



Digitally signed by  
Technical Scientific  
Library, TUM  
Reason: I attest to the  
accuracy and integrity of  
this document

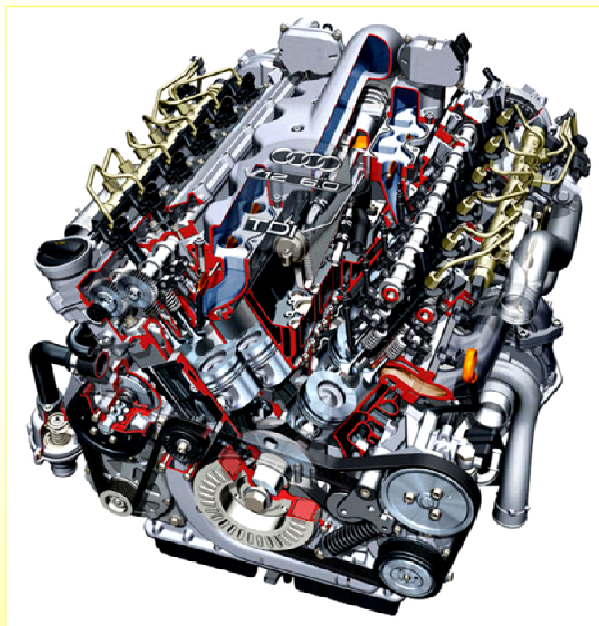
# UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

## MOTOARE CU ARDERE INTERNĂ

### INDICAȚII METODICE

privind efectuarea lucrării de an și lucrărilor practice

**Partea II. Calculul pieselor principale ale motorului**



**Chișinău  
2023**

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

**FACULTATEA INGINERIE MECANICĂ,  
INDUSTRIALĂ ȘI TRANSPORTURI  
DEPARTAMENTUL TRANSPORTURI**

**MOTOARE CU ARDERE INTERNĂ**

**INDICAȚII METODICE  
privind efectuarea lucrării de an și lucrărilor practice**

**Partea II. Calculul pieselor principale ale motorului**

**Chișinău  
Editura „Tehnica-UTM”  
2023**

**CZU 621.43(075.8)(076.5)**

**P 70**

Lucrarea a fost discutată și aprobată pentru editare la ședința Consiliului Facultății Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi, proces-verbal nr. 4 din 14.03.2023.

Indicațiile metodice privind efectuarea lucrării de an și lucrărilor practice la disciplina *Motoare cu ardere internă* corespund cerințelor programului de învățământ și sunt destinate, în primul rând, studenților specialității *0716.1 Ingineria transportului auto*. De asemenea, se adresează studenților de la specializările legate de mașinile agricole, mașinile de construcții propulsate de motoarele cu ardere internă. Lucrarea poate fi utilă, în parte, și studenților care audiază cursurile de motoare termice la specializările legate de transporturile feroviare și navale.

Autori: lector universitar Vasile PLĂMĂDEALĂ  
conferențiar universitar Vladimir GOIAN

**DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN RM**

**Plămădeală, Vasile.**

Motoare cu ardere internă: Indicații metodice privind efectuarea lucrării de an și lucrărilor practice / Vasile Plămădeală, Vladimir Goian; Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi, Departamentul Transporturi.

– Chișinău: Tehnica-UTM, 2023 – . – ISBN 978-9975-45-921-1.

Cerințe de sistem: PDF Reader.

Partea 2: Calculul pieselor principale ale motorului.– 2023.– 221 p.: fig., tab. – Aut. indicați pe vs. f. de tit. – Bibliogr.: p. 219-220 (20 tit.).

– ISBN 978-9975-45-923-5 (PDF).

621.43(075.8)(076.5)

P 70

**ISBN 978-9975-45-921-1**

**ISBN 978-9975-45-923-5 (Partea II) (PDF)**

**© UTM, 2023**

## CUPRINS

ABREVIERI.....	5
INTRODUCERE.....	6
1. PREMISE PRIVIND CALCULUL PIESELOR MOTORULUI ȘI REGIMURILE DE CALCUL.....	11
1.1. Noțiuni generale.....	11
1.2. Regimurile de calcul.....	12
1.3. Calculul pieselor la sarcini variabile.....	14
2. CALCULUL GRUPULUI PISTON.....	27
2.1. Calculul pistonului.....	27
2.2. Calculul segmentilor pistonului.....	48
2.3. Calculul bolțului pistonului.....	56
3. CALCULUL GRUPULUI BIELĂ.....	64
3.1. Noțiuni generale.....	64
3.2. Calculul capului mic (de piston) al bielei.....	65
3.3. Calculul capului mare (de manivelă) al bielei.....	79
3.4. Calculul tijeii bielei.....	83
3.5. Calculul buloanelor bielei.....	97
4. CALCULUL ARBORELUI COTIT.....	102
4.1. Noțiuni generale.....	102
4.2. Determinarea dimensiunilor constructive ale arborelui cotit.....	104
4.3. Presiunea specifică pe suprafața fusului maneton al arborelui cotit.....	110
4.4. Presiunea specifică pe suprafața fusului palier al arborelui cotit.....	118
4.5. Raportul rezistenței la oboseală către limita curgerii materialului arborelui cotit.....	122
4.6. Calculul fusului palier al arborelui cotit.....	123
4.7. Calculul fusului maneton al arborelui cotit.....	128
4.8. Calculul brațului arborelui cotit.....	137
5. CALCULUL CORPULUI MOTORULUI.....	144
5.1. Calculul blocului de cilindri.....	144
5.2. Calculul cămășii cilindrului.....	147

