



**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**Dezvoltarea unui sistem de mentenanță pentru  
autovehicule cu scopul de a diminua efectul asupra  
mediului**

**Masterand:**

**PÎNZARI Victor**

**Conducător:**

**dr., conf. univ. GUDÎMA Andrei**

**Chișinău - 2025**

**Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova**  
**Universitatea Tehnică a Moldovei**  
**Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială Și Transporturi**  
**Departamentul Transporturi**

**Admis la susținere**  
**Șef de departament:**  
**conf. univ., dr. CEBAN Victor**

„\_\_” \_\_\_\_\_ 2025

**Teză de master**

**Dezvoltarea unui sistem de mentenanță pentru  
autovehicule cu scopul de a diminua efectul  
asupra mediului**

**Masterand:** PÎNZARI Victor ( \_\_\_\_\_ )

**Conducător:** dr., conf. univ. GUDÎMA Andrei ( \_\_\_\_\_ )

**Chișinău – 2025**

## ABREVIERI

ANRE - Autoritatea Națională de Reglementare în Domeniul Energiei;

PAM - Program de asigurare a mentenanței;

SISC - structuri, instalații (sisteme), ansambluri, subansambluri, echipamente și componente;

CMMS - Computerized Maintenance Management System;

TE - timpului efectiv;

TC - timpul calendaristic;

TO - timpul total al opririlor;

TPR – timpul planificat pentru reparații;

TOA – timpul opririlor accidentale;

TN – timpul normat;

EOL - End-of-life (finalul bunei funcționări);

LCA - Life Cycle Assessment;

CTP - control tehnic periodic;

TD - True Decisions;

FD - FD - False Decisions;

## REZUMAT

**Tema tezei:** „Dezvoltarea unui sistem de mentenanță pentru autovehicule cu scopul de a diminua efectul asupra mediului”.

Lucrarea a fost realizată la Universitatea Tehnică din Moldova, în cadrul Facultății de Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi, la Departamentul de Transporturi, în anul 2024.

Lucrarea finală de calificare, cu tema „Dezvoltarea unui sistem de mentenanță pentru autovehicule cu scopul de a diminua efectul asupra mediului”, cuprinde 67 de pagini de text, 3 anexă și 33 de surse citate.

**Obiectul lucrării** - sistem de mentenanță pentru autovehicule.

**Scopul lucrării:** Cercetarea își propune să analizeze în detaliu structura complexă a activităților de mentenanță, evidențiind caracteristicile tehnologiilor folosite, particularitățile strategiilor de mentenanță și efectele acestora asupra mediului.

Capitolul 1, intitulat „Starea actuală a activităților de mentenanță în condițiile Republicii Moldova” abordează:

- o succintă trecere în revistă a modelelor matematice utilizate în teoria fiabilității;
- o descriere a conceptelor de mentenabilitate și disponibilitate;
- detalierea conceptului de mentenanță, incluzând sistemele de mentenanță specifice autovehiculelor și strategiile aplicabile;
- prezentarea unor modele pentru analiza și evaluarea mentenanței autovehiculelor, incluzând aspectele tehnice, economice și impactul asupra mediului.

Capitolul 2 intitulat „Metodologia de cercetare a procesului de mentenanță a autovehiculelor pentru diminuarea impactului ecologic” explorează direcțiile de cercetare și dezvoltare în domeniul mentenanței autovehiculelor, având ca scop principal reducerea impactului ecologic. Sunt detaliate obiectivele centrale ale activităților de cercetare și dezvoltare, precum și metodologia utilizată în cadrul acestora.

Capitolul 3 intitulat „Studiu de caz privind metode de optimizare a procesului de întreținere a autovehiculelor” se efectuează:

- o evaluare teoretică a criteriilor esențiale pentru optimizarea strategiilor de mentenanță;
- elaborarea unor modele matematice care să reflecte costurile, disponibilitatea și impactul asupra mediului generate de activitățile de mentenanță ale autovehiculelor;
- o analiză practică ce vizează identificarea și implementarea unor elemente de optimizare în procesul de mentenanță a autovehiculelor;
- o descriere detaliată a specificațiilor parcului auto supus activităților de mentenanță;
- o expunere a informațiilor relevante despre organizația responsabilă de efectuarea operațiunilor de mentenanță;
- minimizarea impactului ecologic al activităților de mentenanță a autovehiculelor prin adoptarea unui sistem de management de mediu.

Lucrarea se încheie cu prezentarea concluziilor finale.

