



**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**TEORII ȘI TEHNOLOGII AVANSATE ÎN MODERNIZAREA  
AUTOVEHICULELOR CU SCOPUL ÎMBUNĂTĂȚIRII  
ENERGETICE A PROPULSIEI**

**Student: Panainte Andrei**

**Conducător:  
conf. univ., dr., Novorojdin Dumitru**

**Chișinău – 2023**

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei  
Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi  
Departamentul Transporturi**

**Admis la susținere**

**Șef departament:**

\_\_\_\_\_ 2023  
„\_\_”\_\_\_\_\_

## **Tema tezei de master**

**Teorii și tehnologii avansate în modernizarea autovehiculelor cu scopul  
îmbunătățirii energetice a propulsiei**

Student: Panainte Andrei, grupa

Conducător: Novorojdin Dumitru, conf. univ, dr

**Chișinău – 2023**

## ADNOTARE

Tema tezei de master: „**Teorii și tehnologii avansate în modernizarea autovehiculelor cu scopul îmbunătățirii energetice a propulsiei**”

1. Proiectul este îndeplinit la departamentul Transporturi
2. Autorul tezei de master: Panainte Andrei
3. Conducător științific: conf. univ., dr., Novorojdin Dumitru,
4. Textul adnotării:

Tema tezei de master se încadrează în actualele tendințe modernizarea autovehiculelor cu scopul îmbunătățirii energetice a propulsiei. Lucrarea prezintă aspecte referitor la propulsoarele din transportul auto, industriei producătoare de autovehicule precum și a pieselor componente, precum și propuneri de proiectare a motopropulsoarelor hibride.

În capitolul I este relatat informații privind la poluarea aerului, și anume pe emisiile produse de autovehicule. În capitolul II sa studiat sistemele hibride de propulsie a autovehiculelor ca soluții de reducere impactului asupra mediului și diminuarea consumului de combustibil. În capitolul III este prezentat propunerile proiectării grupurilor motopropulsoare hibride și propune o metodă de monitorizare în timp real a parametrilor motorului termic, cu ajutorul unei interfețe dedicate diagnozei computerizate a erorilor.

După o prezentare generală a acestor aspecte, în teză sunt descriși tranziția către automobilul electric. În teza de master sunt descrise metode propuse referitor la îmbunătățirea eficienței motoarelor cu ardere internă, și implicit reducerea emisiilor poluante, apoi optimizarea consumului de energie pentru motorul electric de tracțiune, la fel și optimizarea eficienței generatorului electric, și a convertoarelor de putere asociate, urmate de metode de îmbunătățire a sistemelor de transmisie și ale mediilor de stocare a energiei.

Analiza unor parametri ai MAI care echipează un automobil convențional, în timpul conducerii în traficul rutier a acestuia, au putut fi aflate caracteristicile de bază ale grupului motopropulsor hibrid, dimensionându-se în mod corespunzător componentele de bază, cu scopul de a păstra performanțele propulsorului tradițional original, de la ce s-au prelevat măsurătorile.

Teza “Teorii și tehnologii avansate în modernizarea autovehiculelor cu scopul îmbunătățirii energetice a propulsiei” reflectă orele de studii teoretice și practice prin intermediul cărora au fost evidențiate influențele asupra performanțelor ecologice ale MAI.

## ANNOTATION

The theme of the project: " Contributions in reducing the impact on the environment by diversifying fuels in vehicles "

1. The project is carried out at the Department of " Transports ".
2. Project author: Panainte Andrei
3. Scientific adviser: PhD in Technical Sciences, Associate Professor Novorojdin Dumitru,
4. Annotation text:

The theme of the master's thesis falls within the current trends of modernizing motor vehicles with the aim of improving the energy of propulsion. The paper presents aspects related to the propulsion systems in the automobile transport, the automobile manufacturing industry as well as the component parts, as well as proposals for the design of hybrid propulsion systems.

