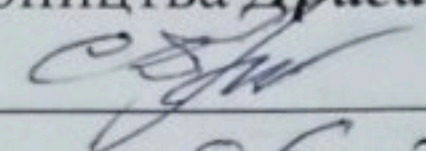


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Кораблебудівний навчально-науковий інститут

Кафедра зварювального виробництва

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри зварювального
виробництва *Драган С.В.*


« 22 » 06 2026 р.

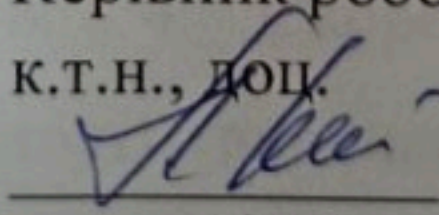
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Розробка технології складання та зварювання колони
промислової будівлі зі сталі С235

Виконав: студент групи 4127ст3


Денис ШАРУК
(підпис)

Керівник роботи:

к.т.н., доц.

Олександр КОСТІН
(підпис)

Миколаїв – 2026 р.

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

Кафедра зварювального виробництва
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
Освітня програма «Інжиніринг зварювання та споріднених процесів»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми

(підпис)

«24» 05 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Денису Шаруку

1. Тема роботи: Розробка технології складання та зварювання колони промислової будівлі зі сталі С235

Керівник роботи к.т.н., доцент Олександр Костін

Затверджені наказом ректора № 391/27 від «08» 05 2026 року

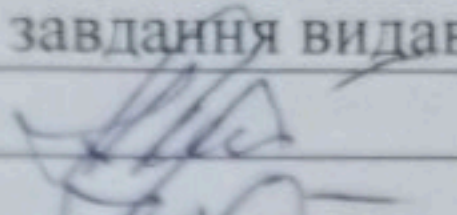
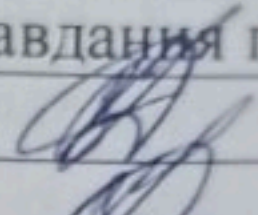
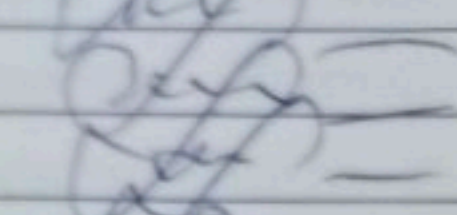
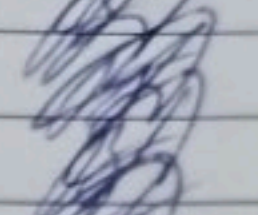
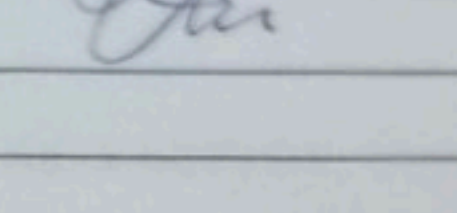
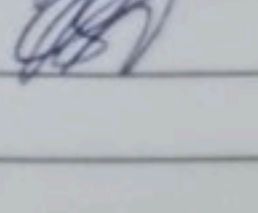
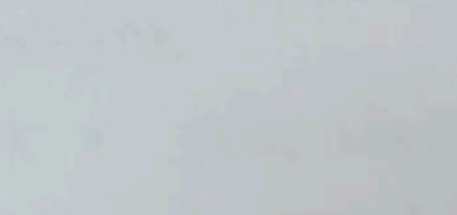
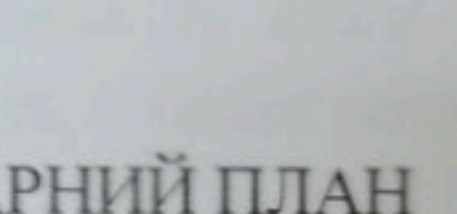
2. Термін подання роботи: 24. 05. 05

3. Вихідні дані по роботі: Креслення виробу, матеріал С235, річна програма 3000 шт.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів): 1. Аналіз конструкції, технології виготовлення та зварювання; 2. Вибір способу, режимів зварювання та дослідження структури зварювальних з'єднань; 3. Розробка технології складання та зварювання; 4. Охорона праці та навколишнього середовища; 5. Розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску.

5. Перелік презентаційних матеріалів: креслення виробу, розрахунок режимів зварювання, розрахунок термічного циклу зварювання, технологія виготовлення, розрахунок собівартості зварювальних робіт.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Костін О.М.		
2.	Костін О.М.		
3.	Костін О.М.		
4.	Костін О.М.		
5.	Костін О.М.		

7. Дата видачі завдання 11.02.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз конструкції та можливих варіантів її виготовлення	11.02.2026 виконано	
2.	Аналіз структури і властивостей зварних з'єднань	09.03.2026 виконано	
3.	Технологічний процес складання та зварювання повітрозбірника	12.04.2026 виконано	
4.	Охорона праці	17.05.2026 виконано	
5.	Економічна оцінка проекту	19.06.2026 виконано	

Студент

(підпис)

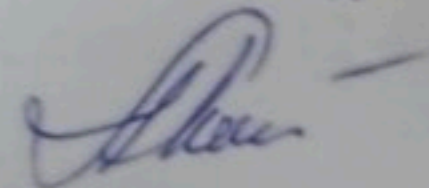


Денис ШАРУК

(ПІБ)

Керівник роботи

(підпис)



Олександр КОСТІН

(ПІБ)

Анотація

Зварювальне виробництво наразі відіграє провідну роль у царині створення металоконструкцій. Якість і безвідмовність зварних швів у відповідальних секторах промисловості — енергетиці, нафтогазовому комплексі, гірничій справі, хімічній індустрії та машинобудуванні — безпосередньо визначають рівень безпеки та рентабельності підприємств. Значна матеріалоємність виробів зумовлює потребу у впровадженні високонадійних та максимально продуктивних методів зварювання.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, 5-ти розділів основної частини, висновків та списку використаної літератури.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка технології складання та зварювання колони промислової будівлі зі сталі С235, вибір оптимального зварювального обладнання та матеріалів, а також розрахунок техніко-економічних показників процесу.

Для вирішення даної мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Вибрати раціональну послідовність зібрання та зварювання колони промислової будівлі.
2. Вибрати спосіб зварювання та розрахувати режими зварювання.
2. Виконати дослідження структури і властивостей одержуваних зварних з'єднань.
3. Вибрати зварювальні матеріали й устаткування;
4. Розрахувати собівартість виконання зварювальних робіт.

Складено проектну технологію складання та зварювання колони промислової будівлі зі сталі С235, у якій зварювальні операції з використанням механізоване зварювання у суміші захисного газу.

Запропоновано заходи щодо захисту від небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що супроводжують впровадження проектної технології.

Проведено розрахунок собівартість зварювання річної програми випуску у кількості 3000 шт. Себіавртість складає 12 455 956 грн.

Ключеві слова: колони промислової будівлі, сталь С235, режими зварювання, термічний цикл зварювання, собівартість зварювання.

Abstract

Welding production currently plays a leading role in the field of metal structure fabrication. The quality and reliability of welded seams in critical industrial sectors — energy, oil and gas, mining, the chemical industry, and mechanical engineering — directly determine the level of safety and profitability of enterprises. The significant material intensity of products necessitates the introduction of highly reliable and maximally productive welding methods.

The qualification thesis consists of an introduction, 5 chapters of the main body, conclusions, and a list of references.

The aim of the qualification thesis is to develop an assembly and welding technology for an industrial building column made of St3sp steel, to select optimal welding equipment and materials, and to calculate the technical and economic indicators of the process.

To achieve this aim, the following tasks must be accomplished:

Select a rational sequence for assembling and welding the industrial building column.

Select a welding method and calculate the welding parameters.

Conduct a study of the structure and properties of the resulting welded joints.

Select welding consumables and equipment.

Calculate the cost of performing the welding work.

A project technology for the assembly and welding of an industrial building column made of St3sp steel has been compiled, featuring welding operations using mechanized welding in a shielding gas mixture.

Measures have been proposed for protection against hazardous and harmful production factors accompanying the implementation of the project technology.

The cost calculation for welding the annual production program of 3,000 units has been carried out. The cost amounts to 12,455,956 UAH.

Keywords: industrial building columns, C235 steel, welding parameters, thermal cycle of welding, welding cost.

					131.4127ст3.16.05.ПЗ										
Ізм	Лист	№ документа	Підпис	Дата											
Студент		Шарук Д.В.			Зміст				Лит		Лист		Листів		
Керівник		Костін О.М.										2		3	
Консульт									НУК ім. Адм. Макарова						
Зав.кафед		Драган С.В.													

ЗМІСТ

ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ ТА МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ ЇЇ ВИГОТОВЛЕННЯ	
1.1. Загальна характеристика зварної колони промислової будівлі.	
1.2. Характеристика сталі С235та її зварюваності	
1.2.1 Зварюваність сталі С235.....	
1.3. Аналіз технології складання та зварювання колони.....	
Висновки та завдання дипломного проекту	
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ	
2.1. Характеристика зварних з'єднань; типи та розміри зварних з'єднань.	
2.2. Обґрунтування способу зварювання.	
2.3 Розрахунок режимів зварювання	
2.4. Розрахунок термічного циклу зварювання та визначення очікуваної структури зварних з'єднань	
2.5. Аналіз отриманої структури	
Висновки	
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ	
3.1. Принципова послідовність складання та зварювання колони промислової будівлі.	
3.1.1. Заготівельні операції.....	
3.1.2. Технологічний процес складання та зварювання колони	
3.2. Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів	
3.3. Обґрунтування вибору зварювального обладнання	
3.4. Заходи боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями	
3.5. Контроль якості зварювання	
Висновки	

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Ідентифікація професійних ризиків
4.2. Методи та засоби зниження професійних ризиків
4.3. Забезпечення пожежної безпеки.....
4.4. Забезпечення екологічної безпеки.....
4.5. Розрахунок системи місцевої вентиляції у закритих приміщеннях.....
Висновки

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ВИКОНАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ

Висновки

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

					131.4127ст3.16.05.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

					131.4127ст3.16.05.ПЗ											
Ізм	Лист	№ документу	Підпис	Дата												
Студент		Шарук Д.В.			ВСТУП					Лит		Лист		Листів		
Керівник		Костін О.М.											1		2	
Консульт										НУК ім. Адм. Макарова						
Зав. кафедр		Драган С.В.														

ВСТУП

Зварювальне виробництво наразі відіграє провідну роль у царині створення металоконструкцій. Якість і безвідмовність зварних швів у відповідальних секторах промисловості — енергетиці, нафтогазовому комплексі, гірничій справі, хімічній індустрії та машинобудуванні — безпосередньо визначають рівень безпеки та рентабельності підприємств. Значна матеріалоємність виробів зумовлює потребу у впровадженні високонадійних та максимально продуктивних методів зварювання.

Еволюція зварювальних технік і технологій має відбуватися синхронно з удосконаленням економічних механізмів та організаційної структури виробництва. Саме тому постає нагальна необхідність у ґрунтовній підготовці управлінських кадрів для зварювальної галузі. Фахівці-зварювальники мусять володіти не лише технічними навичками, а й глибокими компетенціями в питаннях економіки, менеджменту та планування виробничих процесів.

У фокусі даного дослідження перебуває технологічний процес складання та зварювання колони промислової споруди.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка технології складання та зварювання колони промислової будівлі зі сталі С235, вибір оптимального зварювального обладнання та матеріалів, а також розрахунок техніко-економічних показників процесу.

					131.4127ст3.16.05.ПЗ	Лист
						6
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

					131.4127ст3.16.05.01.ПЗ								
Ізм	Лист	№ документу	Підпис	Дата									
Студент		Шарук Д.В.				Лит			Лист		Листів		
Керівник		Костін О.М.							1				
Консульт						НУК ім. Адм. Макарова							
Зав.кафед		Драган С.В.											

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ ТА МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ ЇЇ ВИГОТОВЛЕННЯ

1.1. Загальна характеристика зварної колони промислової будівлі

Сталеві колони є основними несучими конструкціями металевого каркаса, що беруть на себе головні навантаження будівлі або споруди. Конструкція колони включає базу, стрижень та оголовок.

Використання колон постійного перерізу доцільне в конструкціях будівель заввишки до 9 метрів, не обладнаних мостовими кранами значної вантажопідйомності. Колони змінного перерізу, на відміну від попередніх, вирізняються вищою економічною ефективністю та рекомендовані для застосування за наявності мостових кранів вантажопідйомністю до 50 тонн. У випадку експлуатації кранів великої потужності (понад 50 т) проєктом передбачається монтаж колон із розгалуженою структурою стрижня (двовіткових або тривіткових).

Колони постійного перерізу застосовують за відсутності мостових кранів великої вантажопідйомності та при висоті до 9 метрів.

Колони змінного перерізу є більш економічними, ніж колони постійного перерізу. Використовуються за наявності мостових кранів невеликої вантажопідйомності (до 50 т).

Колони з вітами (двовіткові, тривіткові тощо) використовуються за наявності кранів великої вантажопідйомності (понад 50 т).

За характером сприйняття навантажень колони поділяються на:

- центрально-стиснуті;
- позацентрово-стиснуті [1].

Конструкція сталевих колон.

Основні конструктивні елементи:

- база (місце кріплення колони до фундаменту);
- стрижень (середня частина колони);
- консоль (ділянка кріплення підкранової балки);

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- оголовок – верхня частина колони;
- решітка.

Металеві колони одноповерхових промислових будівель проєктуються двох основних типів: сталого (постійного) та змінного перерізу. У колонах змінного перерізу надкранова частина завжди виконується суцільною, тоді як підкранова секція може мати як суцільний, так і наскрізний переріз.

Наскрізні колони формуються з окремих віток, об'єднаних у просторову систему за допомогою решітки. Окремим підвидом є роздільні колони, де шатрова та підкранова вітки функціонують як незалежні елементи. За умови переважного центрального стиску та нехтовно малих значень згинальних моментів доцільним є використання колон суцільного перерізу, які виготовляються з прокатних широкополочкових або зварних двотаврів. Для створення конструкцій наскрізного типу застосовують сортамент із двотаврів, швелерів та кутиків (рис. 1.1).

