

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 Любченко Анастасії Олександрівни
(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 матеріалу виготовлення посудів працюючих під тиском

(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 Любченко Анастасії Олександрівні 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 матеріалу виготовлення посудів працюючих під тиском
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 посуду, працюючого під тиском. Моделювання та використання МСЕ для подальшої оптимізації.	05.06.2025
Інженерно-технологічний	Обґрунтування матеріалу і технології виготовлення посуду, працюючого під тиском	15.06.2025
Експлуатаційний	Визначення видів та методів контролю якості	20.06.2025

Завдання видано _____

(підпис керівника)

Ганна КОНОНЕНКО

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 14.05.2024

Дата подання до екзаменаційної комісії 26.06.2024

Прийнято до виконання _____

Анастасія ЛЮБЧЕНКО

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 72 с., 55 рис., 8 табл., 11 джерел.

СОСУД, ПРАЦЮЮЧИЙ ПІД ТИСКОМ, СТАЛЬ, ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ, МЕТОДИ КОНТРОЛЮ, ГІДРАВЛІЧНЕ ТА ПНЕВМАТИЧНЕ ВИПРОБУВАННЯ

Об'єкт дослідження – вибір та обґрунтування матеріалу для виготовлення судів, що працюють під тиском.

Мета роботи – техніко-наукове обґрунтування доцільності застосування сталі 16ГС при виготовленні судів, що працюють під тиском, з урахуванням механічних властивостей, стійкості до корозії, зварюваності та економічної доцільності.

Сосуди, що працюють під тиском, є важливими елементами у багатьох галузях промисловості – хімічній, нафтовій, харчовій, енергетичній та ін. Вони призначені для зберігання або транспортування рідин, газів або їх сумішей під тиском, вищим за атмосферний. Через це до них висувуються високі вимоги щодо міцності, герметичності, довговічності та безпеки експлуатації.

Найбільш розповсюдженими матеріалами для виготовлення таких судів є вуглецеві та леговані сталі, нержавіючі сталі, а також сплави кольорових металів (наприклад, алюмінію або титану – у спеціалізованих випадках). Вибір конкретного матеріалу залежить від ряду факторів, таких як робочий тиск, температура, агресивність середовища, частота циклів навантаження тощо.

Одним із найчастіше використовуваних матеріалів є низьковуглецева сталь типу 16ГС або 09Г2С, яка має достатню міцність, гарну зварюваність і відносно низьку вартість. У випадках, коли робоче середовище є агресивним, застосовуються корозійностійкі сталі, наприклад, 12Х18Н10Т. Нержавіючі сталі забезпечують високу стійкість до корозії та добру експлуатаційну надійність, проте є дорогими.

При виготовленні посудів важливо дотримуватись технологічних норм зварювання, термічної обробки, а також правил неруйнівного контролю. Також враховується ергономічність конструкції, легкість монтажу та обслуговування.

У даній кваліфікаційній роботі обґрунтовано вибір низьколегованої сталі для виготовлення сосуда, що працює під тиском до 4 МПа при температурі до 250 °С. Проведено аналіз механічних характеристик, впливу середовища, методів зварювання та вартісної оцінки. Отримані результати підтверджують доцільність вибору цього матеріалу з точки зору безпеки, надійності та економіки виробництва.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ РОБОТИ	
1.1. Класифікація і призначення судів під тиском.....	8
1.2. Конструктивні особливості	9
1.3. Матеріали для виготовлення судів під тиском	13
1.4. Нормативи та стандарти	14
1.5. Сучасні технології та тенденції» у галузі виготовлення судів, що працюють під тиском	16
1.6. Постановка задач дослідження.....	18
2 ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ОБ’ЄКТА РОЗРОБКИ	
2.1 Функціонально-вартісний аналіз.....	19
2.2 Розрахунок товщини стінок згідно нормативних документів.....	23
2.2.1 Розрахунок товщини стінки корпусу судини за ДСТУ EN 13445-3:2019..	24
2.2.1.1 Визначення допустимого напруження для сталі 16ГС.....	24
2.2.1.2 Розрахунок розрахункової товщини стінки.....	24
2.2.1.3 Визначення мінімальної допустимої товщини.....	24
2.2.1.4 Розрахунок товщини стінки випуклих днищ по EN 13445-3:2019.....	25
2.2.2 Підсумковий результат розрахунків.....	26
2.3 3D-моделювання судини та аналіз її напружено-деформованого стану в програмному забезпеченні Autodesk Inventor 2024.....	26
2.4 Висновки за розділом.....	32
3 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Вибір матеріалу.....	33
3.2 Технології виготовлення та обробки	36
3.3 Екологічні аспекти та рециклінг	37
3.4 Висновки за розділом.....	39
4 ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ	
4.1. Візуально-вимірювальний контроль (VT).....	40

4.2. Ультразвуковий контроль (UT).....	41
4.3. Радіографічний контроль (RT).....	43
4.4. Магнітопорошковий контроль (MT).....	45
4.5. Капілярний контроль (PT).....	46
4.6. Гідравлічне та пневматичне випробування	47
4.7. Металографічний та механічний контроль	50
4.8. Контроль герметичності.....	51
4.9 Висновки за розділом.....	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Section VIII – Division 1. Rules for Construction of Pressure Vessels. – New York: The American Society of Mechanical Engineers, 2023. – 770 p.
2. EN 13445-3:2022. Unfired pressure vessels – Part 3: Design. – Brussels: European Committee for Standardization, 2022. – 312 p.
3. Ventsel, E., Krauthammer, T. Thin Plates and Shells: Theory, Analysis, and Applications. – New York: Marcel Dekker Inc., 2001. – 664 p.
4. Kutz, M. Handbook of Mechanical Engineering Calculations. – 4th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2020. – 1248 p.
5. Elmasri, M., Raza, M., Khan, F. Reliability-based design of pressure vessels using leak-before-break concept // Journal of Pressure Vessel Technology. – 2024. – Vol. 146(2). – P. 021501.
6. Ashby, M. F. Materials Selection in Mechanical Design. – 4th ed. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2011. – 640 p.
7. EASAC (European Academies Science Advisory Council). The Role of Hydrogen in Europe's Energy Transition. – Brussels, 2022. – 54 p.
8. NASA Technology Reports. Composite Pressure Vessels for Cryogenic Fuel Storage. – Washington, DC: NASA, 2023. – Report № TR-2023-7510.
9. Wang, H., Liu, J., Zhang, C. Corrosion resistance and mechanical performance of hybrid coatings for steel pressure vessels // Materials and Design. – 2023. – Vol. 236. – P. 111641.
10. ДСТУ EN 13445-2:2019. Судини, що не підігріваються вогнем. Частина 2: Матеріали. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 79 с.
11. ДСТУ 2825:2009. Технологія зварювання. Зварні з'єднання. Загальні вимоги. – Київ: Держспоживстандарт України, 2009. – 35 с.
12. Pressure Equipment Directive (PED) 2014/68/EU. – European Parliament and Council, 2014.

13. Функціонально-вартісний аналіз // Вікіпедія : вільна енциклопедія. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Функціонально-вартісний_аналіз – Назва з екрана. – Дата звернення: 14.06.2025.

13. Контроль якості зварювання. Т. 1. Неруйнівні методи контролю: навчальний посібник / Г. І. Камель, Ю. А. Гасило, П. С. Івченко, Р. Я. Романюк. — Кам'янське : ДДТУ, 2018

14. Зіборов К.А. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для бакалаврів спеціальності 132Матеріалознавство ОПП «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.