} \cdot \text{год)}$ – коефіцієнт розплавлений наплавлювального дроту;

$I_{\text{зв}} = 190 \text{ А}$ – сила зварювального струму.

Виконавши розрахунки можна зробити висновок:

- обладнати усі наплавлювальні автомати воронкоподібними пило-газоприймачами;
- обладнати цех загально-обмінною вентиляцією.

4.3. Техніка безпеки на робочому місці при роботі з обладнанням.

До роботи по електрозварюванню допускаються особи, що пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань техніки безпеки і що мають кваліфікаційне посвідчення; що мають кваліфікаційну групу по техніці безпеки не нижче II.

При виробництві зварювальних робіт повинні прийматися заходи для надійного захисту робітників від дії; на шкіру бризок розплавленого металу і шлаку, шкідливих випромінювань на очі, агресивних хімічних речовин (кислот, лугів, масло-продуктів) і електромагнітних полів на людину, поразки струмом в умовах підвищеної небезпеки, механічних травм, отруєння шкідливими газами, ЩО виділяються при зварюванні кольорових металів і в результаті застосування флюсів.

У комплект засобів індивідуального захисту входять: спецодяг, спецвзуття і запобіжні пристосування.

Спецодяг призначається для захисту іскор, що працюють від безпосередньої дії, і бризок металу і шлаку, шкідливих випромінювань і хімічних речовин.

Для захисту зварювальника від металу і шлаку призначені рукавиці, рукавиці з крагами або рукавичками з іскро-стійких матеріалів і брезентовий костюм.

Спеціальне взуття застосовується для захисту ніг зварювальника.

Спеціальні захисні каски оберігають голову від механічних травм і поразки струмом. Захисні каски часто оснащуються щитками або масками для захисту очей, особи і органів дихання електрозварника.

Робота зварювальників дозволяється тільки за наявності захисних щитків з оглядовими скло-світлофільтрами, що поглинають ультрафіолетові промені і

					131.6121M.03.05.04.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

знижують яскравість дуги. Із зовнішнього боку захисних окулярів зазвичай вставляють прості лінзи, які оберігають перші від бризок металу і забруднення.

Для зберігання інструменту, збору залишків електродів (огарків) служать спеціальні сумки.

Робоче місце зварювальника повинне освітлюватися за допомогою зовнішніх світильників або переносної лампи напругою до 12 В.

Постійні місця проведення робіт електрозварювальних, що розташовуються у виробничих приміщеннях, повинні відповідати наступним вимогам:

- діючих ДБН, СНіП і санітарних норм;
- обладнати місцевою вентиляцією для ефективного уловлювання зварювального аерозолі і видалення його з робочої зони;
- мати обгороджування у вигляді ширм, що не згорають, кабін;
- стінки ширм і кабін не повинні доходити до підлоги, утворюючи проміжок не менше 50 мм, а при зварюванні в середовищі захисних газів - 30 мм;
- вільна площа на один зварювальний на один зварювальний пост в кабіні має бути передбачена в розмірі не менше 3 м².

4.4. Заходи щодо зниження впливу небезпечних і шкідливих факторів.

До технологічних заходів відносяться такі як впровадження безперервних технологій, автоматизація й механізація виробничих процесів, дистанційне керування, герметизація встаткування, заміна небезпечних технологічних процесів й операції менш небезпечними й безпечними.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

- забезпечення недоступності струмопровідних частин, що перебувають під напругою, для випадкового дотику;
- електричний поділ мережі;

- усунення небезпеки ураження з появою напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електроустаткування, що досягається захисним заземленням, замуленням, захисним відключенням;
- застосування малих напруг;
- захист від випадкового дотику до струмопровідних частин застосуванням кожухів, огорож, подвійної ізоляції;

Санітарно-технічні заходи: устаткування робочих місць місцевою витяжною вентиляцією або переносними місцевими всмокчуваними, укриття обладнання суцільними пилонепроникними кожухами з ефективною аспірацією повітря й ін.