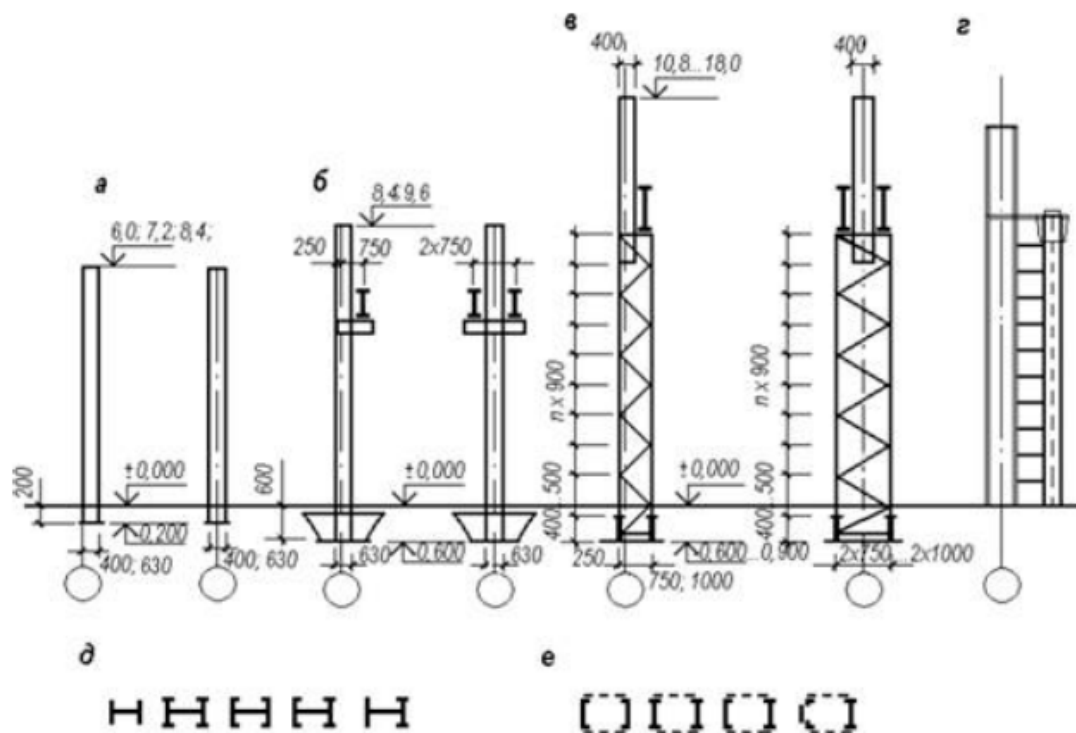


Рис. 1.1. Типи сталевих колон: *а, б* – постійного перерізу; *в* – змінного перерізу; *г* – роздільного типу; *д* – переріз суцільних колон; *е* – те саме, наскрізних [1]

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

У будівлях, не обладнаних мостовими кранами, а також у спорудах з кранами вантажопідйомністю до 20 т і висотою до 8,4 м, передбачено встановлення уніфікованих сталевих колон постійного перерізу. Їх виготовляють у вигляді зварних двотаврів із висотою стінки 400 або 630 мм (рис. 1.1 *а, б*). Для будівель заввишки від 10,8 до 18,0 м, оснащених кранами вантажопідйомністю до 50 т, застосовують уніфіковані двоступеневі колони, що складаються з підкранової та надкранової секцій (рис. 1.1 *в*). У випадках, коли висота будівлі перевищує 18 м, а вантажопідйомність мостових кранів сягає 75 т і більше, колони розробляють за індивідуальними проектами. Для особливо важких кранів (від 125 т) доцільним є використання колон роздільного типу.

З'єднання колони з фундаментом здійснюється за допомогою її нижньої частини, де конструктивно передбачено сталеву базу (башмак). Фіксація баз колон до фундаментів виконується анкерними болтами, закладеними у тіло фундаменту на етапі його бетонування [2].

Дана зварна конструкція є опорною стійкою для виготовлення цехового приміщення і може бути використана як у якості кутової, так і в якості проміжної стійки (рис. 1.2).

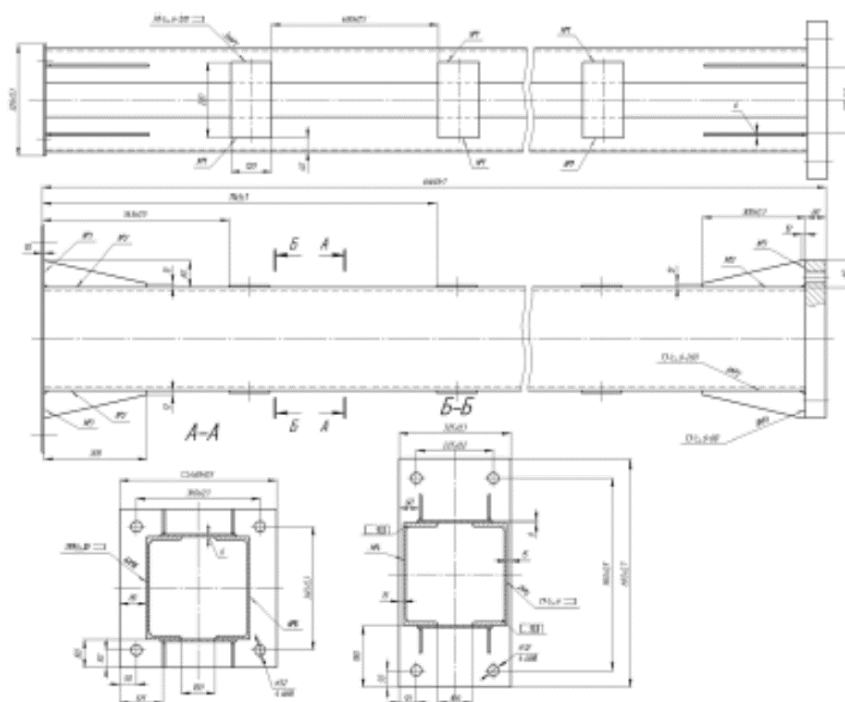


Рис. 1.2. Ескіз колони

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Виробництво колон здійснюється на спеціалізованих машинобудівних підприємствах та заводах металоконструкцій. Базовою сировиною для їх виготовлення слугує металопрокат, зокрема: кутики, швелери, двотаври, труби та листовий прокат.

Технологічний процес передбачає застосування ручного дугового, напівавтоматичного та автоматичного зварювання.

Розглядувана колона має наскрізний поперечний переріз. Її стрижень, який працює на центральний стиск, сформовано з двох віток (швелерів), об'єднаних між собою решіткою у вигляді пластин. За проєктною документацією загальна кількість таких з'єднувальних пластин становить 22 одиниці (по 11 на кожен бічну площину). Додатково, з метою підвищення місцевої стійкості, встановлюються парні ребра жорсткості, які приварюються до широких полиць швелерів у зонах бази та оголовка стійки.

У конструкціях наскрізних колон, що складаються з двох віток, обов'язковим є дотримання зазору між внутрішніми полицями в межах 100–150 мм. Це необхідно для забезпечення доступу до внутрішніх площин з метою їх подальшого антикорозійного фарбування. У розглянутій опорній стійці ця дистанція дорівнює 100 мм, що цілком достатньо для проведення як фарбувальних, так і складальних робіт [2].

Швелери орієнтовані полицями всередину перерізу. Для зварних колон наскрізного типу таке розташування визнано найраціональнішим, оскільки воно дозволяє мінімізувати ширину сполучних решіток і водночас максимально ефективно використати зовнішній габарит колони.

Решітка, яка об'єднує вітки у єдиний стрижень, є критично важливим елементом, що визначає загальну стійкість колони проти втрати рівноваги. Залежно від розрахункових навантажень, застосовують різні конструктивні схеми решіток: розкісну, розкісно-розпирну або, як у цьому конкретному випадку, безрозкісну (планкову) (рис.1.3).

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

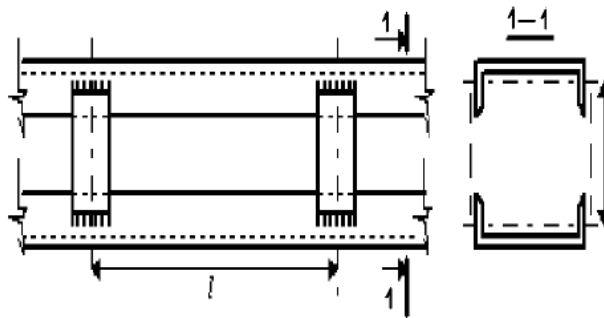


Рис. 1.3. Конструктивна схема наскрізного перерізу на планках [2]

З'єднувальні планки формують у площині грані колони безрозкісну систему, яка характеризується наявністю жорстких вузлів та елементів, що зазнають деформацій згину. Саме через це безрозкісний тип решітки демонструє нижчу жорсткість порівняно з розкісними аналогами.

Застосування безрозкісної решітки є технічно виправданим і доцільним для колон, розрахункове навантаження на які не перевищує 2000–2500 кН. Враховуючи, що навантаження на опорну стійку в даному випадку становить менше ніж 2000 кН, таке рішення є цілком прийнятним.

Для забезпечення незмінності геометрії поперечного перерізу наскрізної колони по всій її висоті вітки додатково об'єднують поперечними діафрагмами. Крок встановлення таких діафрагм регламентований у межах 3–4 метрів. Згідно з проектом, у конструкції передбачено монтаж трьох діафрагм, одна з яких розміщується приблизно по центру висоти стійки — у проміжку між сусідніми планками [2].

1.2. Характеристика сталі С235 та її зварюваності

Конструкція запроєктованої колони формується з двох швелерів та листового прокату. Сортамент гарячекатаних сталевих швелерів загального й спеціального призначення, регламентований ДСТУ 3436-96, охоплює профілі висотою від 50 до 400 мм із шириною полиць у діапазоні від 32 до 115 мм [3].

Завдяки високим експлуатаційним показникам швелер знаходить широке застосування у сферах, де до будівельних і монтажних елементів висуваються

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

жорсткі вимоги щодо міцності та надійності, — насамперед при виготовленні відповідальних металоконструкцій. У конструкції даної колони як вітки використано швелер марки 30П.

Листова сталь використовується двох товщин: 6 мм для оголовка та 60 мм для п'яти.

Швелери та листова сталь виготовляються зі сталі марки С235. Це конструкційна вуглецева сталь звичайної якості. Застосовується при виготовленні несучих елемент

Для виготовлення швелерів та листових елементів конструкції прийнято сталь марки С235, яка належить до категорії конструкційних вуглецевих сталей звичайної якості. Матеріал призначений для створення несучих компонентів зварних металоконструкцій та деталей, експлуатація яких передбачається за додатних температур. Дані щодо хімічного складу сталі С235 систематизовано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі С235 (у %) [4]

C□	Si□	Mn□	Ni□	S□	P□	Cr□	N□	Cu□
≤0,22□	≤0,05□	≤0,60□	≤0,30□	≤0,040□	≤0,040□	≤0,30□	≤0,012□	≤0,30□

Механічні властивості сталі С235 наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості за T = 20 °C сталі С235

<u>Товщина, мм</u>	<u>Межа плинності, Н/мм2, не менше</u>	<u>Тимчасовий опір, Н/мм2, не менше</u>	<u>Відносне подовження δ5, %</u>
2,0-3,9	235	360	-
4,0	235	360	-

Зварювання виконується без підігріву та без подальшої термообробки.

1.2.1 Зварюваність сталі С235

Зварюваністю називають здатність сталі формувати якісне зварне з'єднання. Ця властивість визначається внутрішніми та зовнішніми чинниками. До них, крім хімічного складу, відносять режими зварювання (технологію), жорсткість зварного вузла, а також сукупність вимог до зварного з'єднання, які диктуються умовами експлуатації.

Зварюваність є якісною характеристикою і для різних сталей не однакова. Сталі підрозділяють за зварюваністю на чотири групи [5].

1. Перша група – сталі, зварюваність яких є доброю: якісне зварне з'єднання формується при типових режимах усіма видами зварювання, без попереднього та супутнього нагрівання.

2. Друга група – сталі із задовільною зварюваністю. Для них якісне з'єднання досягне лише в обмеженому діапазоні режимів, з використанням додаткових технологічних операцій (зокрема, попереднього підігріву конструкції).

3. Третя група – сталі з обмеженою зварюваністю. Задовільна якість зварних з'єднань тут можлива виключно у дуже вузькому діапазоні режимів, за обов'язкової умови попереднього та супутнього підігріву під час зварювання, а також наступної термічної обробки після зварювання.

4. Четверта група — сталі з поганою зварюваністю. Для них характерне утворення гарячих або холодних тріщин під час чи після зварювання, навіть при використанні спеціальних технологічних прийомів. Крім того, ознакою поганої зварюваності є підвищена схильність металу до виникнення гартувальних структур у зоні зварювання.

Найсильніше на зварюваність сталей впливає вуглець. Чим більше у сталі вуглецю та деяких інших легуючих елементів, тим гіршою стає її зварюваність. Для зварних конструкцій переважно використовують конструкційні низьковуглецеві, низьколеговані, а також леговані сталі. Підвищений вміст вуглецю збільшує ризик утворення тріщин і ускладнює досягнення однакових властивостей по всьому зварному з'єднанню. Низьковуглецеві та низьковуглецеві

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

низьколеговані сталі характеризуються доброю зварюваністю. Головна вимога під час зварювання цих сталей — забезпечити рівномірність зварного з'єднання з основним металом та відсутність дефектів у шві. Для цього механічні властивості металу шва та зони термічного впливу мають бути не нижчими за мінімально допустимі значення відповідних властивостей основного металу [5].

При зварюванні низьковуглецевих та низьковуглецевих низьколегованих сталей з використанням належних зварювальних матеріалів, метал шва має вищий вміст кремнію та марганцю порівняно з основним металом. Відповідно, його механічні характеристики у більшості випадків перевищують аналогічні показники основного металу. У такій ситуації основною вимогою до зварювання є забезпечення заданих геометричних параметрів зварного шва та відсутності в ньому дефектів.

