



**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**Proiectarea și încercarea cazanelor și  
recipientelor sub presiune**

**Teză de master**

**Ingineria Produsului și a procesului în Construcții de Mașini**

**Student:**

**TARCA DAN**

**Coordonator:**

**STRONCEA Aurel,  
dr. , lect. univ.**

**Chișinău, 2026**

Cuprins		pag.
1.	Introducere	8
1.1.	Contextul lucrării – rolul vaselor sub presiune	8
1.2.	Obiectivele lucrării	9
1.3.	Importanța proiectării digitale și simulării	11
1.4.	Tehnologii digitale și conceptul Industria 4.0	12
2.	Standarde și reglementări pentru proiectarea vaselor	13
2.1.	Standardele pentru vase sub presiune: ASME VIII, EN 13445 și PED (Directiva 2014/68/UE)	13
2.2.	Cerințe privind siguranța: factor de siguranță, presiune de lucru, testare	16
2.3.	Materiale utilizate și proprietățile lor mecanice (ex. AISI 304, 316)	22
2.4.	Notiuni despre sudură și recomandări tehnice	25
3.	Software-ul utilizat pentru proiectare și simulare	28
3.1.	Prezentare SolidWorks: concepte de bază, modelare parametrică 3D, tipuri de profile	28
3.2.	Prezentare SolidWorks Simulation: tipuri de studii (Static, Pressure, Thermal)	30
3.3.	Avantaje simulare	32
3.4.	Interfață, setări, crearea scenariilor de simulare	33
4.	Metodologia de proiectare și analiză	35
4.1.	Comparatia modelelor de management al scimbarii	35
4.2.	Alegerea materialelor și parametri tehnici	36
4.3.	Setarea studiilor de simulare:	37
4.3.1.	Static structural	37
4.3.2.	Presiune internă / hidrostatică	39
4.3.3.	Boundary conditions și load	40
4.4.	Mesh-ul și recomandări pentru acuratețe	41
4.5.	Validarea modelului prin simulări preliminare	42
5.	Studiu de caz practic	42
5.1.	Descrierea vasului și problema reală	42
5.2.	Construirea modelului în SolidWorks	44
5.3.	Aplicarea simulării pentru identificarea cauzei defectului	45
5.4.	Analiza rezultatelor:	46
5.4.1.	Distribuția tensiunilor (Von Mises)	46
5.4.2.	Deformații maxime și localizate	47
5.4.3.	Factor de siguranță	48
5.5.	Recomandări tehnice pentru remediere și optimizare	48
5.6.	Simularea modelului împreună cu optimizarea propusă	52
5.6.1.	Distribuția tensiunilor (Von Mises)	52
5.6.2.	Deformații maxime și localizate	52

5.7. Aplicarea calculelor metodei elementului finit	53
6. Integrarea conceptelor Industrie 4.0	56
6.1. Digital twin și monitorizarea virtuală	56
6.2. Automatizarea simulării și optimizarea designului	57
6.3. Impactul pe fabricație și mentenanță predictive	57
6.4. Exemple industriale de aplicații	58
7. Concluzii	58
7.1. Rezumatul principalelor rezultate și observații	58
7.2. Beneficiile simulării digitale și Industry 4.0	59
7.3. Recomandări pentru proiecte viitoare	59
8. Bibliografie	60

## Rezumat

TARCA DAN. Proiectarea și încercarea cazanelor și recipientelor sub presiune. Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi; Departamentul Ingineria Fabricației; 2025. Teză de master: pag. - 61, desene – 8, surse bibliografice – 21.

În lucrarea dată este analizat procesul complet de proiectare, analiză și optimizare a vaselor de amestec și a celor sub presiune, utilizând instrumente moderne de modelare 3D și simulare numerică, în special SolidWorks și SolidWorks Simulation. Teza evidențiază importanța respectării standardelor internaționale (ASME, EN 13445 și PED (Directiva 2014/668/UE)), selecția corectă a materialelor și aplicarea metodelor de calcul ingineresci pentru a garanta siguranța și fiabilitatea acestor echipamente.

În cadrul lucrării este realizat un studiu de caz real, în care un vas de amestec este modelat, analizat și testat virtual pentru a identifica zonele critice, tensiunile maxime, deformațiile și factorul de siguranță. Rezultatele simulării permit identificarea cauzei posibile a defectului apărut în exploatare, precum și formularea unor recomandări de îmbunătățire structurală.