Висновки

1. В даному розділі дипломної роботи проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при проведенні складально-зварювальних робіт. Виявлені найбільш небезпечні при кожному способі зварювання, розглянуті допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі на робочому місці.

2. При проведенні зварювальних робіт обов'язково необхідно виконувати правила безпеки та використовувати всі необхідні способи індивідуального захисту, які передбачені на заводі.

					131.6121M.03.05.04.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

					131.6121м.03.05.05.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Разраб		Бенюх А.А.			Розрахунок економічної ефективності впровадження механізованого зварювання порошковим дротом в середовищі CO ₂ на керамічній підкладці	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір		Бутурля Є.А.						
						НУК		
Н. Контр.								
Затв.		Драган С.В.						

5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗВАРЮВАННЯ ПОРОШКОВИМ ДРОТОМ В СЕРЕДОВИЩІ CO₂ НА КЕРАМІЧНІЙ ПІДКЛАДЦІ

5.1. Доцільність впровадження механізованого зварювання в середовищі CO₂ визначається на підставі розрахунків економічної ефективності капітальних вкладень, необхідних для його впровадження.

Під економічною ефективністю капітальних вкладень розуміють співмірність цих витрат з отриманими результатами від їх впровадження.

Розрахунок виконується співставленням розробленого в дипломному проєкті технологічного процесу за допомогою механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу порошковим дротом Hyundai Supercored 71H.

Економічна ефективність розробленого варіанту капітальних вкладень у порівнянні з іншими визначається мінімумом приведених витрат

$$ПЗ = C + E_n * K, \quad (5.1)$$

де ПЗ – приведені витрати;

C – собівартість продукції (поточні витрати);

K – капітальні вкладення (одноразові витрати);

E_n – коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$$ПЗ = T_n * C + K \quad (5.2)$$

де T_n – нормативний строк окупності капітальних вкладень.[25]

Оскільки порівняльна економічна ефективність капітальних вкладень характеризується мінімумом приведених витрат, основними показниками для її визначення являються:

- капітальні вкладення, необхідні для придбання зварювального напівавтомату «Jasic MIG-400»;
- зниження собівартості річного об'єму продукції;
- строк окупності капітальних вкладень і відповідний коефіцієнт економічної ефективності.
- сума річного економічного ефекту
- зростання продуктивності праці

Основні вихідні дані, які застосовуються при виконанні розрахунку економічної ефективності впровадження механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу порошковим дротом Hyundai Supercored 71H на керамічній підкладці:

- річна програма – 4 судна
- погонних метрів – 1500 м.
- ціна зварювального напівавтомату «Jasic MIG-400» -77 500 грн.
- витрата дроту для зварювання в середовищі CO₂ – 2.556 кг/ м.п.
- ціна 1 кг дроту – 90 грн/кг.
- ціна 1 л CO₂ - 50 грн.
- витрата CO₂ – 1812 л/м.п.
- витрата електроенергії на 1 п.м.

при ручному зварюванні -

при механізованому зварюванні –

- ціна 1 кВт/год – 8,25 грн.
- трудомісткість ручного зварювання - 0,83
- трудомісткість механізованого зварювання – 0,4
- розряд робітників, які працюють ручним дуговим зварюванням – 5
- розряд робітників, що працюють механізованим зварюванням – 4
- годинна тарифна ставка робітника працюючого ручним дуговим зварюванням – 200 грн./год.
- годинна тарифна ставка робітника працюючого механізованим зварюванням – 180 грн/год.
- рівень додаткової заробітної плати – 20%
- норма амортизації зварювального обладнання – 31,2%
- норма витрат на поточний ремонт – 5%
- відсоток цехових накладних витрат – 200.

5.2. Розрахунок суми додаткових капітальних вкладень

Додаткові капітальні вкладення складають витрати на придбання напівавтомату «Jasic MIG-400».

Таблиця 5.1 – Додаткові капітальні вкладення.