При зварюванні сталі С235 усіма видами зварювання отримані шви виявляють задовільну опірність утворенню кристалізаційних тріщин та не є схильними до формування холодних тріщин.

Якщо розрахований вуглецевий еквівалент сталі становить менше 0,45%, її можна зварювати без попереднього підігріву [6,7].

Вуглецевий еквівалент визначимо за формулою:

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

$$C_{\text{екв}} = 0,18 + 0,525/6 + 0,3/5 + 0,3/15 = 0,18 + 0,0875 + 0,06 + 0,02 = 0,35 \%$$

Оскільки C_e виявився меншим за 0,45%, то попередній підігрів для даної марки сталі при її товщині $S = 6$ мм не потрібен.

1.3. Аналіз технології складання та зварювання колони

Оскільки зварна колона промислової будівлі являє собою конструкцію коробчастого перерізу то розглянемо технологію виготовлення балок коробчастого перерізу.

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

У дрібносерійному виробництві технологія виготовлення балок коробчастого перерізу майже не відрізняється від технології виготовлення двотаврових балок.

Загальна схема технологічного процесу виготовлення є такою. Після виконання розкрою окремих елементів (поясних листів, стінок, діафрагм) та підготовки кромek розпочинають складальні роботи. У разі виготовлення балок значної довжини полиці та стінки компонують із декількох листів і з'єднують стиковим зварюванням. Для уникнення неспроможності зварювання здійснюють або двостороннім, або на мідній підкладці з формуванням кореня шва зі зворотного боку.

Технологічний процес складання балки передбачає таку послідовність операцій. Спочатку на верхньому поясі встановлюють діафрагми. Потім, використовуючи діафрагми як шаблони, монтують бокові стінки, які фіксують прихопленням до поясу та діафрагм. Далі виконують необхідне кантування для забезпечення можливості зварювання діафрагм зі стінками у нижньому просторовому положенні. Після цього прихоплюють нижній пояс. Завершальною операцією є зварювання поясних швів, яке зазвичай виконують у кутовому положенні «у кут».

У виробництві балок коробчастого перерізу значної механізації трудових процесів можна досягти лише в умовах серійного виробництва. Типовим прикладом крупносерійного виготовлення є виробництво підкранових балок на потоковій лінії Узловського машинобудівного заводу. Через значну довжину балок (до 36 м) лінія має поперечний напрямок потоку та поздовжнє переміщення обладнання й механізмів відносно виробу. Схему потокової лінії наведено на рис. 1.4.

Усі заготівельні операції проводяться в окремому цеху. Портовий (портальний) кран 10, обладнаний електромагнітними захватами, по черзі подає на рольганг 9 заготовки полиць або стінок. У зварювальному стенді 8 виконують складання поперечних стиків елементів балки та їхнє автоматичне зварювання

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

під флюсом за один прохід із формуванням зворотного боку шва на мідній підкладці, що охолоджується.

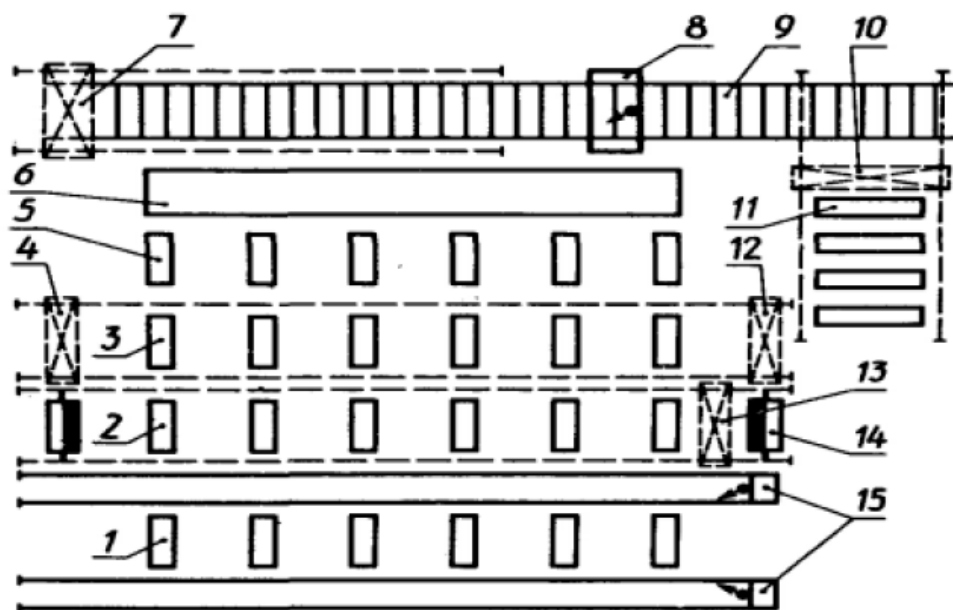


Рис. 1.4. Поточна лінія виготовлення балок коробчастого перерізу: 1 – стенд для зварювання поясних швів; 2 – стенд остаточного складання; 3 – стенд для прогинання балки; 4 – портална самохідна установка для складання стінок; 5 – стенд для складання та зварювання верхнього пояса з діафрагмами; 6 – накопичувач; 7 – ділянка рентгенівського контролю; 8 – зварювальний стенд; 9 – роликовий конвеєр; 10 – порталний кран; 11 – склад оброблених заготовок; 12 – портална установка для зварювання діафрагми зі стінками; 13 – самохідний портал; 14 – гідродомкрат; 15 – зварювальний автомат.

Рентгенівська апаратура змонтована в порталній установці 7, яка забезпечує рентгенографічний контроль усіх зварних швів, передбачених технічними умовами. Як правило, контролюються всі поперечні шви нижнього (розтягнутого) пояса, а також проводиться вибірковий контроль швів інших елементів. На стенді 5 виконують складання та зварювання верхнього пояса з діафрагмами (так званої «гребінки»). Центральні козелки стенда 3 мають регулювання за висотою, що дає змогу під час складання балки створювати будівельний підйом.

Складання бокових стінок виконується за допомогою порталної установки 4, яка, переміщуючись по напрямних уздовж балки, притискає стінки до діафрагм і верхнього пояса. Для зменшення залишкових зварювальних деформацій два

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

шви, що фіксують діафрагму до стінки, розташовують з протилежних боків відносно діафрагми. Перед складанням нижнього пояса з балкою необхідно усунути кутові деформації з'єднання діафрагми зі стінкою. З цією метою застосовують метод попереднього вигину балки у зворотному напрямку. Ця операція не тільки ліквідує гофри стінок, але й створює в нижньому поясі попередні напруження стиснення.

Далі балку передають на стенд 1 для зварювання поясних швів. Два автомати 15 одночасно виконують зварювання під флюсом двох поясних швів. Після завершення зварювання першої пари швів балку кантують краном і аналогічним чином зварюють другу пару швів.

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки та завдання дипломного проекту

Аналіз технології складання та зварювання, а також вивчення конструктивних особливостей колони дає змогу зробити такі висновки:

1. У першому розділі розглянуто конструктивні особливості зварної колони промислової будівлі. Встановлено, що колона має наскрізний поперечний переріз, сформований із двох віток (швелерів марки 30П), об'єднаних між собою безрозкісною (планковою) решіткою. Така конструкція є технічно виправданою при навантаженнях до 2000–2500 кН, що відповідає умовам експлуатації даної опорної стійки.

2. Для виготовлення колони застосовано сталь марки С235 — конструкційну вуглецеву сталь звичайної якості. Наведено хімічний склад та механічні властивості цієї сталі, які відповідають вимогам ДСТУ 3436-96.

3. Виконано аналіз зварюваності сталі С235 згідно з класифікацією за чотирма групами. Встановлено, що дана сталь належить до першої групи — з доброю зварюваністю. Шви, виконані всіма способами зварювання, мають задовільну стійкість до утворення кристалізаційних тріщин і не схильні до виникнення холодних тріщин.

4. Розрахунок вуглецевого еквівалента. За формулою міжнародного інституту зварювання (IIW) розраховано вуглецевий еквівалент сталі С235, який становить 0,35 %. Оскільки отримане значення не перевищує 0,45 %, зварювання даної марки сталі при товщині елементів 6 мм може виконуватися без попереднього підігріву та без подальшої термічної обробки.

5. Розглянуто технологічний процес виготовлення балок коробчастого перерізу (аналогічний для колон) у дрібносерійному та крупносерійному виробництві. Описано послідовність складальних і зварювальних операцій: від розкрою заготовок до зварювання швів.

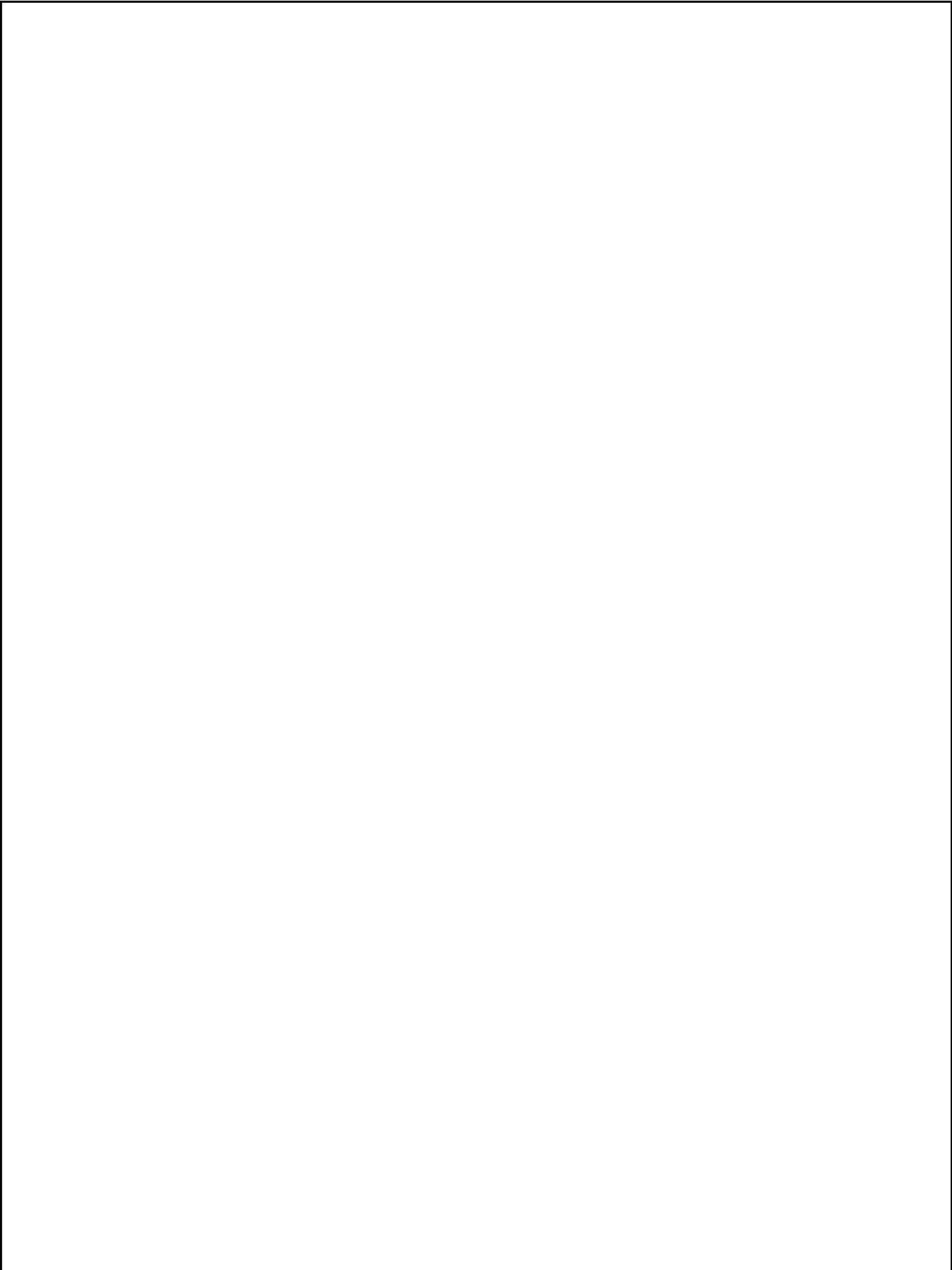
На основі проведеного аналізу виготовлення колони, для реалізації поставленої мети — розробка технології складання та зварювання колони промислової будівлі зі сталі С235, вибір оптимального зварювального обладнання

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

та матеріалів, а також розрахунок техніко-економічних показників процесу — необхідно вирішити наступні завдання:

1. Вибрати раціональну послідовність зібрання та зварювання колони промислової будівлі.
2. Вибрати спосіб зварювання та розрахувати режими зварювання.
2. Виконати дослідження структури і властивостей одержуваних зварних з'єднань.
3. Вибрати зварювальні матеріали й устаткування;
4. Розрахувати собівартість виконання зварювальних робіт.

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



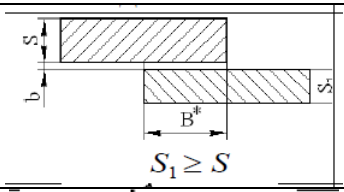
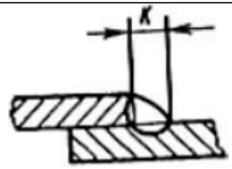
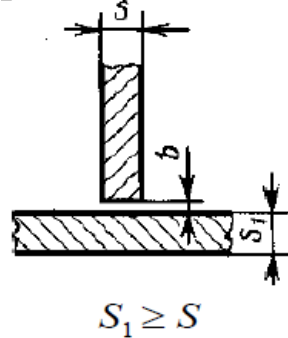
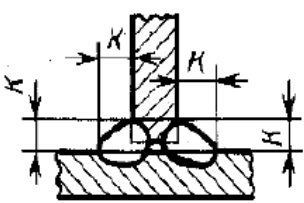
					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ											
Ізм	Лист	№ документу	Підпис	Дата												
Студент	Шарук Д.В.				Аналіз структури і властивостей зварних з'єднань					Лит		Лист		Листів		
Керівник	Костін О.М.												1			
Консулт										НУК ім. Адм. Макарова						
Зав.кафед	Драган С.В.															