**Cuvinte-cheie:** vas de amestec, moderne de modelare, presiune, simulare numerică, process, defect.

## Summary

TARCA DAN. Design and testing of boilers and pressure vessels. Technical University of Moldova, Faculty of Mechanical Engineering, Industrial Engineering and Transports; Department of Manufacturing Engineering, 2025. Master thesis: pages - 61; drawings – 8, bibliographic sources – 21.

The present thesis examines the complete process of design, analysis, and optimization of mixing vessels and pressure vessels, employing modern 3D modeling and numerical simulation tools, specifically SolidWorks and SolidWorks Simulation. The work highlights the importance of complying with international standards (ASME, EN 13445 and PED (Directive 2014/668/UE)), proper material selection, and the application of engineering calculation methods to ensure the safety and reliability of such equipment.

A real case study is presented, in which a mixing vessel is modeled, analyzed, and virtually tested to identify critical areas, maximum stresses, deformations, and the safety factor. The simulation results enable the determination of the potential cause of the failure observed during operation, as well as the formulation of structural improvement recommendations.

**Keywords:** mixing vessel, modern modeling, pressure, numerical simulation, process, defect.

## Introducere

Contextul lucrării – rolul vaselor sub presiune.

Recipientele sub presiune reprezintă echipamente esențiale în industria alimentară și farmaceutică, unde procesele tehnologice necesită condiții strict controlate de presiune, temperatură, igienă și calitate a materialelor. Aceste echipamente sunt utilizate pentru operații precum amestecarea, dizolvarea, pasteurizarea, fermentarea, reacțiile chimice controlate, depozitarea intermediară sau finală a produselor, precum și pentru transportul fluidelor în condiții sigure.

În industria alimentară, vasele sub presiune sunt integrate în linii tehnologice pentru producerea lactatelor, băuturilor, produselor fermentate, concentratelor, uleiurilor sau ingredientelor în vrac. Acestea trebuie să asigure menținerea igienei, prevenirea contaminării microbiologice și rezistență la agenți de curățare precum soluțiile alcaline sau acizii utilizați în procedurile **CIP (Cleaning in Place)**. De asemenea, suprafețele care intră în contact cu produsul alimentar trebuie să fie ușor de curățat, netede și lipsite de zone în care se poate acumula reziduu.

În industria farmaceutică, cerințele sunt și mai stricte, deoarece recipientele sub presiune sunt folosite pentru fabricarea soluțiilor sterile, suspensiilor, siropurilor, substanțelor active sau a excipienților. Procese precum dizolvarea, omogenizarea, reacția chimică sau temperaturile controlate se realizează în recipiente sanitare, unde materialul structural trebuie să prevină orice interacțiune nedorită cu produsul și să fie compatibil cu operațiile de sterilizare (**CIP – Clean in Place**). Normele **GMP (Good Manufacturing Practices)** și ghidurile **EHEDG (European Hygienic Engineering & Design Group)** impun utilizarea unor echipamente proiectate igienic, cu finisaje și materiale care să împiedice contaminarea încrucișată și să garanteze calitatea finală a produselor.

Proiectarea digitală și simularea reprezintă etape fundamentale în dezvoltarea recipientelor sub presiune și a vaselor de amestec, având un rol esențial în asigurarea siguranței, fiabilității și eficienței proceselor tehnologice. În locul prototipurilor fizice costisitoare și al încercărilor repetate, ingineria digitală permite crearea unui model virtual al vasului, evaluarea comportamentului său sub sarcini reale și identificarea zonelor critice, înainte de fabricația efectivă.

Software-urile de tip **CAD (Computer-Aided Design)** permit realizarea modelelor 3D ale recipientelor și vaselor de amestec cu detalii precise: grosimea pereților, curburile, capacele, elementele de fixare și racordurile. Exemple frecvente de astfel de sisteme includ **SolidWorks**, **Autodesk Inventor** și **CATIA**. **Bibliografie**