Назва обладнання	Кількість шт.	Ціна одиниці грн.	Початкова вартість
До впровадження			
Випрямляч ВДУ	1	70 000	70 000
Після впровадження			
напівавтомат «Jasic MIG-400»	1	77 000	77 000
Отже $\Delta K = 7\,000$			

5.3. Зниження собівартості річного випуску продукції

При розрахунку зниження річного зниження собівартості випускної продукції необхідно виявити статті витрат, які змінюються в результаті впровадження механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу порошковим дротом Hyundai Supercored 71H на керамічній підкладці і визначити величину їх змін по кожній статті.

Зниження собівартості річного випуску продукції розраховується як сума зміни витрат по цим статтям:

1. Зварювальні матеріали.
2. Електроенергія.
3. Основна заробітна плата.
4. Додаткова заробітна плата.
5. Відрахування на соціальне страхування.
6. Амортизація.
7. Витрати на поточний ремонт.

5.4. Зміна витрат на зварювальні матеріали

Таблиця 5.2. – Розрахунок змін витрат на зварювальні матеріали

Назва матеріалів	о.в.	Витрата на 1 п.м.	Річна програма в п.м.	Витрата на річну програму	Ціна 1 кг(л) матеріалу, грн.	Витрати на матеріали в рік, грн.
До впровадження						
Зварювальні електроди	кг	7	6000	42 000	65	2 730 000
Електроди для стругання	кг	0,5	6000	3000	1350	4 050 000
Після впровадження						
Зварювальний дріт	кг	2,556	6000	15 000	90	1 350 000
СО ₂	л	18,12	6000	108720	50	5 436 000
Керамічна підкладка	м	1	6000	6000	110	660 000
Зміна витрат						-666 000

5.5. Зміна витрат на електроенергію

Зміна витрат на електроенергію в порівняльних варіантах визначається в натуральному і вартісному вираженні. Зміна витрат в натуральному вираженні розраховується виходячи з норм витрат електроенергії на виріб і річного випуску виробів .

Таблиця 5.3 – Розрахунок змін витрат на електроенергію

Назва	о.в.	Витрати на 1 п.м.	Річна програма на 1 п.м.	Витрати на річну програму	Ціна 1 кВт/год, грн.	Витрати на матеріали
До впровадження						
Електроенергія	кВт/год	17,724	6000	106344	8,25	877 338

Після впровадження						
Електроенергія	кВт/год	8,996	6000	53976	8,25	445 302
Зміна витрат						+432 036

5.6. Зміна витрат на основну заробітну плату

Розрахунок витрат на основну заробітну плату виробничих робітників виконується на основі даних про зниження трудомісткості в варіанті, який проектується в порівнянні з поточним.

Зміна трудомісткості розраховується шляхом співставлення трудомісткості варіанта, який проектується з наявним.

Для визначення витрат на основну заробітну плату виробничих працівників слід помножити досягнуте на виробництві зниження трудомісткості на діючі тарифні ставки по середньому розряді виконавців робіт.

Таблиця 5.4 – Розрахунок зміни суми ОЗП робітників

Назва	Трудомісткість на 1 м.п.	Річна програма п.м.	Трудомісткість річної програми	Погоди нна тарифн а ставка	Річна сума витрат на ОЗП, грн.
До впровадження					
Ручне дугове зварювання	0,83	6000	4980	200	996000
Після впровадження					
Механізован е зварювання	0,46	6000	2760	180	496800
Зміна витрат			$\Delta T = 2220$		+499 800

5.7. Розрахунок змін витрат на додаткову заробітну плату

При зниженні трудомісткості і зміні витрат на ОЗП робітників знижуються витрати на додаткову заробітну плату. Вони змінюються пропорційно зміні основної заробітної плати робітників в залежності від рівня додаткової заробітної плати робітників цеху.

Таблиця 5.5 – Розрахунок зміни витрат на додаткову заробітну плату

Сума витрат на ОЗП	Рівень витрат на додаткову ЗП, %	Сума витрат на додаткову ЗП, грн.
До впровадження		
996 000	20	199 200
Після впровадження		
496 800	20	99 360
Зміна витрат		+ 99 840

5.8. Розрахунок витрат на відрахування витрат на соціальне страхування

При зміні витрат на основну і додаткову заробітну плату виробничих робітників необхідно розрахувати змінення суми відрахувань на страхування рівень яких встановлений в розмірі 37% від суми основної та додаткової заробітної плати.