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

2.1. Характеристика зварних з'єднань; типи та розміри зварних з'єднань

Зварну колону виготовляють зі швелера 30П та листового прокату завтовшки 6 і 60 мм. У конструкції передбачено з'єднання листів зі швелером внапусток (позначення Н1), а також таврові шви (позначення Т1/Т3), катет яких становить 6 та 10 мм. Відомості щодо геометричних параметрів підготовки кромки наведено відповідно до ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 [9] наведено у табл. 2.1.

Таблиці 2.1 – Геометричні розміри підготовки кромки

Умовне позначення зварного з'єднання та геометричні розміри підготовки кромки	Конструктивні елементи		S	B	b	
	Підготовка кромки зварних деталей	Шов зварного з'єднання			Ном. відх.	Гран. відх.
Н1 (3.1.2)			5,5-10	8,2-40,0	0	-1,0
Т1, Т3 (1.1.3, 4.1.3)			6,0-10	0,8-60	0	+1,5

2.2 Обґрунтування способу зварювання

Для зварювання колон зазначеного типу найдоцільніше застосовувати два методи: основний – ручне дугове зварювання покритими електродами, та

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

альтернативний – механізоване зварювання плавким дротом суцільного перерізу в захисному газовому середовищі.

Ручне дугове зварювання, попри свою універсальність, на сьогодні вважається морально застарілою технологією. Цьому методу притаманний ряд суттєвих недоліків, а саме:

- низька продуктивність;
- висока кваліфікація зварника при зварюванні відповідальних зварних конструкцій;
- шкідливі та важкі умови праці.

Значного поширення у виробництві здобуло зварювання та наплавлення плавким дротом у середовищі вуглекислого газу (CO_2). Цей метод вирізняється найнижчою собівартістю при роботі з вуглецевими та низьколегованими сталями, а також демонструє вищу продуктивність. Як наслідок, за обсягами виконання робіт він впевнено лідирує серед механізованих технологій зварювання плавленням.

Під час зварювання в захисному газі електрод, зона дуги та зварювальна ванна захищені струменем захисного газу рис.2.1 [10].

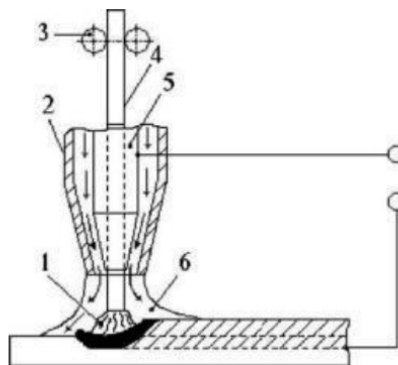


Рис. 2.1. Схема зварювання в середовищі вуглекислого газу: 1 – електрична дуга; 2 – газове сопло; 3 – подавальні ролики; 4 – електродний дріт; 5 – струмopідвідний мундштук; 6 – вуглекислий газ.

Зварювальний процес передбачає застосування вуглекислого газу (CO_2) — безбарвної речовини з ледь відчутним запахом. Цей газ важчий за повітря в 1,52 рази та не вступає у взаємодію з твердими чи рідкими металами. Промисловість виготовляє CO_2 трьох марок: зварювальний (чистота 99,5 %), харчовий (98,5 %) та

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

технічний (98,0 %). Для потреб зварювання газ транспортують та утримують у зрідженій формі в стандартних сталевих балонах ємністю 40 літрів за тиску 7 МПа.

Залежно від рівня механізації операцій подачі дроту та руху пальника, зварювання в середовищі захисних газів поділяють на ручне, напівавтоматичне та автоматичне. Сфера використання цього методу є надзвичайно широкою та включає різноманітні матеріали й вироби. Зокрема, у атмосфері вуглекислого газу виконують з'єднання конструкцій із вуглецевих та низьколегованих сталей. Завдяки вищій продуктивності та економічній доцільності механізованого зварювання в CO_2 дедалі частіше витісняє традиційне ручне дугове зварювання покритими електродами.

Переваги способу:

- можливість зварювання в усіх просторових положеннях;
- висока продуктивність (у 1,5–2 рази вища, ніж у РДЗ);
- висока проплавлювальна здатність;
- значний спектр матеріалів, що зварюються;
- відсутність шлаків на поверхні зварювальної ванни;
- легша техніка зварювання.

Недоліки способу:

- використання додаткового газового обладнання;
- проблеми зварювання в умовах монтажу (протяги, вітер, дощ);
- розбризкування при крупнокрапельному перенесенні.

Проведений аналіз переваг та недоліків дозволяє стверджувати, що раціональним рішенням для зварювання цієї конструкції є застосування механізованого процесу в середовищі захисного газу CO_2 [11].

2.3. Розрахунок режимів зварювання

Знаючи катет шва, визначають площу поперечного перерізу наплавленого металу за формулою:

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_n = \frac{k^2}{2} = \frac{6^2}{2} = 18 \text{ мм}^2,$$

де, k – катет кутового шва.

Для $k = 10 \text{ мм}$ $F_n = 50 \text{ мм}^2$.

Силу зварювального струму $I_{зв}$ розрахуємо за формулою:

$$I_{зв} = (\pi d_e^2 / 4) \cdot j$$

де j – допустима густина струму, вибирається у залежності від діаметра електродного дроту d_e . Для механізованого зварювання даних товщин $d_e = 1,2 \text{ мм}$. Приймаймо $j = 160 \text{ А/мм}^2$ [12].

$$I_{зв} = (3,14 \cdot 1,2^2 / 4) \cdot 160 = 180,9 \text{ А}$$

приймаймо $I_{зв} = 180 \text{ А}$.

Для $k = 10 \text{ мм}$ приймаймо $j = 180 \text{ А/мм}^2$.

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

Приймаймо $I_{зв} = 200 \text{ А}$.

Визначаємо оптимальну напругу дуги:

$$U_d = 20 + \left(50 \cdot \frac{10^{-3}}{\sqrt{d_e}} \right) \cdot I_{зв} \pm 1 \text{ В, В}$$

$$U_d = 20 + (50 \cdot (10^{-3} / 1,095)) \cdot 180 = 28 \text{ В} (k = 6 \text{ мм}).$$

$$U_d = 20 + (50 \cdot (10^{-3} / 1,095)) \cdot 200 = 29 \text{ В} (k = 10 \text{ мм}).$$

Розрахунок швидкості зварювання виконуємо за формулою:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{\gamma \cdot F_n}, \text{ м/год.},$$

де α_n коефіцієнт наплавлення. Для зварювання у вуглекислому газі дротом суцільного перерізу $\alpha_n = 19 \text{ г/А} \cdot \text{год}$. Густина металу електродного дроту, для сталі $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$.

$$V_{зв} = (19 \cdot 180) / (7,8 \cdot 18) = 24,4 \text{ м/год} = 0,68 \text{ см/с} (k = 6 \text{ мм}).$$

$$V_{зв} = (19 \cdot 200) / (7,8 \cdot 50) = 9,7 \text{ м/год} = 0,27 \text{ см/с} (k = 10 \text{ мм}).$$

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Погонна енергія:

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

де η – ефективний ККД процесу нагріву (для механізованого зварювання у захисних газах $\eta = 0,7 \dots 0,75$).

$$q_n = (180 \cdot 28 \cdot 0,75) / 0,68 = 5559 \text{ Дж/см. } (k = 6 \text{ мм}).$$

$$q_n = (200 \cdot 29 \cdot 0,75) / 0,27 = 16111 \text{ Дж/см. } (k = 10 \text{ мм}).$$

У табл.2.2. наведено розрахункові режими зварювання.

Таблиця 2.2 – Розрахункові режими зварювання

Тип з'єднання	Катет кутового шва, мм	F_n , мм ²	$I_{зв}$, А	U_d , В	$V_{зв}$, см/с	q_n , Дж/см
Н1,Т1,Т3 (3.1.2, 1.1.3, 4.1.3)	6	18	180	28	0,68	5559
Т1 (1.1.3)	10	50	200	29	0,27	16111

2.4 Розрахунок термічного циклу зварювання та визначення очікуваної структури зварних з'єднань

Розрахунок термічних циклів базується на параметрах режиму зварювання. Особливу увагу необхідно приділити коректному вибору та обґрунтуванню розрахункової схеми. Залежно від умов, джерело теплоти моделюють як лінійне або точкове, а виріб розглядають або як нескінченну пластину, або як напівнескінченне масивне тіло. Якщо метал проплавляється на всю глибину (наприклад, стикове з'єднання, виконане за 1–2 проходи), тіло приймають за пластину; в інших випадках — за масивний виріб. Під час зварювання кутових швів та наплавлення розрахунковою схемою також слугує масивне тіло. У випадку швидкорухомого потужного джерела теплоти застосовують наведені нижче формули для відповідної геометрії [12,13]. Оскільки у даної конструкції виконуються зварні шви таврові та в напусток то використовується розрахунок за масивним тілом.

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для масивного тіла:

$$T(r_0, t) = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \nu \cdot t} \cdot e^{\frac{-r_0^2}{4at}} + T_0,$$

де t – час, що відраховується з того моменту, коли джерело перетинає площину, в якій знаходиться точка, що розглядається і має координати y_0, z_0 ; $r_0 = \sqrt{y_0^2 + z_0^2}$ – відстань в площині, що розглядається від обраної точки до вісі переміщення джерела;

q – ефективна теплова потужність дуги;

T_0 – температура підігріву = 0;

$a = \lambda / c\gamma$ – коефіцієнт теплопроводності = 0,08 см³/з;

λ – коефіцієнт теплопроводності, що для низьковуглецевих і низьколегованих сталей дорівнює:

$\lambda = 0,38 - 0,42$ Дж/(см*с*К);

$c\gamma$ – об'ємна теплоємність, $c\gamma = 4,9 - 5,2$ Дж/(см³*К);

Знайдемо ефективну теплову потужність дуги для з'єднання Н1 (катет 6 мм) і Т1 (катет 10 мм):

$$q = I_{зв} \cdot U_d \cdot \eta = 180 \cdot 28 \cdot 0,75 = 3780 \text{ Дж/с. (Н1, } k = 6 \text{ мм);}$$

$$q = I_{зв} \cdot U_d \cdot \eta = 200 \cdot 29 \cdot 0,75 = 4350 \text{ Дж/с. (Т1, } k = 10 \text{ мм);}$$

$$r_0 = \sqrt{\frac{0,736 q}{\pi c \gamma \nu_H T_M}} = \sqrt{\frac{0,736 \cdot 3780}{3,14 \cdot 5 \cdot 0,68 \cdot 1350}} = 0,44 \text{ см (Н1, } k = 6 \text{ мм);}$$

$$r_0 = \sqrt{\frac{0,736 q}{\pi c \gamma \nu_H T_M}} = \sqrt{\frac{0,736 \cdot 4350}{3,14 \cdot 5 \cdot 0,27 \cdot 1350}} = 0,75 \text{ см (Т1, } k = 10 \text{ мм).}$$

Розрахунок зміни температури в часі в точці $r_0 = 0,44$ см для з'єднання Н1 наведено у табл. 2.3.

Розрахунок зміни температури в часі в точці $r_0 = 0,75$ см для з'єднання Т1 наведено у табл. 2.4.

131.4127ст3.16.05.02.ПЗ					
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Таблиця 2.3 – Зміна температури в часі в точці $r_0 = 0,44$ см

t, c	$T, ^\circ C$
1	4052
1,2	3053
1,4	2435
1,6	2019
1,8	1721
2	1497
2,2	1324
2,4	1186
2,6	1074
2,8	981
3	902
3,2	835
3,4	778
3,6	727
3,8	683
4	644
4,2	609
4,4	577
4,6	549
4,8	523
5	500
10	235
15	154
20	114

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 – Зміна температури в часі в точці $r_0 = 0,75$ см

$t, \text{с}$	$T, ^\circ\text{C}$
1	37454
2	7776
3	3868
4	2505
5	1836
6	1443
7	1186
8	1006
9	872
10	770
11	689
12	623
13	569
14	523
15	484
16	450
17	421
18	396
19	373
20	353
21	334
22	318
23	303
24	290
25	277

Розрахунок температури A_{C3} для сталі C235:

$$\begin{aligned}
 A_{C3} &= 910 - 230C + 32Si - 25Mn - 8Cr - 18Ni + 2Mo = \\
 &= 910 - 230 \cdot 0,18 + 32 \cdot 0,23 - 25 \cdot 0,53 - 8 \cdot 0,3 - 18 \cdot 0,3 = \\
 &= 910 - 41,4 + 7,36 - 13,25 - 2,4 - 5,4 = 855 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Графіки залежності $T=f(t)$ зварного термічного циклу наведений на рис.2.2.

Діаграма термодинамічного перетворення аустеніту сталі C235приведена на рис.2.3.