1. INOXPA S.A.U., [www.inoxpa.com](http://www.inoxpa.com)

2. EN 13445 "Unfired pressure vessels", Autori G. BAYLAC, D. KOPLEWICZ, publicat august 2004
3. Quality assurance of pharmaceuticals, publicat de WHO, ISBN 92 4 154708 1
4. Tot ce trebuie să știți despre oțel inoxidabil 304, disponibil la [Tot ce trebuie să știți despre oțel inoxidabil 304 - ETCN](#)
5. Ghidul complet pentru oțelul inoxidabil 316: Înțelegerea proprietăților și aplicațiilor sale, disponibil la [Ghidul complet pentru oțelul inoxidabil 316: Înțelegerea proprietăților și aplicațiilor sale - Baetro](#)
6. Conceptul de industrie 4.0 și provocările sale, autor P. Morisson, disponibil la [Conceptul de industrie 4.0 și provocările sale](#)
7. BPVC.VIII.1 - BPVC Section VIII-Rules for Construction of Pressure Vessels Division 1, publicat de ASME, ISBN 9780791877227
8. Can You Weld 304 to 316 Stainless Steel?, publicat noiembrie 2024, disponibil la [Can You Weld 304 to 316 Stainless Steel? - WeldWiki](#)
9. Standarde și reglementări pentru recipiente sub presiune, API 650/653
10. Recipiente sub presiune sudate prin fuziune fără ardere, EN 13445:2014, elaborate de CEN
11. Proiectarea echipamentelor sub presiune cu considerarea deteriorării produsă de fisuri, Autori V. V. Jinescu, V. I. Iordăchescu, disponibil la [Microsoft Word - 1. PROIECTAREA ECHIPAMENTELOR SUB PRESIUNE CU CONSIDERAREA DETERIORARII PRODUSA DE FISURI.doc](#)
12. Finite element method, autori G. Dhatt, E. Lefrançois, G. Touzot, ISBN 0 471 90110 5
13. Introduction to the Finite Element Method, autor G.P.Nikishkov, publicat de Lecture Notes, UCLA
14. DIRECTIVE 2014/68/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, publicat Mai, 2014
15. Finite Element Investigation on the Performance of Pressure Vessel Subjected to Structural Load, Autori S. S. Salins, M. Mohan, C. Stephen, publicat Manipal Academy of Higher Education, Dubai 345050, UAE
16. Digital twin to improve the virtual-real integration of industrial IoT, disponibil la [Digital twin to improve the virtual-real integration of industrial IoT - ScienceDirect](#)
17. Digital Twin Technology for Real-Time Monitoring and Control in Smart Manufacturing, disponibil la [Digital Twin Technology for Real-Time Monitoring and Control in Smart Manufacturing | International Academic Journal of Science and Engineering](#)

18. Digital Twin Technology—A Review and Its Application Model for Prognostics and Health Management of Microelectronics, disponibil la [Digital Twin Technology—A Review and Its Application Model for Prognostics and Health Management of Microelectronics](#)
19. Coifu, Iu., Nițulenco, T., Bolunduț, I.-L., Toca, A. Studiul și Ingineria Materialelor (materiale nemetalice). Sticla. Chisinau, Editura UTM, 2014, 256 pag. ISBN 978-9975-45-301-1.  
<http://repository.utm.md/handle/5014/23651>
20. Coifu, Iu., Nițulenco, T., Bolunduț, I.-L., Toca, A. Studiul și Ingineria Materialelo (materiale metalice). Chișinău U.T.M., 2012. -467 p. ISBN 978-9975-45-261-8.  
<http://repository.utm.md/handle/5014/15857>
21. Coifu, Iu., Nițulenco, T., Bolunduț, I.-L., Toca, A. Simbolizarea materialelor metalice în sistemele de standarde GOST (Rusia), STAS (România) și EN (Uniunea Europeană). Editura TEHNICA UTM, Chișinău, 2013. - 256 p. ISBN 978-9975-45-261-8.  
<http://repository.utm.md/handle/5014/15775>
22. Toca, A., Nitulenco T., Ciuperca R. Analiza sistemică și funcțională. Chișinău U.T.M., 2022. - 280 p. ISBN 978-9975-45-767-5. <http://repository.utm.md/handle/5014/19384>
23. Bostan, I., Toca, A., Dulgheru, V., Boboc, V., Stroncea, A., Pereu, I., Vaculenco, M., Mocreac, S. *Proiectarea asistată de calculator în construcția de mașini*. Chișinău, Tehnica-Info, 2001, 205 p. ISBN 9975-63-065-0.
24. Iatchevici, V.; Toca, A.; Nitulenco, T., Stroncea, A. Technological transfer under the conditions of digitalization of products and processes. *Journal of Engineering Science*, 2023, 30 (4), pp. 31-44.  
[doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30\(4\).03](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30(4).03)
25. ASME Section VIII - Guidebooks Pressure Vessel, disponibil la [ASME Section VIII - Guidebooks Pressure Vessel.pdf - Google Диск](#)
26. Noțiuni introductive despre metoda elementelor finite, disponibil la [305 MEF Pascu A.doc](#)
27. Inspecții ale cazanelor și recipientelor sub presiune, disponibil la [Inspecții ale cazanelor și recipientelor sub presiune | RO | TÜV Rheinland](#).
28. JAVGUREANU, Vasile, GORDELENCO, Pavel. Some elastoplastically deformation and failure composite iron - nickel coatings. In: Meridian Ingineresc. 2013, nr. 4, pp. 78-81. ISSN 1683-853X. [https://ibn.idsi.md/vizualizare\\_articol/29743](https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/29743)
29. JAVGUREANU, Vasile, GORDELENCO, Pavel. Study of physical and mechanical properties of iron-nickel composite coatings macro indentation. In: Meridian Ingineresc. 2013, nr. 4, pp. 41-45. ISSN 1683-853X. [https://ibn.idsi.md/vizualizare\\_articol/29745](https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/29745)
30. Volodymyr KUKHAR, Elena BALALAYEVA, Hlib KHLIESTOV, Olha KHLIESTOVA. Analysis of technological regimes of open-die forging with model development for digital systems of