Chapter I contains information on air pollution, namely on emissions produced by motor vehicles. In chapter II, hybrid vehicle propulsion systems were studied as solutions to reduce the impact on the environment and reduce fuel consumption. Chapter III presents the proposals for the design of hybrid powertrains and proposes a method for real-time monitoring of the thermal engine parameters, with the help of an interface dedicated to the computerized diagnosis of errors.

After an overview of these aspects, the thesis describes the transition to the electric car. In the master's thesis, proposed methods are described regarding the improvement of the efficiency of internal combustion engines, and implicitly the reduction of polluting emissions, then the optimization of energy consumption for the electric traction motor, as well as the optimization of the efficiency of the electric generator, and of the associated power converters, followed of methods for improving transmission systems and energy storage media.

Analysis of some parameters of the MAI that equips a conventional car, while driving it in road traffic, it was possible to find out the basic characteristics of the hybrid powertrain, sizing the basic components accordingly, with the aim of preserving the performance of the traditional propulsion original, from which the measurements were taken.

The thesis "Theories and advanced technologies in the modernization of motor vehicles with the aim of improving the energy of the propulsion" reflects the hours of theoretical and practical studies through which the influences on the ecological performance of the MAI were highlighted.

## CUPRINS

ADNOTARE.....	3
ANNOTATION .....	4
CUPRINS.....	5
LISTA FIGURILOR ȘI TABELELOR.....	7
INTRODUCERE.....	9
<b>1. VARIETATEA SISTEMELOR DE PROPULSIE PENTRU AUTOVEHICULE .....</b>	<b>11</b>
1.1 Situația energetică actuală și motivațiile tranziției la autovehicule nepoluante .....	11
1.2. Motorul cu ardere internă – element principal în cadrul sistemelor de propulsie hibrid	13
1.2.1. Motorul cu ardere internă alimentat cu hidrogen.....	16
1.3. Sisteme pentru îmbunătățirea funcționării a MAI din structura sistemelor de propulsie a autovehiculelor .....	18
1.3.1. Distribuția variabilă .....	18
1.3.2. Turbina cu geometrie variabilă.....	22
1.3.3. Motoarele cu ardere internă cu aprindere cu laser.....	23
1.3.4. Supapa EGR.....	24
1.3.5. Sistemul Start-Stop.....	26
<b>2. SISTEMELE HIBRIDE DE PROPULSIE A AUTOVEHICULELOR - SOLUȚII DE REDUCERE A IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI ȘI DIMINUAREA CONSUMULUI DE COMBUSTIBIL .....</b>	<b>30</b>
2.1. Propulsia hibridă a automobilelor .....	30
2.2. Clasificarea automobilelor hibride .....	33
2.2.1. Automobile hibrid serie.....	33
2.2.2. Automobile hibrid paralel.....	35
2.2.3. Automobilele hibrid mixt/combinat serie – paralel.....	36
2.3. Clasificarea autovehiculelor hibride după în dependență de complementare și de gradul de hibridizare .....	37
2.4. Tipuri de sisteme de cuplare utilizate .....	38
2.4.1. Sistemul de cuplare electric .....	39
<b>3. CERCETĂRI TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE A GRUPURILOR DE MOTOPROPULSOARE DE TIP HIBRID .....</b>	<b>42</b>
3.1. Determinarea parametrilor unui grup motopropulsor convențional folosind diagnoza computerizată .....	42
3.2. Propuneri la proiectarea grupurilor motopropulsoare de tip hibrid serie.....	45

<b>3.3. Propuneri la proiectarea grupurilor motopropulsoare de tip hibrid paralel.....</b>	<b>47</b>
<b>3.4. Propuneri la proiectarea circuitelor electronice de echilibrare a nivelului de încărcare pentru bateria de înaltă tensiune .....</b>	<b>49</b>
<b>3.5. Reducerea consumului de energie pentru autovehicule cu ajutorul sistemelor auxiliare de stocare.....</b>	<b>52</b>
<b>3.6. Dezvoltarea transporturilor din perspectivă ecologică .....</b>	<b>53</b>
<b>CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI.....</b>	<b>58</b>
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>60</b>

## INTRODUCERE

După mai bine de 120 de ani de la primul automobil, mobilitatea motorizată a provocat, probabil, cele mai mari schimbări sociale și culturale, în prezent aflându-se printre interesele principale în viața oamenilor. Istoria se repetă cu tendințele de electrificare, însă aceste tendințe modernizate se întâlnesc din nou parțial cu aceleași provocări.