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

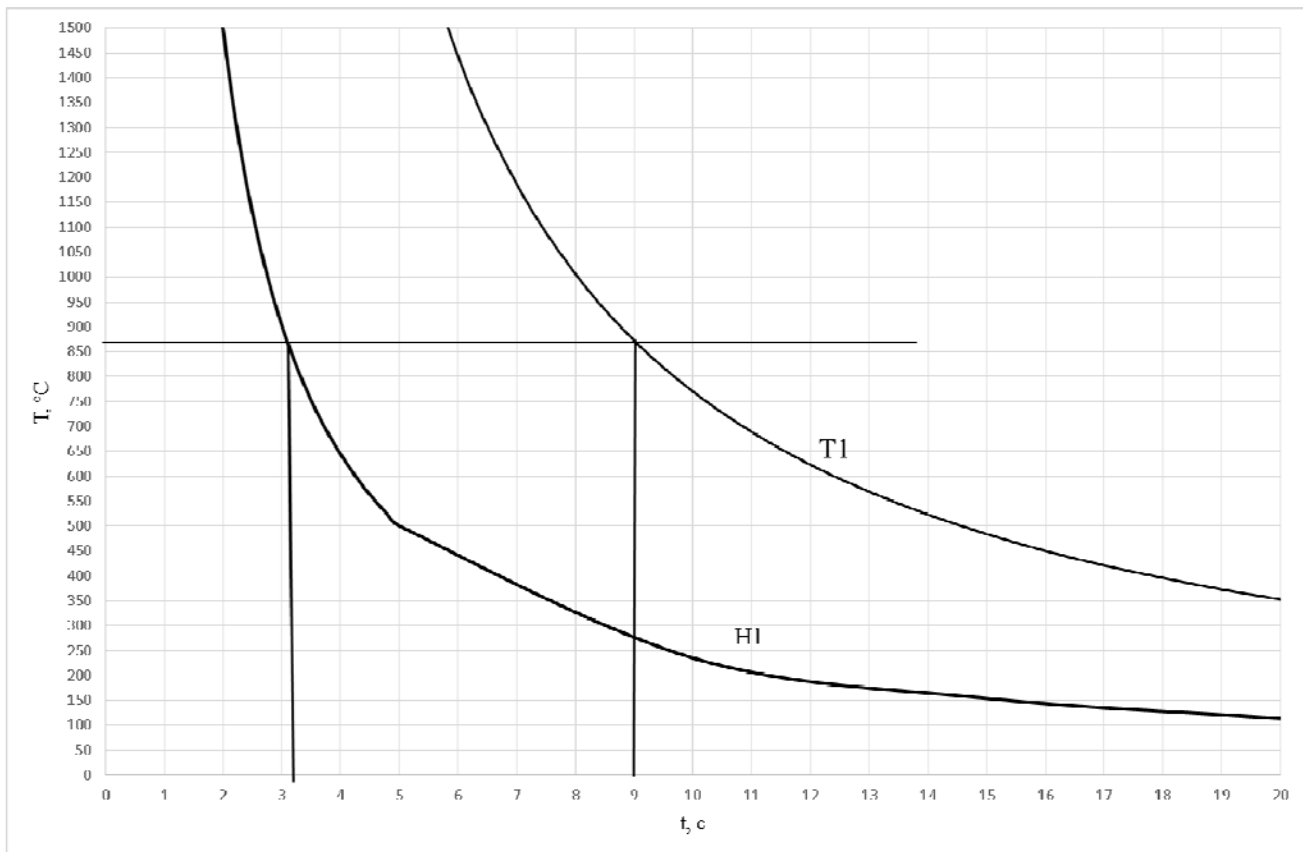


Рис.2.2. Графік залежності $T=f(t)$ зварних термічних циклів

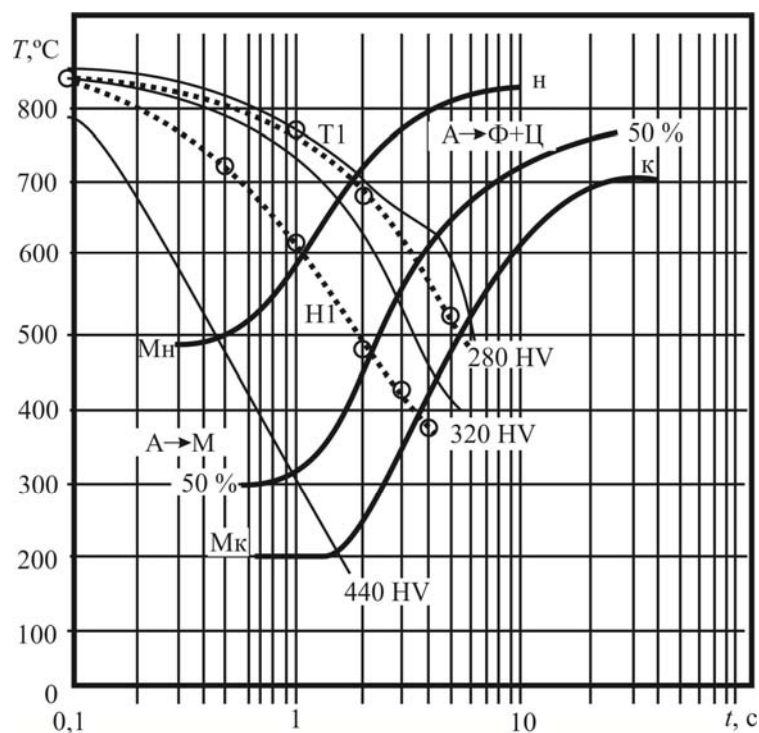


Рис.2.3. Діаграма термодинамічного перетворення аустеніту сталі C235

Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

131.4127ст3.16.05.02.ПЗ

Лист

2.5. Аналіз отриманої структури

В результаті розрахунку термоциклів при зварюванні таврового та з'єднання у напусток, аналізу діаграми термодіаграми перетворення аустеніту була визначена очікувана структура зварних з'єднань.

Для таврового (катет = 10 мм) з'єднання при механізованому зварюванні утворюється структура троститу - дисперснішою, ніж перліт, але менш твердою, ніж мартенсит з діапазоном твердості по діаграмі термодіаграми перетворення аустеніту сталі C235 HV=280.

Для нахлесточного з'єднання (катет = 6 мм) при механізованому зварюванні утворюється мартенсит отпуска з діапазоном твердості по діаграмі термодіаграми перетворення аустеніту сталі C235 HV=320.

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки:

1. Для виготовлення колони передбачено механізоване зварювання в середовищі CO₂. У роботі наведено обґрунтування вибору цього процесу, виконано розрахунок його режимів, а також визначено необхідні типи зварних з'єднань.

2. Механізоване зварювання таврового з'єднання зі сталі С235 спричиняє утворення троститної структури. Згідно з діаграмою термодинамічного перетворення аустеніту, твердість такої структури відповідає значенню HV 280.

3. Механізоване зварювання з'єднання внапусток зі сталі С235 призводить до формування мартенситної структури. Згідно з діаграмою термодинамічного перетворення аустеніту, твердість цієї структури становить HV 320.

					131.4127ст3.16.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

					131.4127ст3.16.05.03.ПЗ									
Ізм	Лист	№ документу	Підпис	Дата										
Студент	Шарук Д.В.				Технологічний процес складання та зварювання конструкції				Лит		Лист		Листів	
Керівник	Костін О.М.										1			
Консульт									НУК ім. Адм. Макарова					
Зав.кафед	Драган С.В.													

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ

3.1. Принципова послідовність складання та зварювання колони промислової будівлі

3.1.1. Заготівельні операції.

Технологічний процес виробництва заготовок може передбачати такі операції, як виправлення, розмічання, розкрій, оброблення крайок, згинання та зачищення перед зварюванням. Для виготовлення деталей колон застосовується гарячекатаний лист.

Листи доставляють у цех пачками й мостовим краном переміщують на місце складування. Великі листи розміщують вертикально на стелажах, малі — горизонтально на підкладках.

Розмітка під розкрій ведеться шаблонами для малих заготовок і лінійкою для великих.

Розкрій заготовок разом із підготовкою кромek проводять способами, здатними забезпечити необхідні форму, розміри та чистоту різку. З огляду на це механічне різання є найбільш прийнятним варіантом.

Для різання листового металу та вирізання отворів використовують машину плазмового різання металу.

Для виготовлення колони застосовуються швелери №30П згідно з ДСТУ 3436-96 [14]. Для різання швелерів колони призначаємо ручний стрічкопиляльний верстат типу Beка-mak BMS 280G.

У всіх випадках нормативна документація вимагає перед зварюванням ретельного очищення кромek, що підлягають зварюванню, а також зовнішньої поверхні суміжних деталей від бруду, іржі, окалини та масляних забруднень на ширину щонайменше 15 мм.

Будь-які місцеві уступи й нерівності на деталях, що підлягають складанню, які заважають їхньому з'єднанню згідно з кресленнями, необхідно усунути до початку складання шляхом зачищення з утворенням плавних переходів,

					131.4127ст3.16.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

використовуючи абразивний круг або напилек. Підготовку кромek елементів до зварювання допускається здійснювати кисневим, повітряно-дуговим або плазово-дуговим різанням із подальшою механічною обробкою поверхні різy та видаленням шару металу завтовшки щонайменше 1,5–2 мм. На поверхнях кромek не допускається наявність надривів і тріщин. Оброблення кромek у зоні різy та зачищення поверхні перед зварюванням виконують за допомогою пневматичної шліфувальної машинки.

3.1.2. Технологічний процес складання та зварювання колони

Деталі, нарізані в розмір, подаються на складально-зварювальну ділянку. Відповідно до ДСТУ ГОСТ 23118:2012, кожна деталь підлягає перевірці на відповідність вимогам чинних стандартів і технічних умов.

Процес складання та зварювання колони складається з кількох послідовних етапів: зварювання стрижня колони, зварювання бази, зварювання оголовка та зварювання ребер жорсткості.

Зварювання стрижня колони виконують у послідовності представленої на рис.3.1.

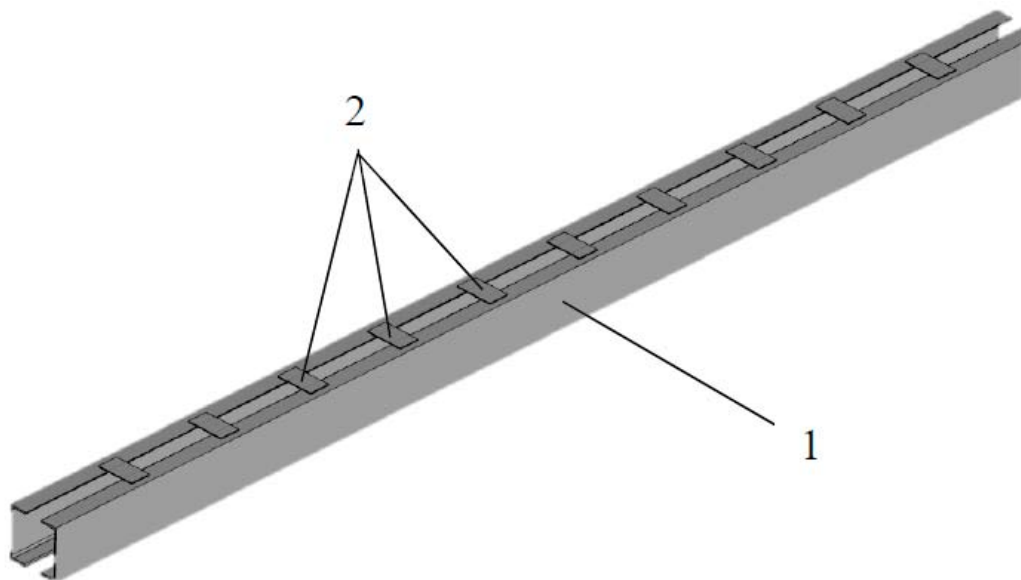


Рис.3.1. Стрижень колони: 1 – швелер; 2 – планки

					131.4127ст3.16.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Два швелери 1 встановлюються на бетонну основу за допомогою кран-балки з витримуванням відстані між ними. На бічні поверхні швелерів встановлюються планки 2.

Планки прихоплюються кутовим швом типу Н1 катетом 3 мм, довжиною 20–30 мм по короткій стороні. Після проставлення прихваток на всіх планках вони обварюються кутовим швом типу Н1 по незамкненому контуру катетом 6 мм.

Стрижень кантується на 180 градусів. Виконується аналогічна операція зі встановлення планок 2 з іншого боку стрижня колони.

Для з'єднання бази колони (1) зі стрижнем (2) (рис.3.2) застосовують ланцюговий кантувач. Стрижень фіксується на ланцюзі кантувача, після чого до нього з торця підводиться база колони з витримкою всіх установочних розмірів.

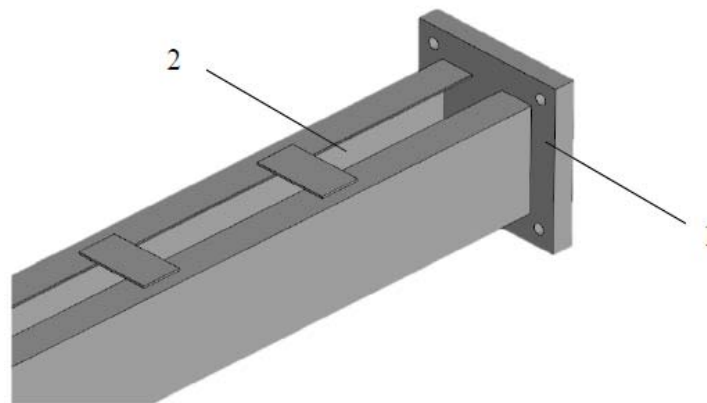


Рис.3.2. З'єднання бази колони зі стрижнем колони:

1 – база колони, 2 – стрижень колони

Базу колони (1) фіксують до стрижня (2) кутовими зварними швами типу Т1 із катетом 3 мм. Довжина кожного шва становить 20–30 мм і виконується вздовж довгої сторони швелерів стрижня. Після встановлення прихоплень стрижень остаточно обварюють кутовим швом типу Т1 катетом 10 мм по незамкненому контуру.

					131.4127ст3.16.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Оголовок колони (1) з'єднують зі стрижнем (2) із боку, протилежного до бази (рис.3.3). При цьому витримують усі задані установочні розміри.

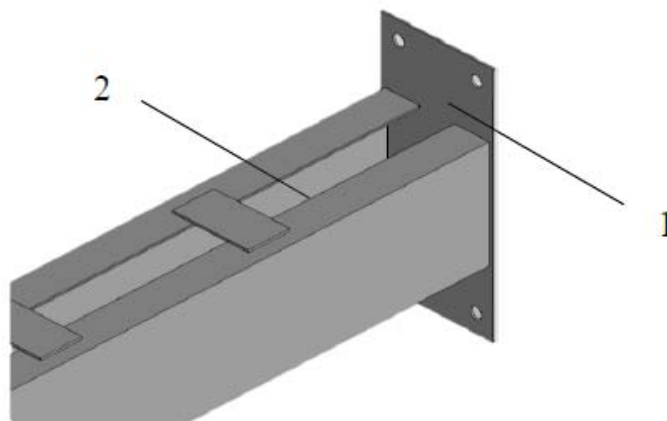


Рис.3.3. З'єднання оголовка колони та стрижня колони:
1 – оголовок колони, 2 – стрижень колони

Оголовок колони (1) фіксують до стрижня (2) кутовими зварними швами типу Т1 катетом 3 мм, довжиною 20–30 мм. Шви виконують уздовж довгої сторони швелерів стрижня. Після прихоплення стрижень остаточно обварюють кутовим швом типу Т1 катетом 6 мм по незамкнутому контуру.