## SUMMARY

**Thesis topic:** "Development of a maintenance system for motor vehicles in order to reduce the effect on the environment".

The work was carried out at the Technical University of Moldova, within the Faculty of Mechanical, Industrial and Transport Engineering, at the Department of Transport, in 2024.

The final qualification work, on the topic "Development of a maintenance system for motor vehicles in order to reduce the effect on the environment", includes 67 pages of text, 3 annexes and 33 cited sources.

**The object of the work** - - vehicle maintenance system.

Chapter 1, entitled "Current Status of Maintenance Activities in the Republic of Moldova" addresses:

- a brief review of the mathematical models used in reliability theory;
- a description of the concepts of maintainability and availability;
- a detailed description of the concept of maintenance, including vehicle-specific maintenance systems and applicable strategies;
- presentation of models for the analysis and evaluation of vehicle maintenance, including technical, economic and environmental aspects.

Chapter 2 entitled "Research methodology of the vehicle maintenance process for reducing environmental impact" explores the directions of research and development in the field of vehicle maintenance, with the main goal of reducing environmental impact. The central objectives of the research and development activities, as well as the methodology used within them, are detailed.

Chapter 3 entitled "Case study on methods for optimizing the vehicle maintenance process" is carried out:

- a theoretical assessment of the essential criteria for optimizing maintenance strategies;
- development of mathematical models that reflect the costs, availability and environmental impact generated by vehicle maintenance activities;
- a practical analysis aimed at identifying and implementing optimization elements in the vehicle maintenance process;
- a detailed description of the specifications of the vehicle fleet subject to maintenance activities;
- an exposition of relevant information about the organization responsible for performing maintenance operations;
- minimizing the ecological impact of vehicle maintenance activities by adopting an environmental management system.

The paper ends with the presentation of the final conclusions.

## CUPRINS

DECLARAȚIA MASTERANTULUI .....	2
ABREVIERI .....	3
REZUMAT .....	4
SUMMARY .....	6
INTRODUCERE .....	10
CAPITOLUL 1. STAREA ACTUALĂ A ACTIVITĂȚILOR DE MENTENANȚĂ ÎN CONDIȚIILE REPUBLICII MOLDOVA .....	12
1.1 Importanța activităților de mentenanță .....	12
1.2 Mentenanța în funcție de starea tehnică a autovehiculelor .....	14
1.3 Sensul conceptului de întreținere în schimbarea stării tehnice a autovehiculelor .....	16
1.3.1 Procesul de uzură .....	16
1.3.2 Modificarea compoziției chimice.....	17
1.3.3 Modificarea proprietăților fizico-mecanice .....	18
1.3.4 Depunerile de substanțe .....	18
1.3.5 Accidentele și deteriorările.....	19
1.3.5 Defecțiunile .....	20
1.4 Model de mentenanță.....	23
1.5 Aprecierea ecotehnologică a procesului de întreținere a autovehiculelor...	24
1.6 Influența ecologică al operațiilor de întreținere și reparație auto .....	28
1.7 Concluzii pe capitolul 1.....	29
CAPITOLUL 2. METODOLOGIA DE CERCETARE A PROCESULUI DE MENTENANȚĂ A AUTOVEHICULELOR PENTRU DIMINUAREA IMPACTULUI ECOLOGIC.....	31
2.1 Vectorul de cercetare .....	31
2.2 Scopul principal al activității de cercetare .....	32
2.3 Metodologia de cercetare .....	32
2.4 Analiza impactului ecologic al autovehiculelor .....	33
2.5 Evaluarea impactului ecologic al diverselor elemente utilizate în procesul de mentenanță a autovehiculelor .....	38