Таблиця 5.6 – Розрахунок зміни витрат на соціальне страхування

Сума витрат на ДЗП і ОЗП, грн.	Рівень відрахувань на соціальне страхування, %	Сума відрахувань на соціальне страхування, грн.
До впровадження		
1 195 200	37	442 224
Після впровадження		
596 160	37	220 578
		+ 221 646

5.9. Розрахунок зміни витрат на поточний ремонт

У випадках коли в варіанті, що проектується необхідна заміна обладнання або впровадження нового, додаткового обладнання, в розрахунку економічної ефективності слід враховувати зміни витрат на поточний ремонт основних фондів.

Таблиця 5.7 – Розрахунок витрат на поточний ремонт

Назва	Початкова вартість, грн.	Норма відрахувань на поточний ремонт, %	Сума витрат на поточний ремонт, грн.
До впровадження			
Випрямляч ВДУ	70 000	5	3500
Після впровадження			
напівавтомат «Jasic MIG-400»	77 000	5	3850
Зміна витрат			-350

5.10. Розрахунок зміни витрат на амортизацію

Розрахунок амортизаційних відрахувань на основі початкової вартості нових або відновленої вартості замінних основних фондів і діючих річних норм амортизаційних відрахувань.

Таблиця 5.8 – Розрахунок зміни амортизаційних відрахувань

Назва	Початкова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Сума витрат на амортизацію, грн.
До впровадження			
Випрямляч ВДУ	70 000	31,2	21 840
Після впровадження			
напівавтомат «Jasic MIG-400»	77 000	31,2	24 024
Зміна витрат			-2 184

Результати зміни витрат по всіх статтях являють собою продукції і розраховуються за допомогою таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Розрахунок зниження собівартості річного випуску продукції

№	Назва статей витрат	Зміна витрат, грн.
1	Матеріали	-666 000
2	Електроенергія	+432 036
3	ОЗП	+499 800
4	ДЗП	+ 99 840
5	Відрахування на соціальне страхування	+ 221 646
6	Витрати на поточний ремонт	-350
7	Витрати на амортизацію	-2 184
Зниження собівартості річного випуску продукції ΔС		+ 584 788

5.11. Розрахунок строку окупності додаткових капітальних вкладень і коефіцієнту економічної ефективності.

Капітальні витрати слід вимірювати з досягнутим зниженням собівартості продукції (поточних витрат).

Строк окупності капітальних вкладень характеризує період часу, протягом якого капітальні вкладення на впровадження механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу порошковим дротом Hyundai Supercored 71H на керамічній підкладці окупається за рахунок зниження собівартості випускної продукції. Строк окупності капітальних вкладень $T_{ок}$ розраховується по формулі:

$$T_{ок} = \frac{\Delta K}{\Delta C} = \frac{7000}{584\,788} = 0,01$$

При порівнянні знайденої величини строку окупності з нормативною величиною строку окупності, встановленій в розмірі 6,7 років. Умова економічної ефективності впровадження механізованого зварювання виконується:

$$T_{ок} < T_n, T_n = 6,7 \text{ років}$$

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень E – величина зворотня строку окупності, визначається за формулою

$$E_p = \frac{1}{T_{ок}} = \frac{\Delta C}{\Delta K} = \frac{584788}{7000} = 83,5$$

При знайденій величині коефіцієнту економічної ефективності виконується умова економічної ефективності

$$E_p > E_n, \text{ де } E_n = 0,15$$

де E_n – встановлений нормативний коефіцієнт

5.12. Розрахунок суми річного економічного ефекту

При визначенні зниження собівартості по статтям, що змінюються, в розрахунку на річний випуск продукції річний економічний ефект розраховується по формулі

$$E_{рік} = \Delta C - E_n * \Delta K;$$

$$E_{рік} = 584788 - 0,15 * 7000 = 583738 \text{ грн.}$$

5.13. Розрахунок зростання продуктивності праці

Зростання продуктивності праці РП за рахунок економії кількості робітників розраховується по формулі:

$$РП = \frac{P_B}{P_C - P_B} * 100\%,$$

де P_B – кількість умовно вільних робітників, чол;

P_C – кількість основних виробничих працівників в існуючому варіанті, чол.

$$РП = \frac{0,05}{0,12 - 0,05} * 100\% = 71,4\%$$

Розрахунки показників економічної ефективності зводяться в таблицю 5.10.

