



ANALIZA POSIBILITĂȚII DE ÎNDEPLINIRE A NORMELOR DE TOXICITATE A VEHICULELOR CU AUTONOMIE EXTINSĂ

Masterand: MIHAILOV Victor

Conducător: DARADUDA Nicolae
lect. univ., dr.

Chișinău, 2025

Ministerul Educației și cercetării al Republicii Moldova
Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi
Departamentul transporturi
Programul de masterat
„Sisteme și Tehnologii Avansate în Ingineria Transportului Auto”

Admis la susținere

Șef Departament: conf. univ., dr. CEBAN Victor,

_____ “ _____ ” 2025

**ANALIZA POSIBILITĂȚII DE ÎNDEPLINIRE A
NORMELOR DE TOXICITATE A VEHICULELOR CU
AUTONOMIE EXTINSĂ**

Teză de master

Masterand: _____ MIHAILOV Victor

**Conducător: _____ DARADUDA Nicolae
lect. univ., dr.**

Chișinău, 2025

Adnotare

Teza de master intitulată: Analiza posibilității de îndeplinire a normelor de toxicitate a vehiculelor cu autonomie extinsă. Autor: MIHAILOV Victor, Specializarea Sisteme și Tehnologii Avansate în Ingineria Transportului Auto, conducător științific DARADUDA Nicolae, lect. univ., dr.

Teza de master este scrisă în limba română pe 79 pagini, structura tezei include: introducere, 3 capitole, concluzii, bibliografie și anexe.

1. Această teză analizează emisiile nocive generate de motoarele autovehiculelor, punând accent pe compușii NOx (oxizi de azot), THC (hidrocarburi totale), CO₂ (dioxid de carbon) și NMHC (hidrocarburi nemetanice). Cercetarea are drept scop evaluarea eficienței noilor tehnologii hibride și electrice pentru reducerea acestor emisii, conform standardelor moderne de toxicitate Euro 6.
2. Lucrarea oferă o evaluare detaliată a influenței diverselor tipuri de combustibil asupra poluării atmosferice și analizează performanțele unui vehicul echipat cu un sistem EREV (Extender Range Electric Vehicle). Modelele matematice și calculele experimentale aplicate sunt bazate pe parametrii specifici ai automobilului BMW i3 Rex, adaptat tehnologiilor electrice. Studiul evidențiază potențialul semnificativ al vehiculelor hibride și electrice în reducerea emisiilor, demonstrând că procentul de electrificare a automobilului contribuie în mod direct la scăderea nivelului de CO₂ și THC.
3. Teza subliniază importanța utilizării gazului natural comprimat (CNG) ca sursă de combustibil pentru EREV, datorită eficienței sale ridicate și a impactului redus asupra mediului. De asemenea, sunt prezentate comparații între vehiculele convenționale și cele hibride/electrice în ceea ce privește consumul de energie, emisiile de CO₂ și conformitatea cu standardele Euro 6.
4. Lucrarea include o analiză a tendințelor pieței globale și locale pentru vehiculele electrice și hibride, precum și o prognoză privind creșterea adopției acestora în următorii ani. De asemenea, sunt examinate inovațiile în designul vehiculelor, cum ar fi utilizarea aluminiului pentru reducerea greutății caroseriei, contribuind astfel la creșterea autonomiei și a eficienței energetice.
5. Această cercetare reprezintă un suport valoros pentru specialiști, proiectanți și decidenți politici, în vederea promovării transportului ecologic și a dezvoltării unui sector auto sustenabil în Republica Moldova. Totodată, rezultatele contribuie la o mai bună înțelegere a impactului tehnologiilor moderne asupra reducerii emisiilor poluante și la creșterea eficienței energetice a autovehiculelor.
6. Concluziile susțin faptul că vehiculele hibride și electrice reprezintă o soluție sustenabilă pentru viitorul transportului ecologic, cu impact pozitiv asupra protecției mediului și reducerea efectului de seră. Rezultatele prezentate sunt utile pentru dezvoltarea unor strategii eficiente în sectorul auto din Republica Moldova.

Annotation

Master's Thesis entitled: Analysis of the Feasibility of Meeting Toxicity Standards for Extended-Range Electric Vehicles.

Author: Mihailov Victor,

Specialization: Advanced Systems and Technologies in Automotive Engineering,

Scientific Advisor: Nicolae Daraduda, university lecturer, PhD.