metallurgical production. U.P.B. Sci. Bull., Series D, Vol. 88, Iss. 2, 2026. Pp. 227-240. ISSN 1454-2358.

31. Volodymyr V. Kukhar, Khrystyna V. Malii, Natalia S. Hrudkina and Eleonora O. Butenko. Identification of Early Degradation Mechanisms in Zinc Coating on Cold-Formed Steel Sections Through Analysis of the Production–Storage Chain. The International Conference on Advanced Mechanical and Power Engineering (CAMPE 2025), October 20–21, 2025, Kharkiv, Ukraine. pp. 179-189. ISSN 2195-4364. <https://doi.org/10.1007/978-3-032-16381-3>.

32. Volodymyr Kukhar, Andrii Kostryzhev, Oleksandr Dykha, Oleg Makovkin, Ihor Kuziev, Roman Vakulenko, Viktoriia Kulynych, Khrystyna Malii, Eleonora Butenko, Natalia Hrudkina, Oleksandr Shapoval, and Oleksandr Hrushko. Technological and Chemical Drivers of Zinc Coating Degradation in DX51d+Z140 Cold-Formed Steel Sections. *Journals Metals*. Volume 16 issue 2, 37 p., 2026. <https://doi.org/10.3390/met16020146>.

33. Mihail BÎCIOC, Sergiu MAZURU. Practical aspects regarding optimization of three axis CNC machining. *Materials Research Proceedings*. Volume 61. Pages 58-66. <https://doi.org/10.21741/9781644903995-8>.

34. Valeriu Dulgheru, Radu Ciobanu, Oleg Ciobanu, Iulian Malcoci, Sergiu Mazuru, Nicolae Trifan, Dumitru Vengher. Planetary Precessional Transmission: Geometry and Contact Bearing Capacity. *Jurnal Countering Hybrid Threats Against Critical Infrastructures*. 2025.

35. Ion Bostan, Viorel Bostan, Maxim Vaculenco, Ion Bodnariuc, Sergiu Mazuru, Valeriu Dulgheru, Radu Ciobanu, Oleg Ciobanu, Iulian Malcoci, Nicolae Trifan, Dumitru Vengher, Alina Bregnova. Planetary precessional transmission: geometry and contact bearing capacity, kinematics and profile generation. Book *The International Conference on Strategic Innovative Marketing and Tourism*. Springer Netherlands. Pp. 275-355.. 2024.

36. Mazuru Sergiu. *Metode și procedee de fabricare aditivă*. Editura Tehnica-UTM, ISBN: 978-9975-45-741-5, 2021, 144 p.

37. BOSTAN Viorel, BOSTAN Ion, MAZURU Sergiu, VACULENCO Maxim, LEALIN Stanislav, BREGNOVA Alina. Precessional planetary transmissions. Brevet de invenție B.I. 4910. BOPI nr. 12/2024.

38. BOSTAN Viorel, BOSTAN Ion, MAZURU Sergiu, VACULENCO Maxim. Precessional planetary transmissions. Brevet de invenție B.I. 4911. BOPI nr. 12/2024.