2.6 Distribuții statistice utilizate în analiza fiabilității .....	40
2.7 Crearea unui model pentru reducerea impactului asupra mediului prin reciclare .....	44
2.8 Crearea unui model pentru reducerea impactului asupra mediului prin recondiționare .....	45
2.9 Concluzii pe capitolul 2.....	46
<b>CAPITOLUL 3. STUDIU DE CAZ PRIVIND METODE DE OPTIMIZARE A PROCESULUI DE ÎNTREȚINERE A AUTOVEHICULELOR .....</b>	<b>47</b>
3.1 Factori de optimizare a strategiilor de întreținere.....	47
3.2 Componentele modelului pentru calcularea costului procesului de întreținere preventivă.....	47
3.3 Componentele modelului pentru disponibilitatea autovehiculului în cadrul mentenanței preventive.....	49
3.4 Strategii de optimizare a lucrărilor de mentenanță preventivă .....	50
3.5 Studiu de caz referitor la optimizarea procesului de mentenanță pentru autovehicule .....	51
3.5.1 Particularitățile parcului de autovehicule aflate în întreținere .....	51
3.5.2 Date cu privire la organizarea activităților de mentenanță.....	51
3.5.3 Optimizarea controalelor tehnice în funcție de criteriul disponibilității....	52
3.5.4 Optimizarea controalelor tehnice în funcție de criteriul costului mentenanței .....	53
3.6 Minimizarea impactului ecologic al activităților de mentenanță a autovehiculelor prin adoptarea unui sistem de management de mediu .....	55
3.7 Concluzii pe capitolul 3.....	56
<b>CONCLUZII FINALE .....</b>	<b>58</b>
<b>REFERINȚE BIBLIOGRAFICE .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXE .....</b>	<b>63</b>

## INTRODUCERE

Abordarea crizei climatice și de mediu oferă o ocazie de a revitaliza economia într-un mod sustenabil. În acest sens, acordul european „Creșterea ambiției climatice a Europei pentru 2030 - Investiții într-un viitor neutru din punct de vedere climatic, pentru beneficiul cetățenilor noștri” stabilește ca obiectiv atingerea neutralității climatice până în 2050, prin reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră din transport cu 90%. Conform evaluării impactului care însoțește documentul „Cartea Albă Europeană: Foaie de parcurs către un spațiu unic european de transport - Către un sistem de transport competitiv și eficient din punct de vedere al resurselor”, atingerea acestui obiectiv necesită măsuri menite să facă transportul mai durabil. În acest context, reducerea impactului ecologic al activităților de mentenanță auto poate contribui semnificativ la scăderea emisiilor poluante generate de sectorul transporturilor.

Am ales să elaborez teza „Dezvoltarea unui sistem de mentenanță pentru autovehicule cu scopul de a diminua efectul asupra mediului” deoarece, în Republica Moldova, există un deficit semnificativ de informații teoretice privind legătura dintre mentenanța autovehiculelor și impactul asupra mediului.

Scopul cercetării este de a examina în profunzime cadrul complex al activităților de mentenanță, punând accent pe caracteristicile tehnologiilor utilizate, rolul și specificul strategiilor de mentenanță, precum și impactul acestora asupra mediului.

Conform acordului adoptat de Parlamentul și Consiliul European pe 27 octombrie 2022 [1], parte integrantă a pachetului „Pregătiți pentru 55” [2], toate vehiculele noi vor trebui să aibă emisii zero începând cu anul 2035. Acordul include și o etapă intermediară, care prevede reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub> cu 55% pentru autoturisme și cu 50% pentru autoutilitare până în 2030. Deși această măsură va impulsiona în mod semnificativ tranziția către mobilitatea electrică, motoarele cu ardere internă vor continua să joace un rol important în anumite sectoare de transport, care, din cauza limitărilor actuale ale vehiculelor electrice, nu pot fi complet electrificate.

În plus, trebuie avut în vedere că tranziția către propulsia electrică la nivel global necesită timp și implică dezvoltarea unei infrastructuri de încărcare adecvate, care în prezent nu progresează suficient de rapid. De asemenea, avantajul propulsiei electrice în ceea ce privește amprenta de carbon devine mai puțin evident atunci când se compară întregul ciclu de viață al vehiculelor cu propulsie electrică și al celor cu motoare termice, din cauza procesului de producție și a dependenței sectorului energetic de combustibilii fosili.

Mentenanța, în sine, reprezintă un obiectiv esențial în tehnologia întreținerii automobilelor, vizând atât conținutul, cât și organizarea lucrărilor de întreținere tehnică și reparații necesare vehiculelor, cu scopul de a asigura o exploatare eficientă la costuri minime, fără a afecta utilizarea

lor comercială. Se urmărește reducerea acestor intervenții până la eliminarea lor (ideal), fără a compromite capacitatea optimă a automobilului de a-și îndeplini sarcinile.