The master's thesis is written in Romanian, spans 79 pages, and includes the following structure: introduction, three chapters, conclusions, bibliography, and annexes.

1. This thesis analyzes harmful emissions generated by vehicle engines, with a focus on compounds such as NO_x (nitrogen oxides), THC (total hydrocarbons), CO₂ (carbon dioxide), and NMHC (non-methane hydrocarbons). The research aims to evaluate the efficiency of new hybrid and electric technologies in reducing these emissions in compliance with modern Euro 6 toxicity standards.

2. The study provides a detailed assessment of the influence of different types of fuels on atmospheric pollution and examines the performance of a vehicle equipped with an EREV (Extended Range Electric Vehicle) system. Mathematical models and experimental calculations applied are based on the specific parameters of the BMW i3 Rex vehicle adapted to electric technologies. The research highlights the significant potential of hybrid and electric vehicles in reducing emissions, demonstrating that the percentage of vehicle electrification directly contributes to the reduction of CO₂ and THC levels.

3. The thesis emphasizes the importance of using compressed natural gas (CNG) as a fuel source for EREV due to its high efficiency and low environmental impact. Comparisons are also presented between conventional, hybrid, and electric vehicles regarding energy consumption, CO₂ emissions, and compliance with Euro 6 standards.

4. The work includes an analysis of global and local market trends for electric and hybrid vehicles, as well as a forecast regarding the increased adoption of these technologies in the coming years. Additionally, innovations in vehicle design, such as the use of aluminum to reduce body weight, are examined, highlighting their contributions to increased range and energy efficiency.

5. This research represents a valuable resource for specialists, designers, and policymakers in promoting eco-friendly transportation and developing a sustainable automotive sector in the Republic of Moldova. Moreover, the findings contribute to a better

understanding of the impact of modern technologies on reducing pollutant emissions and increasing vehicle energy efficiency.

6. The conclusions support that hybrid and electric vehicles are a sustainable solution for the future of green transportation, with a positive impact on environmental protection and reducing the greenhouse effect. The presented results are useful for developing effective strategies in the automotive sector in the Republic of Moldova.

CUPRINS

| | |
|---|----|
| LISTA ABREVIERILOR | 8 |
| LISTA FIGURILOR | 9 |
| LISTA TABELELOR | 10 |
| INTRODUCERE..... | 11 |
| 1. ACTUALITATEA TEMEI ȘI SINTEZA LITERATURII | 13 |
| 1.1. Actualitatea temei | 13 |
| 1.2. Standarde ecologice „Euro 0 - 6” pentru automobilele cu MAI care utilizează benzină drept combustibil..... | 14 |
| 1.3. Aplicarea combustibililor alternativi pentru respectarea normelor de toxicitate viitoare | 17 |
| 1.3.1. Gaz natural lichefiat (GNL) | 17 |
| 1.3.2. Gazul petrolier lichefiat (GPL) | 18 |
| 1.3.3. Propanul..... | 18 |
| 1.3.4. Biocombustibili..... | 18 |
| 1.3.5. Hidrogenul | 19 |
| 1.3.6. Compararea combustibililor alternativi..... | 19 |
| 1.4. Tendințele de dezvoltare a vehiculelor electrice | 22 |
| 1.4.1. Situația actuală a pieței de automobile electrice..... | 23 |
| 1.4.2. Situația actuală a pieței de automobile electrice și de tip hibrid în Republica Moldova | 24 |
| 1.5 Tipuri de automobile electrice | 25 |
| 1.5.1 Automobile electrice BEV | 26 |
| 1.5.2. Mașini electrice PHEV | 28 |
| 1.5.3. Automobilele electrice HEV | 32 |
| 2. OBIECTUL ȘI METODELE CERCETĂRII | 40 |
| 2.1. Metodologia de evaluare a eficienței și calculul parametrilor EREV..... | 40 |
| 2.2. Analiza rezultatelor calculelor, la operarea vehiculului electric EREV | 51 |
| 2.3. Metodologia de evaluare a eficienței și calculul parametrilor EREV..... | 58 |
| 2.4. Analiza rezultatelor calculului pentru funcționarea automobilului electric EREV | 59 |
| 3. EFICIENȚA ECONOMICĂ A..... | 66 |
| 3.1. Evaluarea experimentală a indicatorilor economici și ecologici ai EREV. Dispoziții generale..... | 66 |
| 3.2 Scopul testelor | 66 |
| 3.3 Obiectul testelor | 66 |
| 3.4 Condițiile de realizare a încercărilor | 66 |
| 3.5 Metodologia încercărilor..... | 67 |

| | |
|--|----|
| 3.6. Programul încercărilor | 69 |
| 3.7 Completarea sistemului electronic de control al motorului (SECM) și caracteristicile senzorilor și mecanismelor de acționare..... | 70 |
| 3.8 Rezultatele încercărilor | 73 |
| 7. CONCLUZII FINALE | 75 |
| BIBLIOGRAFIE..... | 76 |