Dezvoltarea motoarelor cu ardere internă a atins un asemenea nivel încât îmbunătățirea oricărui indicator tehnic și economic cu cel puțin o zecime de procent cu costuri minime de material și timp este o reală realizare pentru cercetători sau ingineri. Prin urmare, pentru atingerea acestui scop, cercetătorii propun și folosesc o varietate de metode, printre cele mai comune se numără următoarele: boost dinamic (inerțial), turboalimentare sau suflante de aer, conductă de admisie de lungime variabilă, reglarea mecanismului și sincronizarea supapelor, optimizare a configurației sistemului de admisie. Utilizarea acestor metode face posibilă îmbunătățirea umplerii cilindrului cu o încărcare proaspătă, care, la rândul său, crește puterea motorului și indicatorii săi tehnici și economici.

Cu toate acestea, utilizarea celor mai multe dintre metodele luate în considerare necesită investiții materiale semnificative și o modernizare semnificativă a proiectării sistemului de admisie și a motorului în ansamblu.

În paralel cu electrificarea propulsoarelor, producătorii de automobile își dezvoltă motoarele cu ardere internă pentru a face față durității standardelor de emisii Euro 7 pe care Comisia Europeană este pe cale să le impună din 2025.

Standardele Euro 7 au nivelul maxime de emisii atât de reduse încât producătorii auto le consideră „excluderea motoarelor cu ardere internă”.

Mulți producătorii auto au lansat o nouă serie de motoare cu ardere internă care sunt proiectate pentru folosirea biocomponentelor (componente „fabricate din surse regenerabile de energie”), ceea ce „va asigura că (motoarele) sunt pregătite să respecte viitoarele cerințe”.

Motoarele respective sunt potrivite și pentru diferite nivele de hibridizare, cu sisteme de până la 200 kW în conceptul plug in.

Industria producătoare de automobile își propune ca 70% din vânzări să fie de modele electrice până în 2030.

În paralel cu electrificarea, vor fi îmbunătățite, „din două motive:

- I – pentru că astfel vor putea respecta standardele globale de emisii (poluante) precum Euro 7;
- II – modelele pe combustie internă ale Producătorilor sunt populare pe multe piețe, mai ales acolo unde mobilitatea electrică se dezvoltă încet din cauza lipsurilor infrastructurii de încărcare.

Normele Euro 7, din orizontul 2025, pot fi atinse de către producătorii de automobile doar prin perspectiva unei hibridizări a grupului moto-propulsor. Valorile din normele de poluare nu mai pot fi atinse doar prin metodele clasice de filtrare/recirculare/tratare a gazelor de evacuare, încă de la anunțarea standardelor Euro 7.

Strategiile Uniunii Europene de a reduce amprenta de carbon pune presiune pe producătorii auto, care anunță treptat că renunță la producerea automobilelor cu combustie internă. UE a restrâns limitele privind emisiile de gaze de eșapament, forțând astfel producătorii de automobile să stimuleze dezvoltarea tehnologiei cu emisii reduse sau să facă față sancțiunilor dacă depășesc limitele emisiilor de CO<sub>2</sub>.

Motoarele diesel și pe benzină sunt pe cale de dispariție, având în vedere că planurile de retragere de pe piața europeană a acestora au devenit mult mai agresive.

Dimensiunea vastă a temei, precum și varietatea problemelor analizate au constituit prilejul cercetării și acumulării unor idei cu privire la particularitățile surselor energetice de propulsie, în special a motoarelor cu ardere internă. Prin maniera în ce sa tratat problemele teoretice și practice sa ținut să cristalizez metode optime ce au stat la baza definirii unor regimuri de lucru a motoarelor cu ardere internă integrate în sistemele de propulsie.