Experiența în exploatarea autovehiculelor a evidențiat că, deși lucrările de întreținere tehnică și reparații curente sunt efectuate cu maximă rigurozitate, după o anumită perioadă de utilizare, parametrii esențiali ai autovehiculelor se deteriorează până la un nivel la care menținerea lor în exploatare devine inefficientă din punct de vedere economic. Acest lucru se datorează creșterii consumului de piese de schimb, combustibil și altor costuri operaționale. În acest context, un rol crucial îl are modul de exploatare a autovehiculelor, care trebuie să respecte cerințele stabilite de Ministerul Transporturilor al Republicii Moldova și impuse parcurilor auto din subordinea sa.

## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. Rezaei, J., Shahbakhti, M., Bahri, B., and Aziz, A.A., "Performance prediction of HCCI engines with oxygenated fuels using artificial neural networks," *Appl Energy* 138, 2015, doi:10.1016/j.apenergy.2014.10.088.
2. Vaughan, A. and Bohac, S. V., "Real-time, adaptive machine learning for non-stationary, near chaotic gasoline engine combustion time series," *Neural Networks* 70, 2015, doi:10.1016/j.neunet.2015.04.007.
3. Liu, Y., Zhang, J., Qin, K., and Xu, Y., "Diesel engine fault diagnosis using intrinsic time-scale decomposition and multistage Adaboost relevance vector machine," *Proc Inst Mech Eng C J Mech Eng Sci* 232(5), 2018, doi:10.1177/0954406217691554.
4. Amza, Gh., *Ecotehnologie și dezvoltare durabilă*, vol.1 și 2, Editura Printech, București, 2009.
5. Șoica, A. O., Popescu, R. M., Aspects regarding CAR parts reconditioning by using rendering procedure, *Metalurgia International*, 2010.
6. Dombrowski, U., Quantschnig, M., Requirements of reconditioning used parts in spare-parts management, *ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 2009, 10.3139/104.110071.
7. European Commission, A study about the benefits of the End of Life Vehicles Directive and the costs and benefits of a revision of the 2015 targets for recycling, re-use and recovery under the ELV Directive, European Commission DG Environment, 2006.
8. Cucu, S., Dumitru, B., Environmental impact assessment regarding predictive maintenance operations for passenger cars based on spare parts life cycle. IBIMA Conference, Madrid, 2019.
9. V. Plămădeală, Vl. Goian, I. Beiu "Organizarea și siguranța circulației rutiere", curs universitar, volumul II, "Siguranța automobilelor: activă, pasivă, post-crash și ecologică" Chișinău Editura „Tehnica-UTM” 2021.
10. GAIGINSCHI, R., DROSESCU, R., ș.a., Siguranța circulației rutiere. Vol I Editura Tehnica, București, 2004, 700 p. ISBN 973-31-2216-5.
11. Cucu, S., Dumitru, B., Periodic control optimization according to availability for vehicles. COMEC Conference, Universitatea din Brașov, 2019.
12. ȚIȚEI, Victor, ABABII, Alexei, BLAJ, Vasile, DOROFTEI, Veaceslav, GADIBADI, Mihail, ANDREOIU, Andreea Cristina, MARUȘCA, Theodor, GUDIMA, Andrei, TOD, Monica, DARADUDA, Nicolae. Evaluarea indicilor de calitate a fitomasei energetice de *Dactylis glomerata* L. și *Festuca pratensis* huds.. In: *Genetica, fiziologia și ameliorarea plantelor*, Ed. 8, 7-8 octombrie 2024, Chișinău. Chișinău: CEP USM, 2024, Ediția 8, pp. 445-451. ISBN 978-9975-62-766-5. DOI: <https://doi.org/10.53040/gppb8.2024.77>.
13. ONCEANU, V. ș. a. – Bazele comportamentului în conducerea autovehiculului și siguranța traficului rutier; Institutul de Științe ale Educației M.E.T. – Chișinău: S.n. 2008 Tipografia "Vite-jesc" SRL.
14. OKWUOBI, S., ISHOLA, F. et al. (2018). A Reliability-Centered Maintenance Study for an Individual Section-Forming Machine. In: *Machines*, vol. 6, pp. 1-17. DOI: 10.3390/machines6040050.
15. Cucu, S., Dumitru, B., Theoretical estimation of maintenance costs for periodically controlled vehicles. COMEC Conference, Universitatea din Brașov, 2019.
16. ONCEANU, V. – Cercetări cu privire la posibilitățile de reducere a consumului și diminuarea gradului de poluare a mediului ambient ca urmare a optimizării traficului rutier. Teza de doctorat. București, 2002.
17. MARIAN, Grigore, ALEXIOU-IVANOVA, Tatiana, GUDIMA, Andrei, NAZAR, Boris, MALAI, Leonid, MARIAN, Teodor, PAVLENCO, Andrei. Biomass Resources from Vineyard Residues for the Production of Densified Solid Biofuels in the Republic of Moldova. In: *Agronomy*, 2024, vol. 14, pp. 1-13. ISSN 2073-4395. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14102183>.

