

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний

(факультет)

Кафедра конструювання, технічної естетики і дизайну

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студента Баранця Іллі Олеговича

(ПІБ)

академічної групи 132-22ск-2 ММФ

(шифр)

спеціальності 132 Матеріалознавство

(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____

(за наявності)

за освітньо-професійною програмою _____

(офіційна назва)

«Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів»

на тему Обґрунтування технології виготовлення труб підвищеної корозійної стійкості

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Кононенко Г.А.			
розділів:				
Аналіз стану питання та постановка задач роботи	Кононенко Г.А.			
Функціональний аналіз та моделювання об'єкта розробки	Кононенко Г.А.			
Інженерно-технологічний	Ротт Н.О.			
Експлуатаційний	Федоряченко С.О.			
Рецензент	Слупська Ю.С.			
Нормоконтролер	Гаркавенко Д.В.			

Дніпро
2025

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
конструювання, технічної
естетики і дизайну
(повна назва)

Сергій ФЕДОРЯЧЕНКО

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню _____ бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Барансю Іллі Олеговичу академічної групи 132-22ск-2
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 132 Матеріалознавство
спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою «Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів»

на тему Обґрунтування технології виготовлення труб підвищеної корозійної стійкості затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 14.05.2024р. №369-с.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналіз стану питання та постановка задач роботи	Аналіз стану питання та постановка задач роботи	20.05.2025
Функціональний аналіз та моделювання об'єкта розробки	Виконання функціонального аналізу труб з корозійностійкості сталі, працюючої під тиском. Моделювання та використання МСЕ для подальшої оптимізації.	05.06.2025
Інженерно-технологічний	Обґрунтування матеріалу і технології виготовлення труби, працюючого в агресивних умовах	15.06.2025
Експлуатаційний	Визначення видів та методів контролю якості	20.06.2025

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Ганна КОНОНЕНКО
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 14.05.2025

Дата подання до екзаменаційної комісії 26.06.2025

Прийнято до виконання _____

Ілля БАРАНЕЙ

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: _____ с., ___ рис., _____ табл., _____ джерел.

ТРУБА, ПРАЦЮЮЧА ПІД ТИСКОМ, КОРОЗІЙНОСТІКА СТАЛЬ, ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ, МЕТОДИ КОНТРОЛЮ, ГІДРАВЛІЧНЕ ТА ПНЕВМАТИЧНЕ ВИПРОБУВАННЯ

Об'єкт дослідження – технологічні аспекти виготовлення труб із матеріалів, що забезпечують високу корозійну стійкість, для застосування в умовах дії робочого тиску.

Мета роботи – обґрунтування вибору матеріалу та технології виготовлення труб підвищеної корозійної стійкості, з урахуванням експлуатаційних вимог, методів контролю якості та випробувань.

Труби, що експлуатуються у складі судів, що працюють під тиском, є критичними елементами трубопроводних систем у хімічній, нафтопереробній, енергетичній та харчовій промисловості. Вони повинні витримувати тривалу дію тиску, температури та агресивного середовища без втрати міцності та герметичності. Це висуває жорсткі вимоги до матеріалів і технології їх виготовлення.

Особливу увагу в таких умовах приділяють корозійній стійкості, яка визначає довговічність елементів обладнання. Найбільш ефективними матеріалами є нержавіючі сталі, зокрема аустенітні марки типу 12Х18Н10Т, а також леговані сталі з підвищеним вмістом хрому та нікелю. У деяких випадках застосовуються також титан або алюмінієві сплави, але через високу вартість їх використання обмежене.

У роботі розглянуто функціональний аналіз вимог до труб: міцність, корозійна стійкість, зварюваність, економічність. Обґрунтовано доцільність використання сталі марки 08Х18Н10 або 10Х17Н13М2Т, які демонструють відмінні результати в умовах агресивного середовища при середніх температурах і тиску до 4 МПа.

Технологія виготовлення труб включає етапи холодного або гарячого деформування, термічної обробки (зокрема стабілізувального відпалу для зняття внутрішніх напружень) та зварювання. Важливим етапом є методи контролю якості, до яких належать:

- візуально-оптичний і капілярний контроль – для виявлення тріщин і порушень на поверхні;
- ультразвуковий і рентгенівський контроль – для перевірки цілісності зварних швів;
- металографічний аналіз – для дослідження структури матеріалу;
- механічні випробування – на розтяг, ударну в'язкість та твердість.

Для підтвердження міцності та герметичності виготовлених труб проводяться гідравлічні та пневматичні випробування. Гідравлічне випробування зазвичай проводиться тиском, який перевищує робочий на 25 – 50%, з метою перевірки на витік або деформацію.