Таблиця 5.10 – Показники економічної ефективності

Показники	о.в.	Існуючий варіант	Проектований варіант	Результати змін
1. Капітальні вкладення	грн.	70 000	77 000	7000
2. Витрати на річний об'єм продукції	грн.			+584 788

- основні і додаткові матеріали	грн.	6 780 000	6 231 000	-666 000
- витрати на електроенергію	грн.	877 338	445 302	+432 036
- витрати на ОЗП	грн.	996000	496800	+499 800
- витрати на ДЗП	грн.	199 200	99 360	+ 99 840
- відрахування на соціальне страхування	грн.	442 224	220 578	+ 221 646
- витрати на поточний ремонт	грн.	3500	3850	-350
- витрати на амортизацію	грн.	21 840	24 024	-2 184
3. Строк окупності	грн.		0,01	
4. Річний економічний ефект	грн.		583738	
5. Зростання продуктивності праці	%		71,4	

Висновки

Виконаний розрахунок показує, що впровадження механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу порошковим дротом Hyundai Supercored 71H на керамічній підкладці економічно доцільне. Додаткові капітальні вкладення в сумі 7000 грн. окупуються за 0,01 року, що в границях нормативного строку окупності. В результаті впровадження розробленого технологічного процесу зниження собівартості річного об'єму продукції на підприємстві складають 584 788 грн. При цьому значно знижуються витрати на основну заробітну плату (на 499 800 грн.), витрати на додаткову заробітну плату (на 99 840) і на соціальне страхування (на 221 646 грн.). Розроблений технологічний процес являється менш енерговитратним, економія складає 432 036 грн. Річний економічний ефект 583 738 грн. продуктивність праці зростає на 71,4%.

					131.6121M.03.05.05.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Запропоновано методику оцінювання ефективності зварювальних технологій при будівництві корпусу судна на стапелі. Методика ґрунтується на використанні положень теорії прийняття рішень та багатокритеріальної оптимізації.

2. Розрахунок показників технології зварювання монтажного стика показав, що головним фактором, що впливає на ефективність технології є використання нових зварювальних матеріалів у поєднанні з одностороннім зварюванням на керамічних формуючих підкладках.

3. Якісна та кількісна оцінка ефективності технологій показала, що перспективною є технологія зварювання порошковим дротом на керамічній підкладці. Металографічні дослідження зварного з'єднання виконаного механізованим способом в CO₂ порошковим дротом Hyundai Supercored 71H діаметром 1,2мм на підкладці CBM 8061 у вертикальному положенні показали, що якість швів відповідає вимогам, що висувають класифікаційні товариства.