18. MUCHIRI, P., PINTELON, L., GELDERS, L., MARTIN, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. In: International Journal of Production Economics, vol. 1, pp. 295-302.
19. QIN H. Analysis on Bus Choice Behavior of Car Owners Based on Intent? / H. Qin, H. Guan, Z. Zhang, L. Tong, L. Gong, Y. Xue // Procedia - Social and Behavioral Sciences. - 2013. - No. 96. - P. 2373-2382.
20. MARIAN, Grigore, GUDIMA, Andrei, NAZAR, Boris, DARADUDA, Nicolae, PAVLENCO, Andrei. Stabilirea limitelor de miscibilitate și compatibilitate a constituenților amestecurilor formate pe baza miscanthus titan+. In: Sectorul agroalimentar – realizări și perspective, Ed. 1, 11-12 noiembrie 2022, Chisinau. Chișinău: "Print-Caro" SRL, 2023, pp. 96-97. ISBN 978-9975-165-51-8.
21. KUMAR, U. (2006). Development and implementation of maintenance performance measurement system: Issues and challenges. In: Mathew, J., Ma, L. et al. (ed.) Engineering Asset Management, London: Springer. pp. 738-743. [https://doi.org/10.1007/978-1-84628-814-2\\_78](https://doi.org/10.1007/978-1-84628-814-2_78).
22. KUMAR, U., GODHIA, H., SRINIVAS, N., HOOVAYYA, P. (2014). Insights into equipment planning of a 250-Bed hospital project. In: International Journal of Health Sciences and Research, vol. 4(10), pp. 311-321.
23. MARIAN, G., IONUȚ, V., SÎRGHI, V. (1999). Mentenanță-mentenabilitate-fiabilitate-disponibilitate. In: Simpozion științific jubiliar “65 de ani ai UASM”, vol. 2, UASM, Chișinău, 7-9 octombrie 1998, pp. 111-112.
24. . PARIDA, A. (2007). Study and analysis of maintenance performance indicators (MPIs) for LKAB: a case study. In: Journal of Quality in Maintenance Engineering, vol. 13(4), pp. 325-337.
25. PINTELON, L., PARODI-HERZ, A. (2008). Maintenance: an evolutionary perspective. In: Kobbacy, K., Murthy, P. Complex System Maintenance Handbook. London: Springer. pp. 21-48.
26. PINTELON, L., PINJALA, S. K., VEREECKE, A.(2006). Evaluating the effectiveness of maintenance strategies. In: Journal of Quality in Maintenance Engineering, vol. 12(1), pp. 7-20.
27. TSANTIOTIS, D., COSTOPOULOS, T., ASFIS, G., ASFIS, I. (2007). A cost-efficient application of the reliability-centered maintenance method for small-scale usage. În: 2nd International Conference on Experiments/Process/System Modelling/Simulation/Optimization , pp. 1-9.
28. TURCU, E. (2017). Modele de Analiză și Prevenție în Mentenanța Proactivă: Rezumatul tezei de doctorat. București: Universitatea Politehnică din București. 57 p.
29. VILARINHO, S., LOPES, I., OLIVEIRA, J. (2017). Preventive maintenance decisions through maintenance optimization models: a case study. In: Procedia Manufacturing, nr 11, pp. 1170-1177.
30. Hedvall, K., Dubois, A., & Lind, F., Analysing an activity in context: A case study of the conditions for vehicle maintenance. Industrial Marketing Management, 58, 69-82, 2016.
31. Deneș, C., Fiabilitatea și mentenabilitatea sistemelor tehnice, Editura Alma Mater, Sibiu, 2003.
32. . SANTIAGO, G. (2017). Types of mentenance. Available: <http://mantenimientopetroquimica.com/en/typesofmaintenance.html>.
33. [https://www.legis.md/cautare/getResults?doc\\_id=123700&lang=ro](https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=123700&lang=ro).
34. <https://www.chisinau.md/ro/transport-public-20532.html>.
35. <https://www.transport-community.org/wpcontent/uploads/2021/04/Annual-Statistics-2020.pdf>.

<https://ro.scribd.com/doc/95830695/Metoda-ELECTRE> .