Structura lucrării, precum și metoda de interpretare a rezultatelor obținute în urma modelărilor și simulărilor realizate s-a făcut după o logică, menită să răspundă în principal cerințelor de ordin practic. Studiile și cercetările efectuate au permis să se identifice un comportament deosebit de avantajos al motorului, mai ales atunci când este integrat într-un sistem de propulsie hibrid-electric, realizat într-o configurație de tip serie/paralel, funcționarea având loc cu preponderență, în jurul unor regimuri constante



## BIBLIOGRAFIE

1. Z. Tan, Air Pollution and Greenhouse Gases – From Basic Concepts to Engineering Applications for Air Emission Control, Editura Springer, Singapore, 2014, ISBN: 978-981-287211-1.;
2. M. Ehsani, Y. Gao, S. Longo, K. M. Ebrahimi, Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cells Vehicles – Third Edition, Editura Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, Statele Unite ale Americii, 2018, ISBN: 978-1-4987-6177-2.;
3. E. E. (Stathis) Michaelides, Alternative Energy Sources, Editura Springer, Germania, 2012, ISBN: 978-3-642-20950-5;
4. Oprean, I.M., Automobilul modern. Cerințe, restricții, soluții, Editura Academiei Române, București, 2003;
5. Chappini, E., Recupero di energia cinetica sui veicoli, ATA Ingegneria dell'autoveicolo, pp. 49-54, maggio-giugno 2005;
6. Robert Bosch GmbH, Bosch Automotive Handbook, 10th Edition, SAE International, 2018, pp. 940–945, ISBN: 978-0-7680-9567-8.;
7. Tankanlagen Salzkotten GMBH, Germany – Modular Petrol Dispenser mit Schlauch-Kolumne;
8. „Uniunea energetică și politicile climatice: impulsionearea tranziției Europei către o economie cu emisii scăzute de dioxid de carbon”, sursa: <http://dcfta.md>;
9. B. Anton, A. Florescu, Design and development of series-hybrid automotive powertrains, IEEE Access, Volume: 8, Pages: 226026-226041, Published: 2020.
10. van der Steen, M. Gaseous fuels: past experience and future expectations, TNO Paper VM9608,1996.
11. B. Anton, A. Florescu, Ș. G. Roșu, Standalone analog active cell-balancing circuit for automotive Battery Management Systems, Rev. Roum. Sci. Techn.– Électrotechn. et Énerg., vol. 63, 3, pp. 306–313, 2018.
12. B. Anton, A. Florescu, L. A. Perișoară, A. Vasile, R. C. Constantinescu, Ș. G. Roșu, Methods of maximizing power efficiency for hybrid vehicles, Rev. Roum. Sci. Techn.– Électrotechn. et Énerg., vol. 64, no. 1, pp. 57– 62, 2019.
13. Kang, K., Lee, D., Oh, S., Kim, C. Performance of a liquid phase LPG injection engine for heavy duty vehicles, SAE Paper 2001 -01 - 1958, 2001.
14. Lui, B.R. et al. The effects of fuel composition, system design and operating conditions on in - system vaporisation and hot start of a liquid - phase LPG injection system, SAE Paper 981388, 1998.