4. Порівняльний аналіз розрахованих показників ефективності розглянутих способів зварювання дав змогу встановити, що найбільш економічним способом є одностороннє зварювання. Цей спосіб дає змогу скоротити трудомісткість виконуваних робіт і поліпшити умови роботи зварювальників. Однак технологічна собівартість цього способу перевищує значення двостороннього способу, але на цей фактор можна вплинути шляхом збільшення коефіцієнта основного часу. Значну частину технології собівартості зварювання становлять витрати на матеріали, тому скорочення їхньої вартості та економія є важливим чинником підвищення ефективності вищевказаних процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основы сварки судовых конструкций. /С.Б. Андреев, В.С. Головченко, В.Д. Горбач, В.Л. Руссо. Под общ. ред. В.Л. Руссо. – СПб.: Судостроение, 2006. – 552с.
2. Основы технологии судостроения: Учебник / под общ. ред.В.Ф.Соколов.– СПб.: Судостроение, 1995. – 400 с.; ил.
- 3.Галкин В.А. Справочник судосборщика (Судокорпусные работы). Л.: Судостроение, 1987. – 272 с., ил.
4. Романчук Н.П., Драган С.В., Сагань В.Я., Голобородько Ж.Г., Рыхальский М.А., Солониченко Ю.В. Оценивание эффективности сварки монтажных соединений корпуса судна на стадии технологической подготовки производства. // Збірник наук. праць НУК, Миколаїв, 2009, №3 (426). С. 122-130.
5. Голобородько Ж.Г. Автоматическая дуговая сварка в судостроении. // Херсон.: ООО «ПКФ «Стар» ЛТД», 2011. – с. 233.
6. Сварка в машиностроении: Справочник: В 4 т.: - Т.2 / Под ред. А.И. Акулова. – М.: Машиностроение, 1974. 768 с.
7. Основы сварки судовых конструкций / С.Б. Андреев, В.С. Головченко, В.Д. Горбач и др. Под общ. ред. В.Л. Руссо. – СПб.: Судостроение, 2006. – 522 с.
8. Михайлов В.С. Состояние и развитие основных видов судостроительных производств // Технология судостроения. – 1984. - № 1. – С. 10-14.
9. Оценка эффективности применения тонких порошковых проволок при сварке судокорпусных конструкций / В.Ф. Квасницкий, С.В. Драган, Е.Д. Гавриленко и др. // Автоматическая сварка. – 1999. - № 11. – С. 4-7.
10. Технологические процессы сварки и резки в судостроении Украины / С.В. Драган, В.В. Квасницкий, Н.П. Романчук и др. // Автоматическая сварка. – 2004. - № 8. – С. 3-6.
11. Бункин В.А., Курицкий Б.Я., Сокурено Ю.А. Решение задач оптимизации в управлении машиностроительным производством. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-е, 1976. – 232 с.
12. Коваленко И.И., Бугаенко Б.А., Драган С.В. Методы количественного

					131.6121м.03.05.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

и качественного анализа в задачах автоматизации технологической подготовки сварочного производства в судостроении // Збірник наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2008, №6, с.26-35.

13. Алимов А.Н. Механизированная сварка порошковой проволокой – путь повышения эффективности изготовления сварных конструкций // Сварщик. – 2002. - № 5. – С. 42-45.

14. Веселков В.Д. Односторонняя сварка стыковых соединений стальных корпусных конструкций. – Л.: Судостроение, 1984. – 200 с.

15. Галинич В.И., Гончаров И.А., Мосенкис Ю.Г. Сварка стыковых соединений на клеющихся стеклоподкладках // Сварщик. – 2003. - № 3. – С. 8-9.

16. Коваленко И.И., Драган С.В., Рыхальский М.А. Экспертные оценки в управлении инновационными проектами: Учеб. пособие. – Николаев: НУК, 2007. – 168 с.

17. Рыхальский М.А. Разработка комплексного показателя оптимизации технологии сборки и сварки судовых корпусных конструкций // Зб. наук. праць НУК. – 2007. - №3 (414). – С. 68-77.

18. Механизация и автоматизация судостроительного производства: Справочник/ Л.Ц. Адлерштейн, М.И. Клестов, Л.А. Нахамкин, Е.С. Панков, В.Ф. Соколов. – Л.: Судостроение, 1988. – 352 с.

19. Рыхальский М.А., Драган С.В., Сагань В.Я. и др. Автоматизированный выбор оптимального технологического процесса сварки корпуса судна: Труды НУК, №4, 2007. – 38-45с.

20. <https://studfile.net/preview/7818855/page:24/>

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

22. Расчеты в дипломных проектах по технологии и оборудованию сварочного производства: учебное пособие [Текст] / Под ред. В.Ф. Квасницкого. – Николаев: НКИ, 1991. – 89 с.

23. <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-09g2/>
24. https://www.elna.com.ua/data/images/pdf/Supercored_71_UKR_2023.pdf
25. Л.Я. Волченко. Организация и планирование работы сборочно-сварочного цеха. – Николаев: НКИ, 1989г.