INTRODUCERE

La momentul actual, automobilele reprezintă una dintre părțile indispensabile ale vieții omului. Acestea fac viața zilnică mult mai confortabilă și mai simplă. Totuși, un număr mare de autovehicule dotate cu motoare cu ardere internă (MAI) are un impact negativ asupra mediului și ecologiei. Standardele moderne impun o reducere semnificativă a emisiilor de NO_x, THC, CO₂ și NMHC în atmosferă.

Pentru atingerea scopurilor stabilite de Convenția-cadru a Organizației Națiunilor Unite referitoare la schimbările climatice, Protocolul de la Kyoto include trei mecanisme: 1. Mecanismul de Implementare Comună; 2. Mecanismul Dezvoltării Nepoluante (MDN); 3. Mecanismul de Comercializare a Emisiilor. Republica Moldova poate participa doar în cadrul MDN. Aplicarea practică a acestui mecanism se face exclusiv prin implementarea unor proiecte care vizează reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră (GES) [1].

În acest context, tema lucrării de față, care abordează respectarea normelor de toxicitate conform standardului REEV pentru motoarele pe benzină (MAS), este una prioritară.

Obiectivele ce vor fi realizate în cadrul lucrării, pentru a atinge scopurile propuse, includ:

- studierea stadiului actual al problemei privind tema aleasă a lucrării de disertație;
- determinarea și analiza dependenței dintre componentele toxice nocive din gazele de eșapament ale motoarelor cu ardere internă cu aprindere prin scânteie, care funcționează pe gaz natural comprimat (CNG) și benzină, în condițiile unui stand de testare pentru motoare;

- procesarea și compararea rezultatelor obținute cu normele actuale și de perspectivă privind emisiile toxice;

- pregătirea unei liste necesare de cerințe și recomandări pentru îmbunătățirea motorului prezentat.

Obiectul cercetării îl constituie un automobil electric cu autonomie extinsă (REEV).

Subiectul cercetării îl reprezintă indicatorii de ecologicitate și eficiență a consumului de combustibil ai automobilului electric.

Scopul lucrării este determinarea teoretică și experimentală a conformității cu cerințele normelor de toxicitate de perspectivă pentru un automobil electric echipat cu REEV.

Noutatea științifică a lucrării:

- Metodologia propusă pentru evaluarea toxicității emisiilor gazelor de eșapament permite reducerea semnificativă a emisiilor de CO₂ în atmosferă;
- A fost efectuată o analiză comparativă a influenței diferitelor tipuri de combustibil (benzină, CNG) asupra indicatorilor ecologici ai automobilului electric echipat cu REEV.

Semnificația practică a lucrării:

- Rezultatele acestei cercetări pot fi utilizate în proiectarea și crearea automobilelor electrice REEV, oferind posibilitatea de a prognoza dezvoltarea metodei propuse pentru îmbunătățirea parametrilor economici și ecologici ai motorului, precum și identificarea celor mai promițătoare direcții de cercetare.