У результаті виконаної роботи зроблено висновок, що вибір корозійностійкої сталі та дотримання технологічного процесу виготовлення дозволяє забезпечити надійність і тривалий термін експлуатації труб. Це особливо важливо в умовах високих вимог до безпеки технологічного обладнання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ РОБОТИ....	8
1.1. Класифікація та призначення труб для роботи в корозійних умовах.....	9
1.2. Основні вимоги до труб з підвищеною корозійною стійкістю	11
1.3. Матеріали для виготовлення корозійностійких труб	14
1.4. Стандарти та нормативи	18
1.5. Сучасні технології виготовлення труб	19
1.6. Постановка задач дослідження.....	22
2 ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТА РОЗРОБКИ	
2.1 Функціонально-вартісний аналіз.....	24
2.2 Розрахунок товщини стінки труби з нержавіючої сталі AISI 316L, яка працює під внутрішнім тиском	30
2.3 3D-моделювання труби та аналіз її напружено-деформованого стану в програмному забезпеченні Autodesk Inventor 2024.....	32
2.4 Висновки за розділом.....	36
3 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Вибір матеріалу.....	37
3.2 Технології виготовлення та обробки	40
3.3 Екологічні аспекти та рециклінг	42
3.4 Висновки за розділом.....	43
4 ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ	
4.1. Візуально-вимірювальний контроль (VT).....	44
4.2. Ультразвуковий контроль (UT).....	45
4.3. Радіографічний контроль (RT).....	46
4.4. Капілярний контроль (PT).....	47
4.5. Гідравлічне та пневматичне випробування	47
4.6. Металографічний та механічний контроль	48
4.7. Контроль герметичності.....	48
4.8 Висновки за розділом.....	49

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іванов І.П., Коваленко С.В. Корозійна стійкість металевих труб у нафтовій промисловості // *Металознавство і термічна обробка металів*. — 2018. — №4. — С. 45–52.
2. Петров А.С. Матеріали для виготовлення трубопроводів під тиском. — Київ: Видавництво НТУУ, 2019. — 230 с.
3. Сидоренко В.В. Леговані сталі у хімічній промисловості // *Хімічна промисловість України*. — 2020. — №2. — С. 78–85.
4. Kumar R., Singh M., Sharma A. Influence of Heat Treatment on Corrosion Resistance of Stainless Steels // *Journal of Materials Engineering and Performance*. — 2017. — Vol. 26, Issue 3. — P. 1207–1214.
5. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII: Rules for Construction of Pressure Vessels, 2020 Edition.
6. EN 13445: Unfired Pressure Vessels, Part 1–6, 2014.
7. Лисенко О.М. Металографічний контроль зварних конструкцій // *Технології металів*. — 2017. — №3. — С. 15–21.
8. Журавльов М.Г. Випробування трубопроводів під тиском: методи та стандарти // *Технічний вісник*. — 2019. — №7. — С. 35–42.
9. Chen L., Zhang H., Wang Y. Advances in Electroslag Welding of Pressure Vessels // *Welding Journal*. — 2021. — Vol. 100, Issue 6. — P. 165–172.
10. Fontana M.G. Corrosion Engineering, 3rd Edition, McGraw-Hill, 1986.
11. ASTM G39 – 99(2018), Standard Practice for Conducting Stress Corrosion Cracking Tests of Metals.
12. EN ISO 17889-1:2017 Petroleum and natural gas industries — Corrosion-resistant alloy (CRA) seamless tubular products — Part 1: CRA alloy tubes.
13. API 5L, Specification for Line Pipe, American Petroleum Institute.
14. ISO 15614-1:2017 Specification and qualification of welding procedures for metallic materials.

15. Roberge P.R., Corrosion Engineering: Principles and Practice, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2008.
16. G. S. Frankel, "Pitting Corrosion of Metals: A Review of the Critical Factors," J. Electrochem. Soc., 145(6), 1998.
17. Сидоренко В.В. Функціонально-вартісний аналіз в управлінні підприємством. – К.: Економіка, 2019.
18. Miles L.D. Techniques of Value Analysis and Engineering. – McGraw-Hill, 1961.
19. Бобро І.І., Гнатенко Л.П. Основи функціонально-вартісного аналізу в машинобудуванні. – Харків: НТУ "ХПІ", 2021.
20. Ковальчук О.М. Моделі та методи функціонально-вартісного аналізу. – Львів: ЛНТУ, 2020.
21. European Committee for Standardization. EN 12973:2020 Value Management.
22. Kamath J.S., Li W.Y. Value Analysis Integration with CAD Systems in Product Design. // Journal of Manufacturing Systems. – 2022. – Vol. 41, pp. 12–22.
23. Зіборов К.А. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для бакалаврів спеціальності 132Матеріалознавство ОПІ «Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів» / К.А. Зіборов, Н.О. Ротт, Т.О. Письменкова, С.О. Федоряченко; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д.: НТУ«ДП», 2022.