На стрижень колони (1) встановлюють ребра жорсткості до бази та оголовка колони (2) (рис.3.4), дотримуючись заданих установочних розмірів.

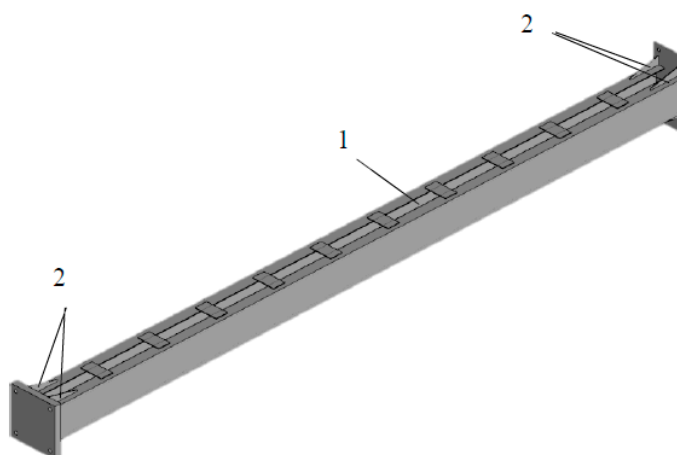


Рис.3.3. З'єднання ребер жорсткості на стрижні колони:
1 – стрижень колони, 2 – база та оголовок колони

					131.4127ст3.16.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Ребра жорсткості (2) фіксують до стрижня (1), а також до бази та оголовка кутовими зварними швами типу ТЗ катетом 3 мм, довжиною 20–30 мм. Шви виконують уздовж довгої сторони швелерів стрижня та по короткій стороні бази й оголовка. Після накладання прихоплень ребра жорсткості остаточно обварюють кутовим швом типу ТЗ катетом 6 мм по замкнутому контуру.

3.2.Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів

Відповідно до рекомендацій [6], зварювання необхідно виконувати зварювальним дротом, фізико-механічні властивості якого є не нижчими, ніж у дроту марки Св-08Г2С. Як захисне середовище рекомендується використовувати вуглекислий газ вищого ґатунку.

Оскільки вуглекислий газ під час зварювання є активним окислювачем зварювальної ванни, до складу дроту, окрім інших легуючих елементів, обов'язково повинні входити розкислювачі — кремній та марганець (а іноді й титан). Отже, для зварювання в середовищі вуглекислого газу придатні лише ті дроти, до складу яких входять ці елементи, тобто в маркуванні яких є позначення «Г» (марганець) та «С» (кремній), наприклад, Св-08Г2С. Вибір конкретної марки дроту залежить від хімічного складу сталі, що зварюється, та вимог до механічних властивостей металу шва. Хімічний склад дроту наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад дроту Св-08Г2С [6]

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N
0.05 - 0.11	0.7 - 0.95	1.8 - 2.1	до 0.25	до 0.025	до 0.03	до 0.2	до 0.01

Вуглекислий газ (CO₂) є безбарвним і не має запаху. Його отримують із газоподібних продуктів згоряння антрациту або коксу, а також при випалюванні вапняку. Постачається в зрідженому стані в балонах типу А місткістю 40 л із максимальним тиском 7,5 МПа. Для зварювальних цілей використовують зварювальну вуглекислоту, чистота якої вищого ґатунку має становити не менше

99,8 %. Цей газ застосовують при зварюванні низьковуглецевих, низьколегованих, а також деяких конструкційних і спеціальних сталей [6].

3.3.Обґрунтування вибору зварювального обладнання

При виборі зварювального апарата необхідно виходити з таких вимог:

- забезпечувати необхідні для даного технологічного процесу сили зварювального струму та напругу дуги;
- мати необхідний тип зовнішньої характеристики для стабільного горіння дуги;
- мати такі динамічні параметри, які дають змогу забезпечити нормальне збудження дуги та мінімальний коефіцієнт розбризкування.

Вибираємо зварювальний напівавтомат Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/TIG/MMA 324 (рис.3.4), тому що він забезпечує необхідне значення сили зварювального струму при тривалості ввімкнення (ТВ) 40%, чого цілком достатньо для виготовлення колон.



Рис. 3.4. зварювальний напівавтомат Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/TIG/MMA 324 [15].

У корпусі апарата передбачено бухту для котушки з дротом масою 15 кг, що дає змогу виконувати зварювання заготовок без частої заміни витратних

					131.4127ст3.16.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалів. На фронтальній панелі зварювального напівавтомата Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/TIG/MMA 324 розміщено цифрові дисплеї, які відображають у реальному часі значення зварювального струму, напруги, обраний режим роботи та інші параметри. Також на панелі встановлено аналогові регулятори та клавіші для оперативного налаштування процесу зварювання[15].

Інженери обладнали модель широким набором можливостей, серед яких [15]:

- функція стабілізації напруги (VRD);
- швидка зміна полярності;
- захист від перевантажень та перегріву;
- захист від вологи та пилу.

Технічні характеристики зварювального апарата зварювального напівавтомата Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/TIG/MMA 324 наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики зварювального апарата Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/TIG/MMA 324[15]

Галузь застосування, призначення	
Виробництво котлів та печей	так
Характеристики зварювального обладнання	
Тривалість ввімкнення (ТВ), %	40
Функція зниження напруги (VRD)	є
Джерело енергії для зварювання	електрична дуга
MMA (зварювання покритим електродом)	так
MAG (дріт + активні гази)	так
MIG (дріт + інертні гази)	так
FCAW (зварювання порошковим дротом)	так
TIG (аргонодугове зварювання)	немає
Режим Lift TIG	немає
Характеристики напівавтоматичного обладнання (MIG/MAG)	
Зварювальний струм макс. (MIG/MAG), А	250

Максимальний зварювальний струм за ТВ 100%, А	159
Зварювальний струм мін. (MIG/MAG), А	50
Робоча напруга на дузі (MIG/MAG), В	15,5-28,5
Механізм подання дроту	вбудований
Кількість ведучих роликів / Усього роликів	1/2
Діаметр дроту, мм	0.6 - 1.2
Маса котушки для зварювального дроту, кг	15
Діаметр котушки зварювального дроту, мм	300
Швидкість подачі дроту, м/хв	2.5 - 13
Зміна полярності	є
Напруга холостого ходу (MIG/MAG), В	56
Характеристики зварювального пальника	
Тип роз'єму пальника	KZ-2 (євро-роз'єм)
Характеристики енергопостачання (привода, двигуна)	
Напруга мережі живлення, В	380
Частота мережі живлення, Гц	50/60
Струм споживання (MIG/MAG), А	14
Споживана потужність (MIG/MAG), кВт	10.1
Активна потужність (MIG/MAG), кВт	9
Коефіцієнт корисної дії, %	85
Комфортність та безпека використання	
Клас захисту	IP21S
Клас ізоляції	Н
Захист від перегрівання	є
Масо-габаритні характеристики	
Вага, кг	40
Розміри (ДхШхВ), мм	621x300x681
Гарантійні зобов'язання	
Гарантійний термін, міс	24

3.4. Заходи боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями

При проектуванні зварних конструкцій необхідно враховувати можливість виникнення в них залишкових напружень і деформацій, а також вживати заходів щодо їх запобігання або обмеження в таких межах, за яких їхній вплив не становитиме небезпеки.

При зварюванні низьковуглецевих сталей, які найбільш широко застосовуються в металевих конструкціях, у них виникають напруження першого роду, що врівноважуються в макрооб'ємах. Неминучими причинами зварювальних деформацій є:

- нерівномірне нагрівання виробу під час зварювання;
- теплова усадка зварних швів;
- структурні зміни металу шва та зони термічного впливу (ЗТВ).

До додаткових (супутніх) причин належать:

– недосконалість конструкції зварного вузла: надто близьке взаємне розташування або часте перехрещення швів, а також неправильно обраний тип зварного з'єднання;

- використання застарілого обладнання та технологічних прийомів;
- недостатній рівень кваліфікації зварника;
- відхилення геометричних параметрів шва від заданих.

Основним заходом боротьби з деформаціями є створення в зонах пластичної деформації додаткової деформації протилежного знака. У зварному шві під час остигання виникають напруження розтягу, і для їх зменшення до нуля необхідна пластична деформація. Цього можна досягти проковуванням – метал осаджується по товщині, створюючи пластичні деформації видовження в площині. При складанні та зварюванні конструкцій необхідно прагнути до такої послідовності виконання операцій, за якої моменти інерції площі поперечного перерізу були б якомога більшими, оскільки послідовне нарощування елементів спричиняє більші викривлення результатів, ніж складання всієї конструкції на прихоплені з наступним зварюванням.

					131.4127ст3.16.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

До можливих способів боротьби зі зварювальними деформаціями належать нерівномірне нагрівання чи охолодження, а також застосування місцевого нагріву.

3.5. Контроль якості зварювання

Основна мета технологічного контролю полягає в забезпеченні випуску високоякісної продукції, що досягається проведенням заходів із запобігання появі браку, тобто своєчасним виявленням дефектів та їх усуненням. Дефекти в з'єднаннях бувають двох типів: зовнішні та внутрішні. У зварних з'єднаннях до зовнішніх дефектів відносять напливи, підрізи, зовнішні непровари та несплавлення, поверхневі тріщини й пори. До внутрішніх – приховані тріщини та пори, внутрішні непровари й несплавлення, шлакові включення та інші. Якість зварних з'єднань забезпечують вхідним контролем матеріалів і заготовок, поточним контролем процесу зварювання (та паяння), а також приймальним контролем готових зварних з'єднань. Залежно від порушення цілісності зварного з'єднання під час контролю розрізняють руйнівні та неруйнівні методи контролю.

При вхідному контролі основного та зварювальних матеріалів встановлюють, чи відповідають сертифікатні дані в документах заводів-постачальників вимогам, що пред'являються до матеріалів відповідно до призначення та відповідальності зварних вузлів і конструкцій. Виконують огляд поверхонь основного матеріалу, зварювального дроту та покриттів електродів з метою виявлення зовнішніх дефектів. Перед складанням та зварюванням заготовок перевіряють відповідність їх форми та габаритних розмірів установленим, а також контролюють якість підготовки кромки і поверхонь, що зварюються.

При поточному контролі перевіряють дотримання зварниками встановлених параметрів режиму зварювання та справність роботи зварювального обладнання. Виконують огляд зварних швів для виявлення зовнішніх дефектів і здійснюють вимірювання їх геометричних розмірів. Помічені відхилення усувають безпосередньо в процесі виготовлення конструкцій.

					131.4127ст3.16.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Готові зварні з'єднання залежно від призначення та відповідальності конструкції піддають приймальному контролю: зовнішньому огляду для виявлення поверхневих дефектів та обмірюванню зварних швів; випробуванням на щільність (герметичність), магнітному контролю, просвічуванню рентгенівським і гамма-випромінюванням, ультразвуковій дефектоскопії для виявлення внутрішніх дефектів.

За зовнішнім виглядом зварний шов повинен відповідати таким вимогам:

- поверхня шва має бути гладкою або рівномірно лускатою;
- висота підсилення шва не повинна перевищувати 0,5 мм;
- зварний шов не повинен мати напливів, незаварених кратерів, несплавлених крайок, прожогів та тріщин.

При цьому допускаються: підрізи основного металу глибиною не більше 0,4 мм. Підрізи, які перевищують зазначену вище норму, дозволяється виправляти заварюванням тонким швом тією самою зварювальною проволокою, що й основний шов. Допускаються бризки на зварному шві та в навколошовній зоні у важкодоступних місцях. Контроль зварних швів, недоступних для огляду після остаточного зварювання конструкцій, повинен проводитися до встановлення деталей, які закривають ці шви. Недопустимі дефекти зварного шва повинні бути видалені обробкою різанням (механічними або термічними способами) з наступним зачищенням поверхні до металевого блиску.

Виправлення дефектів в одному й тому самому місці допускається не більше двох разів. При повторному (третьому) виявленні дефектів виробу повинні бути замінені на нові. Не допускаються дефекти швів при приварюванні косинок під полозки та вузлів, призначених для транспортування.

Контролю зовнішнім оглядом підлягає кожен зварний шов. Цей метод дає змогу виявляти дефекти мінімального розміру, що фіксується при огляді та вимірюванні зварного з'єднання з використанням оптичних приладів зі збільшенням до 10 разів. Для уникнення можливої появи дефектів у зварному шві застосовується попередній (вхідний) контроль. Метою попереднього контролю є перевірка якості вихідних матеріалів, підготовки заготовок, якості складання,

					131.4127ст3.16.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

зварювального обладнання, приладів та кваліфікації зварників. Якість основного металу визначається на підставі маркування та сертифікатів, отриманих від заводу-постачальника металу.

					131.4127ст3.16.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки:

1. Розроблено технологію складання та зварювання колони промислової будівлі з використанням сучасного складального і зварювального обладнання та відповідних матеріалів.

2. У результаті проведеного аналізу обрано зварювальне обладнання, яке забезпечує стабільне горіння дуги при різних способах зварювання. Для виконання механізованого зварювання в середовищі захисних газів рекомендовано застосування зварювального апарата Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/TIG/MMA 324, що забезпечує надійність процесу та високу якість зварних з'єднань.

3. У роботі прийнято механізований спосіб зварювання в середовищі захисного газу CO₂. Як зварювальний матеріал використано дріт Св-08Г2С, якій забезпечує зниження розбризкування електродного металу, підвищення стабільності процесу та покращення якості зварних швів.

4. У даному розділі розглянути питання боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями і контроль якості зварювання.

					131.4127ст3.16.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

					131.4127ст3.16.05.04.ПЗ									
Ізм	Лист	№ документу	Підпис	Дата										
Студент		Шарук Д.В.			Охорона праці та навколишнього середовища				Лит		Лист		Листів	
Керівник		Костін О.М.									43		10	
Консулт									НУК ім. Адм. Макарова					
Зав.кафед		Драган С.В.												