BIBLIOGRAFIE

- [1] V. Scorpan, “Conceptul și principiile de activitate în cadrul Protocolului de la Kyoto,” *Mediu. ambiant*, vol. 41, no. 5, pp. 13–15, 2008.
- [2] Ministerul Mediului, “Poluarea cauzată de mașini a devenit o problemă deosebit de gravă, care a ajuns să afecteze nu doar mediul înconjurător, ci și sănătatea oamenilor!” [am.gov.md](https://am.gov.md/ro/content/poluarea-cauzata-de-masini-devenit-o-problema-deosebit-de-grava-care-ajuns-sa-afecteze-numd). [Online]. Available: <https://am.gov.md/ro/content/poluarea-cauzata-de-masini-devenit-o-problema-deosebit-de-grava-care-ajuns-sa-afecteze-numd>
- [3] “Ambuteiajele reale urmează! Câte vehicule sunt înregistrate în Moldova în prag de 2025.” [Online]. Available: <https://autoblog.md/video-ambuteiajele-reale-urmeaza-cate-vehicule-sunt-inregistrate-in-moldova-in-prag-de-2025/>
- [4] Guvernul RM, “HG din 12 iunie 2024 Cu privire la aprobarea Strategiei de mediu pentru anii 2024-2030,” 2024.
- [5] P. SCLEAR, I. MELNIC, and N. DARADUDA, “Conversia biomasei în energie în condițiile Republicii Moldova.”
- [6] VOLEAC Petru, GADIBADI Mihail, and DARADUDA Nicolae, “Rezultatele încercărilor de laborator a motorului diesel 4DC-125/110 alimentat cu combustibili alternativi,” *Ing. Agrar. și Transp. auto*, vol. 51, pp. 348–352, 2018.
- [7] E. BANARI, “Studies abouts the energy and economic performances of the DC4 11.0/12.5 biodiesel combustion engine,” *Ing. Automob.*, vol. 66, no. martie 2023, pp. 22–24, 2023.
- [8] V. Cerempei, E. Banari, G. Poștaru, and L. Popa, “Tribological Research of the Chrome-Gray Cast Iron Coupling With Lubrication in Different Environments,” *INMATEH - Agric. Eng.*, vol. 70, no. 2, pp. 583–592, Aug. 2023, doi: 10.35633/inmateh-70-56.
- [9] Cned.gov.md, “Numărul automobilelor electrice și de tip hibrid înmatriculate în Republica Moldova continuă să crească.” [Online]. Available: <https://cned.gov.md/ro/content/numarul-automobilelor-electrice-si-de-tip-hibrid-inmatriculate-republica-moldova-continua-sa>
<https://currentev.com/blog/bev-erev-phev-hev-what-do-they-mean-an-ev-dictionary/>
- [10] Prezentare generală a vehiculelor electrice ca alternativă la înlocuirea autovehiculelor pe benzină. [Resursă electronică] URL: <https://currentev.com/blog/bev-erev-phev-hev-what-do-they-mean-an-ev-dictionary/>: *BEV, EREV, PHEV, HEV – What Do They Mean? Here's Your Electric Vehicle Dictionary - Current EV Blog* (accesat la: 18.02.2021). – Accesibil doar utilizatorilor autorizați.
- [11] Обзор 10 плагин-гибридов с наибольшим запасом хода на электротяге. [Resursă electronică] URL: <https://hev cars.com.ua/reviews/top-10-plagin-gibridov-s-naibolshim->

- [zapasom-hoda-na-elektrotyage/](#) (Data accesării: 01.11.2024). – Accesibil doar utilizatorilor autorizați.
- [12] Handbook of Hydrogen Storage. Edited by Michael Hirscher Copyright 2010 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN: 978-3-527-32273-2
- [13] Bassett, M., Thatcher, I., Bisordi, A., Hall, J. et al., “Design of a Dedicated Range Extender Engine,” SAE Technical Paper 2011-01-0862, 2011, doi: 10.4271/2011-01-0862.
- [14] The Electric Vehicle Outlook is Bloomberg NEF // 2020 Bloomberg Finance L.P. URL: <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook> (accessed on 15 October 2024)
- [15] Hooftman, N., In-Life Range Modularity for Electric Vehicles: The Environmental Impact of a Range-Extender Trailer System [Electronic resource] / Nils Hooftman [et al.] // Appl. Sci.. – 2018. – Vol. 8(7). – No. 1016. – . – MDPI, 2020 – . – <https://www.mdpi.com/2076-3417/8/7/1016>.
- [16] Ismail Kasikci. Short Circuits in Power Systems: A Practical Guide to IEC 60909, Second edition. 2017. – 298 p.
- [17] Электро-компакт BMW i3 // URL: https://auto.ironhorse.ru/bmw-i3_3360.html (Data accesării: 11.11.2024).
- [18] LACUSTA, I., BEȘLEAGĂ, Ig., BANARI, E. Utilizarea biodieselului la alimentarea MAC. În: Buletinul Institutului Politehnic din Iași. Tomul LVI (LX), Fasc. 4B, Secția Construcții de mașini, Editura Politehnicum, Iași, 2010, p. 395-400.
- [19] BANARI, E. Evaluarea performanțelor ecologice ale motorului cu aprindere prin comprimare alimentat cu diverse tipuri de combustibili. În: Știința agricolă, UASM, Chișinău, 2022, nr. 1, p. 92-96, ISSN 1857-0003.
- [20] LACUSTA, I., BEȘLEAGĂ, Ig., BANARI, E. Performanțele energetice ale motorului diesel alimentat cu biodiesel. În: Agricultură Moldovei. Revistă de știință și practică. № 7-8, 2009, p. 26-28, ISSN 0582-5229.
- [21] BEȘLEAGĂ Ig., BANARI, E., JEMAN, V. Consecințele transportului auto asupra mediului ambiant. In: Materialele Simpozionului Științific Internațional „Realizări și perspective în ingineria agrară și transport auto”, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova. UASM, Chișinău, 2018, vol. 51, p. 340-345, ISBN 978-9975-64-300-9.
- [22] MARIAN, Grigore, IANUȘ, Gelu, GUDIMA, Andrei, NAZAR, Boris, ISTRATE, Bogdan, BANARI, Alexandru, PAVLENCO, Andrei, DARADUDA, Nicolae. The calorific value of pellets produced from raw material collected from both sides of the