15. Chiriac, R., Radu, R., Albrecht, B., Apostolescu, N. On the relationship between the spark characteristics and the engine efficiency and emissions. Rev. Roum. Sci. Tech. Electrotechn. et Energ., 43,1, pp. 107-122,1998
16. Novorojdin D., Autovehicule, Chişinău. Ed. Print-Caro, 2013.-244 p.
17. Directive 2006/40/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 relating to emissions from air conditioning in motor vehicles and amending Council Directive 70/156/EEC.
18. <https://sandbag.be/wp-content/uploads/2020/10/Valorificarea-Potentialului-Regenerabil-alRomaniei-RO.pdf>
19. [https://www.transelectrica.ro/widget/web/tel/sen-grafic/-/SEN\\_Grafic\\_WAR\\_SENGrafic\\_portlet](https://www.transelectrica.ro/widget/web/tel/sen-grafic/-/SEN_Grafic_WAR_SENGrafic_portlet)
20. <https://insse.ro/cms/ro/tags/comunicat-inmatriculari-noi-de-vehicule-rutiere>
21. <https://www.plugshare.com/location/210744>
22. Self-study Programme 537, The Golf GTE, After Sales Qualification, Service Training VSQ-2, Volkswagen AG, Wolfsburg, pp. 8, 12, 16, 23, 45, 46, 48-50, November 2014.

## DECLARAȚIA MASTERANDULUI

*Subsemnatul Panainte Andrei declar pe proprie răspundere că lucrarea de față este rezultatul muncii mele, pe baza propriilor cercetări și pe baza informațiilor obținute din surse care au fost citate și indicate, conform normelor etice, în note și în bibliografie. Declar că lucrarea nu a mai fost prezentată sub această formă la nici o instituție de învățământ superior în vederea obținerii titlului de Master în inginerie și activități inginerești.*

*Semnătura autorului, \_\_\_\_\_*

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**  
**FACULTATEA INGINERIE MECANICĂ, INDUSTRIALĂ ȘI TRANSPORTURI**  
**DEPARTAMENTUL TRANSPORTURI**  
**SPECIALITATEA SISTEME ȘI TEHNOLOGII AVANSATE ÎN INGINERIA**  
**TRANSPORTULUI AUTO**

**AVIZ**

la teza de master

**Titlul:** Teorii și tehnologii avansate în modernizarea autovehiculelor cu scopul îmbunătățirii energetice a propulsiei

**Studentul** Panainte Andrei, grupa \_\_\_\_\_

**1. Actualitatea temei:** Teza de master stabilește caracterul cercetării practice și teoretice, reieșind din abordările problemei în literatura din domeniu. Indică raportul dintre problema studiată și problema actuală. Actualitatea cercetării se prezintă ca o aprofundare a subiectului investigației, relevarea tuturor aspectelor teoretice, legate de acesta și încercarea acestora în cadrul cercetărilor experimentale.

**2. Caracteristica tezei de master:** în teză este formulată și reflectată corespondența dintre studiul efectuat și necesitatea soluționării teoretice și practice a unei situații specifice, prin investigarea unui anumit aspect și stabilire a unor soluții.

**3. Analiza prototipului:** Teza este originală și sa efectuat și realizat conform cerințelor.

**4. Estimarea rezultatelor obținute:** Rezultatele obținute soluțiile propuse permit cu un grad de siguranță implementarea în practică conform nomelor

**5. Corectitudinea materialului expus:** Materialul inițial obținut în perioada practicii a fost esențial prelucrat în corespundere cu cerințele impuse

**6. Calitatea materialului grafic:** \_\_\_\_\_

**7. Valoarea practică a tezei:** Proiectul prezintă interes din punct de vedere practic, partea specifică a proiectului poate fi recomandat pentru implementare în practică.

**8. Observații și recomandări:** \_\_\_\_\_

**9. Caracteristica studentului și titlul conferit:** Autorul a dat dovadă de cunoștințe atât în plan teoretic cât și pe plan practic și a demonstrat dexteritatea obținută pe perioada anilor de studii cu frecventarea cursurilor teoretice. La elaborarea soluțiilor ingineresti, sa manifestat cu o gândire și potențial ingineresc de domeniul specialității.

Teza se consideră o lucrare finalizată și corespunde cerințelor școlii superioare Se recomandă către susținere și merită să fie apreciată cu nota 9 (nouă) cu atribuirea calificării Master în inginerie și activități ingineresti.

***Lucrarea în forma electronică corespunde originalului prezentat către susținere publică.***

Conducătorul tezei de master Novorojdin Dumitru, conf.univ., dr.\_\_\_\_\_

Data \_\_\_\_\_