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Ідентифікація професійних ризиків

Ідентифікація професійних ризиків передбачає пошук і формулювання небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що супроводжують експлуатацію технологічного обладнання відповідно до операцій технологічного процесу, що розглядається, згідно таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Ідентифікація професійних ризиків.

Операція, що складає технологічний процес, і перелік виконуваних робіт	Найменування небезпечного чи шкідливого фактора, дія якого в умовах виробництва може становити загрозу життю та здоров'ю персоналу
1	2
Очищення поверхні прокату	- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання; - рухомі машини та механізми; рухомі частини виробничого обладнання; - підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
Правка прокату	- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання; - рухомі машини та механізми; рухомі частини виробничого обладнання; - підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; - підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини
Розмітка та механічне різання	- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання; - рухомі машини та механізми; рухомі частини виробничого обладнання; - підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; - підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини
Збирання та зварювання	- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання; - підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; - підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини; - небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з надмірно високою чи низькою температурою матеріальних об'єктів виробничого середовища, які можуть спричинити опіки - інфрачервоне випромінювання; - ультрафіолетове випромінювання
Контроль якості	- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання; - підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони

Першопричиною всіх травм та захворювань, пов'язаних з процесом праці, є несприятливий вплив на організм зайнятої працею людини тих чи інших факторів виробничого середовища та трудового процесу.

Цей вплив, що призводить в різних обставинах до різних результуючих наслідків, залежить від наявності в умовах праці того чи іншого фактора, його потенційно несприятливих для організму людини властивостей, можливості його прямого чи опосередкованого на організм.

4.2. Методи та засоби зниження професійних ризиків

Застосовувані для зменшення впливу негативних виробничих факторів засоби та методики представлені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Застосовувані для зменшення впливу негативних виробничих факторів засоби та методики представлені

Найменування небезпечного чи шкідливого фактора, дія якого в умовах виробництва може становити загрозу життю та здоров'ю персоналу	Технічні засоби та методики, застосування яких по відношенню до негативного фактора дозволить повністю усунути його або зменшити до прийняттого рівня	Засоби індивідуального захисту
1	2	3
Гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання	1) розміщення у відведених місцях інформаційних плакатів та табличок; 2) проведення з персоналом інструктажу з техніки безпеки	Спецодяг
Рухомі машини та механізми; рухомі частини виробничого обладнання	1) застосування огорож, що обмежують проникнення персоналу у небезпечну зону; 2) розміщення у відведених місцях інформаційних плакатів та табличок	Спецодяг
Підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони	1) застосування пристроїв для місцевого видалення забрудненого повітря; 2) застосування пристроїв загальнообмінної вентиляції робочого простору, що дозволяють забезпечити подачу чистого повітря ззовні	Засоби захисту дихальних шляхів

Продовження таблиці 4.2.

1	2	3
Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини	1) організація захисного заземлення; 2) проведення періодичного інструктажу з техніки безпеки; 3) періодичний контрольний вимір ізоляції; 4) періодичний контрольний замір опору заземлюючого ланцюга	Спецодяг
Підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів	1) проведення з персоналом інструктажу з техніки безпеки; 2) механізація та автоматизація основних та допоміжних операцій технологічного процесу	Спецодяг
Інфрачервоне випромінювання в робочій зоні понад безпечні значення рівня інфрачервоної радіації	1) застосування захисних екранів; 2) застосування огорож, що обмежують проникнення персоналу у небезпечну зону	Спецодяг

4.3. Забезпечення пожежної безпеки

Перелік заходів, що розробляється, спрямований на захист персоналу та майна підприємства від небезпечних факторів можливої пожежі. Для цього слід виконати ідентифікацію небезпечних факторів пожежі та запропонувати стандартні засоби та методики для їх усунення. Відповідно до класифікації пожеж можлива на технічному об'єкті, що розглядається, пожежа може бути віднесена до класу «Е» – горіння речовин і матеріалів під напругою.

Технічні засоби повинні мати достатню ефективність проти аналізованих небезпечних чинників пожежі. Ці кошти повинні ґрунтуватися на чинній нормативній документації, враховувати особливості технологічного процесу, що розглядається.

Повноцінний захист працюючого персоналу та майна підприємства від ймовірної пожежі забезпечується за умови проведення відповідних організаційних заходів, поданих у таблиці 4.3.

					131.4127ст3.16.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 – Організаційні (організаційно-технічні) заходи щодо забезпечення пожежної безпеки

Найменування ділянки	Перелік заходів	Пред'явлені вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки, ефекти, що реалізуються
Ділянка для збирання та зварювання (механізоване та автоматичне зварювання)	Інструктаж працівників виробничої ділянки правилам запобігання загоранням та діям у разі займання, ділові ігри зі співробітниками з тематики боротьби з пожежами.	На ділянці необхідно мати первинні засоби пожежогасіння у достатній кількості, мають бути захисні екрани, що обмежують розліт іскор.

4.4. Забезпечення екологічної безпеки

Реалізація запропонованого технологічного процесу крім небезпечних та шкідливих виробничих факторів призводить до виникнення небезпечних та шкідливих екологічних факторів. Отже, в рамках виконання екологічного розділу слід виконати ідентифікацію згідно з таблицею 4.4 цих негативних факторів та запропонувати заходи захисту від цих факторів, зведені до таблиці 4.5 [16,17].

Таблиця 4.4 – Ідентифікація небезпечних та шкідливих екологічних факторів при реалізації технологічного процесу, що розглядається.

Аналізований технологічний процес	Операції, що здійснюються в рамках аналізованого технологічного процесу	Чинники, що негативно впливають на атмосферу	Чинники, що негативно впливають на гідросферу	Чинники, що негативно впливають на літосферу
Складання та зварювання	Підготовча операція, збиральна операція, операція зварювання стику, контрольні операції	Аерозолі, що виділяються в процесі горіння зварювальної дуги, частинки сажі та газоподібні частинки.	Хімікати, що використовуються в процесі прояву рентгенівської плівки та закріплення отриманого зображення	Пакувальний матеріал від присадочних матеріалів, сміття – побутове та виробниче

Таблиця 4.5 – Пропоновані заходи щодо боротьби з негативними екологічними факторами

Найменування технічного об'єкта	Зварювання
Заходи щодо виключення негативної дії на повітряне середовище.	Оснащення вентиляційної системи фільтрами, що дозволяють виконати збір та утилізацію шкідливих продуктів, що виділяються при горінні дуги.
Заходи щодо виключення негативної дії на водне середовище.	Контролює витoki в гідросистемі пристосування або кантувача та негайне їх усунення.
Заходи щодо зниження негативного антропогенного впливу на літосферу	Установка на ділянці зварювання відповідних ємностей для збирання відходів виробничого циклу та під час проведення повторних інструктажів докладне роз'яснення необхідності складування відходів виробничого циклу у встановлені ємності.

4.5. Розрахунок системи місцевої вентиляції у закритих приміщеннях

Ділянка поточно-механізованої лінії виготовлення бортових секцій займає проліт цеху. Лінія складається з чотирьох позицій 4.5 [18].

- 1 - зборка і зварювання листів;
- 2 - зборка і зварювання набору;
- 3 - зборка і зварювання перебірок;
- 4- кантування секції.

Після чого вариться внутрішній борт і перебірки, контроль якості і здача ВТК.

На всіх чотирьох позиціях виконуються зварювальні роботи, тому на всіх чотирьох позиціях необхідне застосування місцевої вентиляції.

Переріз повітреприймного пристрою має форму кола:

$$d_0=0,3 \text{ м.}$$

Діаметр повітроводу визначимо за формулою:

$$d = \frac{F}{\pi d_0};$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4}.$$

Підставимо значення у формулу й одержимо:

$$d = \frac{3,14(0,3)^2}{4} * \frac{1}{2 * 3,14 \frac{0,3}{2}} = 0,075 \text{ м.}$$

Швидкість руху повітря у повітроприймачі дорівнює:

$$V_B = \frac{V_T l^2}{k d^2},$$

де V_m – швидкість виділення шкідливих речовин у якій-небудь точці або перетині, м/с;

l – відстань точки, що обмежує швидкість руху потоку, від вхідного перерізу повітроприймача, м; d – гідравлічний діаметр повітроприймача, м.

$$V_T = 0,5 \text{ м/с};$$

$$l = 0,09 \text{ м.}$$

$$V_B = \frac{0,3 * 0,09^2}{0,07 * 0,075^2} = 6 \text{ м/с.}$$

Кількість повітря, необхідне для видалення шкідливих речовин одним пилогазоприймачем дорівнює:

$$Q_H = V_B S_B * 3600,$$

де S_B – швидкість вхідного перерізу пилогазоприймача; V_B – швидкість руху у повітроприймачі.

$$Q_H = 95 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Загальна кількість повітря, необхідна для місцевої вентиляції:

$$Q_M = n * Q_H,$$

де Q_H – кількість повітря для видалення шкідливих речовин від одного джерела, м³/год; n – кількість джерел, що виділяють шкідливу речовину.

$$Q_M = 7 * 95 = 665 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Схема місцевої вентиляції приведена на рис.4.1.

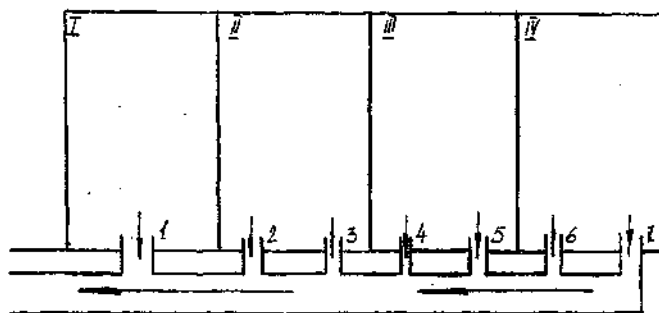


Рис. 4.1. Схема місцевої вентиляції

					131.4127ст3.16.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр на ділянці 1-2 визначається:

$$d_{1-2} = \sqrt{\frac{4Q_{1-2}}{3600\pi V_B}} = \sqrt{\frac{4*665}{3600*6*3,14}} = 0,2 \text{ м},$$

де Q_{1-2} кількість повітря, що проходить через ділянку 1- 2, м³/год;

V_B - швидкість руху повітря у повітроводі, м/год.

Втрати на тертя на ділянці 1-2 визначаються:

$$H_{\text{тр}} = \frac{\rho \lambda L V_B^2}{2d},$$

де $\lambda = 0,03$ - коефіцієнт гідравлічних втрат; L - довжина прямолінійної ділянки, м;

$$L_{1-2} = 8 \text{ м.}$$

$$L_{2-3} = 3 \text{ м.}$$

Звідси одержимо:

$$H_{\text{тр}} = \frac{1,226*0,03*8*6^2}{2*0,2} = 26,5 \text{ кгс/м}^2 = 265 \text{ Па.}$$

Місцеві втрати на цій ділянці рівні:

$$H_{\text{м}} = \frac{\xi V_B^2 \rho}{2},$$

де $\xi = 1,2$ — коефіцієнт місцевого опору; $\rho = 1,226 \text{ кг/м}^3$ - щільність повітря.

$$H_{\text{м}} = \frac{0,03*1,226*6^2*3}{2} = 265 \text{ Па.}$$

Для прямолінійної ділянки 2- 3 утрати на тертя:

$$H_{\text{м}} = \frac{0,03*1,226*6^2*3}{2*0,2} = 100 \text{ Па.}$$

Аналогічно визначимо втрати напору на всіх інших ділянках, отримані втрати просумуємо:

$$\Sigma = 109,5 \text{ кгс/м}^2 = 1095 \text{ Па.}$$

Вибираємо вентилятор ВНИИСТО серії ЗВР № 2, його дані:

$$Q=1000 \text{ м}^3/\text{год}, N = 1 \text{ кВт}, H = 92 \text{ кг/м}^2, \eta = 0,55.$$

Коефіцієнт R у вентиляторній мережі дорівнює:

					131.4127ст3.16.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R = \Sigma H / Q^2,$$

де ΣH – сума втрат у системі; Q – кількість повітря, необхідне для місцевої вентиляції.

Для очищення повітря приймаємо «Циклон» НІОГаз продуктивністю $1000 \text{ м}^3/\text{год}$.

Утрати напору в «Циклоні» складають 6 кг/м^2 , тоді втрати в системі дорівнюють:

$$\Sigma H = 268,5 + 6 = 274,5 \text{ Па.}$$

$$R = 274,5 / 665^2 = 6,2 \cdot 10^{-4}.$$

					131.4127ст3.16.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

1. Даний розділ випускної кваліфікаційної роботи присвячений пошуку та аналізу негативних виробничих та екологічних факторів, виникнення яких відбудеться при реалізації запропонованої технології складання та зварювання виробу, що розглядається.

2. Вивчення особливостей технологічного процесу складання та зварювання ємності цистерни із застосуванням механізованого та автоматичного зварювання в середовищі захисних газів дротом суцільного перерізу дозволило ідентифікувати небезпечні та шкідливі виробничі фактори. На підставі цих виділених факторів запропоновано низку стандартних засобів та методик, що дозволяють усунути небезпечний фактор або зменшити його вплив на персонал до прийняттого рівня.

3. Розроблено перелік заходів для захисту персоналу та майна підприємства від можливої пожежі, для чого ідентифіковано небезпечні фактори пожежі, запропоновано стандартні засоби та методики для їх усунення.

4. Проведено аналіз екологічності запропонованого технологічного процесу дозволив встановити, що впровадження у виробництво запропонованих рішень призведе до виникнення негативних впливів на довкілля (атмосферу, гідросферу та літосферу).

5. Запропоновані заходи, які мають зменшити вплив негативних екологічних факторів. Проведено розрахунок системи місцевої вентиляції у закритих приміщеннях.

					131.4127ст3.16.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

					131.4127ст3.16.05.05.ПЗ			
Ізм	Лист	№ документу	Підпис	Дата				
Студент		Шарук Д.В.			Розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт			
Керівник		Костін О.М.						
Консулт								
Зав.кафед		Драган С.В.						
					Лит	Лист	Листів	
						53	7	
					НУК ім. Адм. Макарова			

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ВИКОНАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ

У даному розділі дипломного проекту виконується розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску колони промислової будівлі.