- Prut river. In: Journal of Engineering Sciences. 2022, vol. 29, nr. 4, pp. 126-137. ISSN 2587-3474. DOI: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(4\).10](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(4).10)
- [23] DARADUDA, Nicolae, MARIAN, Grigore. Perspectives for the use of biomass generated by some miscanthus genotypes in the production of densified solid biofuels. In: Journal of Engineering Sciences. 2022, vol. 29, nr. 2, pp. 133-143. ISSN 2587-3474. DOI: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(2\).13](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(2).13)
- [24] SCLEAR, Petru, MELNIC, Iurie, DARADUDA, Nicolae. Conversia biomasei în energie în condițiile Republicii Moldova. In: Realizări și perspective în mentenanța utilajului agricol și a autovehiculelor. 30 septembrie 2011, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Institutul de Științe ale Educației, 2011, pp. 221-227. ISBN 978-9975-64-218-7. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/85421
- [25] BANARI, E. Studiul performanțelor energetice a motorului cu ardere internă alimentat cu biodiesel obținut din uleiuri vegetale. În: Conferința „Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective”. Bălți, Moldova, 20-21 mai 2022, Ediția 6, p. 251-255.
- [26] Plămădeală V., Corpocean A., Rotaru I., Goian V. Ecologizarea sistemului Om–Automobil–Mediu: Indicații metodice privind efectuarea lucrărilor practice. Chișinău: Tehnica-UTM, 2024 - 217 p. ISBN 978-9975-64-410-5 (PDF)
- [27] Martâniuc N., Corpocean A., Cucu D. Micșorarea toxicității gazelor de evacuare și majorarea economicității M.A.I. cu aprindere prin scânteie, folosind apa distilată. Conferința tehnico-științifică U.T.M., Chișinău., 1996- 5 p.
- [28] Corpocean A., Rotaru I., Plămădeală V. Ecologizarea sistemului O-A-M. Manual. Chișinău: Tehnica-U.T.M., 2016. - 350 p. ISBN 978-9975-45-445-2.
- [29] Ene V., Corpocean A., Ene I. Emisiile transportului – factor dominant al poluării atmosferice. Conferința tehnico-științifică A.T.I.C. ”Impactul transporturilor asupra mediului ambiant”. Chișinău., 2008 - 8 p..
- [30] Ene V., Corpocean A., Ene O. Transportul auto-sursă incontestabilă de poluare atmosferică. Conferința tehnico-științifică U.T.M., Chișinău., 2007- 3 p.
- [31] Grigore MARIAN, Nicolae DARADUDA, Andrei GUDIMA, Boris NAZAR, Alexandru BANARI, Andrei PAVLENCO. Quality of densified solid biofuels produced from some energy crops specific to the conditions of the Republic of Moldova. In: Scientific Papers, UASVM of Bucharest. Series E. Land Reclamation, Earth Observation and Surveying, Environmental Engineering. 2021, vol. X, pp. 54-59. ISSN 2285-6064

- [32] VOLEAC, Petru, GADIBADI, Mihail, DARADUDA, Nicolae. Rezultatele încercărilor de laborator a motorului diesel 4DC-125/110 alimentat cu combustibili alternativi. In: Inginerie agrară și transport auto. Vol.51, 4-5 octombrie 2018, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Universitatea Agrară de Stat din Moldova, 2018, pp. 348-352. ISBN 978-9975-64-300-9. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/96369.