Розрахунок виконується для річного випуску у кількості 3000 шт.

Вихідні данні розрахунку:

1. Річний об'єм продукції, шт	3000
2. Ціна дроту, грн. за кг	80
3. Витрати CO ₂ на 1 м.п., л	1,85
4. Витрати дроту на 1 м.п., кг	0,45
5. Вартість 1 л. CO ₂ , грн.	17,5
6. Витрати електроенергії на 1 м.п. с.д. кВт/г	3,7
7. Вартість 1 кВт/г, грн.	18
8. Трудомісткість на 1м.п. н/а н.-г.	0,23
9. Розряд робіт	4
10. Часова тарифна ставка, грн.	110
11. Рівень додаткових витрат, %	16
12. Норма амортизації, %	15
13. Норма витрат на поточний ремонт обладнання, %	5
14. Вартість зварювального обладнання, грн.	44000

Розрахунок витрат на електроенергію наведений в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Витрати на електроенергію

Найменування	Е.О. виміри	Річна програма, 3000 шт.	Річна програма в п.м.	Розхід на 1 п.м.	Ціна 1 кВт/г, грн.	Витрати на електрое нергію, грн.
Електро- енергія	кВт/г	15	23*3000=69000	3,7	18	4595400

Розрахунок витрат на основну заробітну плату приведений в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Витрати на ОЗП

Найменування	Е.О. виміри	Річна програма п.м.	Трудомісткість на річну програму, н-г	Часова тарифна ставка, грн.	Сума витрат ОЗП, грн.
Зварювання напівавтоматом	0,23	Існуючий варіант		110	1745700
		69000	15870		

Розрахунок витрат на зварювальні матеріали приведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Витрати на зварювальні матеріали

Найменування матеріалу	Одиниці виміру	Розхід на 1 п.м.	Річна програма, п.м.	Ціна одиниці, грн.	Розхід на річну програму, кг; л	Витрати на матеріал, грн.
Дріт	кг.	0,45	69000	80	31050	2484000
СО ₂	л.	1,85	69000	17,5	127650	2233875
						4717875

Розрахунок витрат на додаткову заробітну плату (ДЗП) наведений в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Витрати на ДЗП

Сума витрат ОЗП, грн.	Рівень витрат на ДЗП, %	Сума витрат на ДЗП, грн.
1745700	16%	279312

Розрахунок відрахувань на єдиний соціальний внесок приведений в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Відрахування на ЄСВ

Сума витрат на ОЗП і ДЗП, грн.	Рівень відрахувань від ЗП, %	Сума відрахувань від ЗП, грн.
2025012	22,0 % (ЄСВ)	445502,64
	Всього	445502,64

Розрахунок витрат на амортизацію зварювального обладнання наведено у таблиці 5.6

Таблиця 5.6 – Витрати на амортизацію зварювального обладнання

Найменування обладнання	Початкова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Сума витрат на амортизацію, грн.
Зварювальний напівавтомат з джерелом живлення	44000	15	6600

Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання наведено у таблиці 5.7

Таблиця 5.7 – Витрати на поточний ремонт обладнання

Найменування обладнання	Вартість обладнання, грн.	Норма витрат на поточний ремонт, %	Сума витрат на поточний ремонт обладнання, грн.
Зварювальний напівавтомат з джерелом живлення	44000	5	2200

Розрахунок цехових накладних витрат наведено у таблиці 5.8

Таблиця 5.8 – Розрахунок цехових накладних витрат

Сума витрат на основну зарплатню, грн.	Рівень витрат на цехові накладні витрати, %	Рівень затрат на цехові накладні витрати, грн.
1745700	20	349140

Розрахунок витрат на загальнозаводські накладні витрати наведено у таблиці 5.9

Таблиця 5.9 – Розрахунок витрат на загальнозаводські накладні витрати

Сума витрат на основну зарплатню, грн.	Рівень витрат на основні загальнозаводські витрати, %	Сума витрат на загальнозаводські витрати, грн.
1745700	18	314226

Розрахункові показники собівартості зварювальних робіт при виготовленні навісу автомобільної стоянки приведено у таблиці 5.10.

					131.4127ст3.16.05.05.ПЗ	Лист
						57
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.10 – Розрахункові показники собівартості зварювальних робіт при виготовленні рам

	Показники	Одиниці вимірювання	Зміна витрат, грн.
1	Витрати на матеріали	грн.	4717875
2	Витрати на електроенергію	грн.	4595400
3	Витрати на ОЗП	грн.	1745700
4	Витрати на ДЗП	грн.	279312
5	Єдиний соціальний внесок	грн.	445502,64
6	Витрати на поточний ремонт	грн.	2200
7	Амортизаційні відрахування	грн.	6600
8	Цехові накладні витрати	грн.	349140
9	Загальнозаводські накладні витрати	грн.	314226
10	Загальна собівартість зварювальних робіт	грн.	12455955,64

Висновки.

1. Здійснено економічний розрахунок собівартості зварювальних робіт у процесі виготовлення колони промислової будівлі.

2. Розрахункова загальна собівартість зварювання річного обсягу продукції (3000 шт.) дорівнює 12455955,64 грн, або 4152 грн у розрахунку на один виріб.

					131.4127ст3.16.05.05.ПЗ	Лист
						59
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

					131.4127ст3.16.05.ПЗ										
Ізм	Лист	№ документу	Підпис	Дата											
Студент		Шарук Д.В.			Загальні висновки					Лит		Лист		Листів	
Керівник		Костін О.М.										60		6	
Консульт										НУК ім. Адм. Макарова					
Зав.кафед		Драган С.В.													

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У першому розділі розглянуто конструктивні особливості зварної колони промислової будівлі. Встановлено, що колона має наскрізний поперечний переріз, сформований із двох віток (швелерів марки 30П), об'єднаних між собою безрозкісною (планковою) решіткою. Така конструкція є технічно виправданою при навантаженнях до 2000–2500 кН, що відповідає умовам експлуатації даної опорної стійки.

2. Для виготовлення колони застосовано сталь марки С235 — конструкційну вуглецеву сталь звичайної якості. Наведено хімічний склад та механічні властивості цієї сталі, які відповідають вимогам ДСТУ 3436-96.

3. Виконано аналіз зварюваності сталі С235 згідно з класифікацією за чотирма групами. Встановлено, що дана сталь належить до першої групи — з доброю зварюваністю. Шви, виконані всіма способами зварювання, мають задовільну стійкість до утворення кристалізаційних тріщин і не схильні до виникнення холодних тріщин.

4. Розрахунок вуглецевого еквівалента. За формулою міжнародного інституту зварювання (ІІВ) розраховано вуглецевий еквівалент сталі С235, який становить 0,35 %. Оскільки отримане значення не перевищує 0,45 %, зварювання даної марки сталі при товщині елементів 6 мм може виконуватися без попереднього підігріву та без подальшої термічної обробки.

5. Розглянуто технологічний процес виготовлення балок коробчастого перерізу (аналогічний для колон) у дрібносерійному та

					131.4127ст3.16.05.ПЗ	Лист
						61
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

крупносерійному виробництві. Описано послідовність складальних і зварювальних операцій: від розкрою заготовок до зварювання швів.

6. Для виготовлення колони передбачено механізоване зварювання в середовищі CO₂. У роботі наведено обґрунтування вибору цього процесу, виконано розрахунок його режимів, а також визначено необхідні типи зварних з'єднань.

7. Механізоване зварювання таврового з'єднання зі сталі С235 спричиняє утворення троститної структури. Згідно з діаграмою термодинамічного перетворення аустеніту, твердість такої структури відповідає значенню HV 280.

8. Механізоване зварювання з'єднання внапусток зі сталі С235 призводить до формування мартенситної структури. Згідно з діаграмою термодинамічного перетворення аустеніту, твердість цієї структури становить HV 320.

9. Розроблено технологію складання та зварювання колони промислової будівлі з використанням сучасного складального і зварювального обладнання та відповідних матеріалів.

10. У результаті проведеного аналізу обрано зварювальне обладнання, яке забезпечує стабільне горіння дуги при різних способах зварювання. Для виконання механізованого зварювання в середовищі захисних газів рекомендовано застосування зварювального апарата Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/TIG/MMA 324, що забезпечує надійність процесу та високу якість зварних з'єднань.

11. У роботі прийнято механізований спосіб зварювання в середовищі захисного газу CO₂. Як зварювальний матеріал використано дріт Св-08Г2С, якій забезпечує зниження розбризкування електродного металу, підвищення стабільності процесу та покращення якості зварних швів.

12. У третьому розділі кваліфікаційної роботи розглянути питання боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями і контроль якості зварювання.

13. У четвертому розділі випускної кваліфікаційної роботи присвячений пошуку та аналізу негативних виробничих та екологічних факторів, виникнення

					131.4127ст3.16.05.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

яких відбудеться при реалізації запропонованої технології складання та зварювання виробу, що розглядається.

14. Вивчення особливостей технологічного процесу складання та зварювання ємності цистерни із застосуванням механізованого та автоматичного зварювання в середовищі захисних газів дротом суцільного перерізу дозволило ідентифікувати небезпечні та шкідливі виробничі фактори. На підставі цих виділених факторів запропоновано низку стандартних засобів та методик, що дозволяють усунути небезпечний фактор або зменшити його вплив на персонал до прийняттого рівня.

15. Розроблено перелік заходів для захисту персоналу та майна підприємства від можливої пожежі, для чого ідентифіковано небезпечні фактори пожежі, запропоновано стандартні засоби та методики для їх усунення.

16. Проведено аналіз екологічності запропонованого технологічного процесу дозволив встановити, що впровадження у виробництво запропонованих рішень призведе до виникнення негативних впливів на довкілля (атмосферу, гідросферу та літосферу).

17. Запропоновані заходи, які мають зменшити вплив негативних екологічних факторів. Проведено розрахунок системи місцевої вентиляції у закритих приміщеннях.

18. Здійснено економічний розрахунок собівартості зварювальних робіт у процесі виготовлення колони промислової будівлі.

19. Розрахункова загальна собівартість зварювання річного обсягу продукції (3000 шт.) дорівнює 12455955,64 грн, або 4152 грн у розрахунку на один виріб.

					131.4127ст3.16.05.ПЗ	Лист
						63
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Пермяков В.О. Металеві конструкції: Підручник / За ред. В.О. Пермякова, О.В. Шимановського. – Київ: Видавництво "Сталь", 2017. – 812 с.
2. Романенко І.І. Конструкції промислових будівель: Навчальний посібник / І.І. Романенко, Ю.М. Глущенко. – Харків: ХНУБА, 2015. – 248 с.
3. ДСТУ 3436-96 (ГОСТ 8240-97). Швелери сталеві гарячекатані. Сортамент. – Київ: Держстандарт України, 1996. – 18 с.
4. Продукція зі сталі С235 URL: https://metinvest-smc.com/ru/steel/stal-c235/?srsltid=AfmBOoq51_oJGAoNh375X9mB81MMK6RUN2lC2uFGqgh8zkc19LY1VPMJ (дата звернення: 14.04.2026).
5. Акулов А.І., Бельчук Г.А., Демянцевич Є.І. Технологія та обладнання зварювання плавленням. Підручник для студентів вишів. М., «Машинобудування», 1977. 432 с.
6. Костін О.М. Зварювальні матеріали: Навч. посібник. – Миколаїв: НУК, 2004. – 225 с.
7. Квасницький В.В. Теорія зварювальних процесів. Дослідження фізико-хімічних металургійних процесів та здатності металів до зварювання: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 181 с.
8. Характеристика матеріала С235 URL: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=881 (дата звернення: 14.04.2026).
9. ДСТУ EN ISO 9692-1-2014. Зварювання та споріднені. Рекомендації щодо підготування зварних з'єднань. Частина 1. Ручне дугове зварювання, зварювання в захисному газі, газове зварювання, TIG - зварювання та променеве зварювання сталей URL: https://budstandart.ua/normativ-document.html?id_doc=79480 (дата звернення: 21.04.2026).
10. Драган С.В., Лабарткава А.В. Практикум зі зварювання: [навч. посібник] / Національний ун-т кораблебудування ім. адмірала Макарова. — Миколаїв: НУК, 2008. — 68с.

					131.4127ст3.16.05.ПЗ	Лист
						64
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Голобородько Ж.Г. Основи технології дугового зварювання суднових конструкцій: навчальний посібник / Ж.Г. Голобородько, С.В. Драган, В.В. Квасницький; під заг. ред. С.В. Драгана. – Миколаїв: НУК, 2013. – 380 с.

12. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра за напрямом підготовки 6.050504 "Зварювання" / С.В. Драган, Г.В. Єрмолаєв, Ж.Г. Голобородько, М.В. Матвієнко, С.А. Лой, В.Я. Сагань. – Миколаїв : НУК, 2015. – 69 с.

13. Лебедєв Ю.М., Лебедєва В.Ф., Лой С.А. Розрахунки теплових процесів при зварюванні: Методичні вказівки до виконання курсової роботи. – Миколаїв: НУК, 2008. – 64 с.

14. ДСТУ 3436-96 Швелери сталеві гарячекатані. Сортамент (ГОСТ 8240-97) [URL: https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/dstu/dstu%203436-96%20sgvelery%20stalevi%20garyacekatani.%20sortament.%20z%20popravkoyu.pdf](https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/dstu/dstu%203436-96%20sgvelery%20stalevi%20garyacekatani.%20sortament.%20z%20popravkoyu.pdf) (дата звернення: 30.04.2026).

15. Зварювальний напівавтомат Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/TIG/MMA 324 URL: <https://ua.teslaweld.com/svarochnyy-poluavtomat-tesla-weld-mig-mag-fcaw-tig-mma-324> (дата звернення: 01.05.2026).

16. ДСН 3.3.6.042-99. – Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

17. ДСТУ EN 482:2016 Повітря робочої зони. Загальні вимоги до характеристик методик вимірювання вмісту хімічних речовин (EN 482:2012+A1:2015, IDT)

18. ДБН В.2.5-67:2013. – Опалення, вентиляція та кондиціонування.

					131.4127ст3.16.05.ПЗ	Лист
						65
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		