5.3. Calculul chiulasei.....	155
5.4. Calculul prizoanelor chiulasei.....	157
6. CALCULUL MECANISMULUI DE DISTRIBUȚIE A GAZELOR.....	163
6.1. Noțiuni generale.....	163
6.2. Calculul secțiunilor de trecere în scaunul supapei și galeria de admisie.....	165
6.3. Calculul și construirea profilului camei.....	168
6.4. Profilarea camei fără șocuri.....	179
6.5. Timpul de deschidere eficace a supapei.....	191
6.6. Calculul arcului supapei.....	194
6.7. Calculul arborelui de distribuție.....	209
BIBLIOGRAFIE.....	219

## INTRODUCERE

Motoarele cu ardere internă au căpătat o răspândire largă în construcția automobilelor. Crearea unor motoare cu indicatori tehnico-economici înalți este strâns legată de soluționarea unui șir de probleme complexe, una dintre care sunt tensiunile termice și mecanice ridicate ale pieselor principale ale motorului.

Starea limită, capacitatea portantă și rezerva de rezistență depinde semnificativ de condițiile în care funcționează piesele motorului. Condițiile tipice pentru funcționarea îndelungată a motorului conduc frecvent la distrugerea pieselor precedată de deformațiile plastice ale materialului. Aceste deformații și procesul lor de dezvoltare, împreună cu acumularea tensiunilor remanente, au cea mai mare influență asupra rezistenței pieselor motorului. Astfel, pentru soluționarea mai completă a aceste probleme este necesar a realiza un complex de calcule, începând cu problema conductivității termice neliniare nestaționare și finalizând cu determinarea criteriilor de rezistență a pieselor în condițiile de sarcină neizotermică.

Efectuarea calculelor, luând în considerare condițiile reale de funcționare a pieselor motorului, valorii și caracterului forțelor care acționează, conduce la niște relații complexe sau în practică neaplicabile. Prin urmare, în prezent se utilizează calcule convenționale, care reflectă cu aproximație condițiile reale de funcționare a pieselor. În unele cazuri, pentru determinarea aproximativă a dimensiunilor pieselor se utilizează relații empirice.

Cauzele principale ale inexactității și convenționalității acestor calcule sunt următoarele:

1. Dificultatea, iar deseori și imposibilitatea determinării valorii, caracterului de acționare și distribuție a sarcinii (forțelor) pe suprafața piesei.
2. Majoritatea pieselor motorului sunt expuse sarcinilor variabile.

3. Introducerea modificărilor în schema de acționare și aplicare a forțelor cu scopul simplificării calculelor.

4. Dificultatea luării în considerare a influenței rigidității pieselor asupra funcționării motorului. Ca urmare a dificultății de determinare a valorii și caracterului de modificare a forțelor ce acționează, precum și influenței altor factori, calculul la rigiditate în majoritatea cazurilor devine și mai convențional decât calculul la rezistență.

5. Dificultatea alegerii tensiunilor admisibile asupra valorii cărora influențează diverși factori, cum ar fi: forma constructivă a piesei, procesul tehnologic de fabricare, influența jocurilor, toleranțelor, ajustajelor etc.

În pofida neajunsurilor menționate, calculele existente la rezistență a pieselor motorului reprezintă interes, deoarece permit cu aproximație determinarea valorii și schemei de acțiune a forțelor asupra acestor piese. De asemenea, aceste calcule permit determinarea valorii tensiunilor, care pot fi comparate cu valorile calculelor existente ale pieselor motoarelor analogice.

În prezent se utilizează următoarele tipuri de calcul al pieselor motorului: la rezistență, la rigiditate, la uzură, la oscilații flexibile, la tensiuni termice.

*Calculul la rezistență* a pieselor motorului constă din două părți:

1. Determinarea regimurilor periculoase de funcționare a motorului, precum și a tensiunilor și pozițiilor periculoase ale piesei calculate.

2. Determinarea tensiunilor create în piesă în aceste condiții și compararea lor cu cele admisibile.

Tensiunile-limită, la care pot funcționa fiabil piesele, sunt tensiunile determinate din condițiile rezistenței la oboseală a materialului. Valoarea acestor tensiuni depinde nu numai de material și structura lui, dar și de o serie de alți factori, influența cărora nu poate fi luată în considerare întotdeauna prin calcule. La acești factori se referă: caracterul modificării sarcinii aplicate, forma și dimensiunile piesei, metoda de prelucrare mecanică și

termică, starea suprafeței, forma trecerilor și combinațiilor etc. Calculul rezistenței la oboseală se aplică pentru arborele cotit, bielă, bolț etc.

*Calculul la rigiditate* pentru majoritatea pieselor motorului este mai important decât calculul la rezistență. Uzura rapidă, blocarea și distrugerea sunt urmări inevitabile ale rigidității insuficiente a pieselor. De exemplu, în cazul rigidității insuficiente a bolțului pistonului, ovalizarea excesivă a secțiunii lui transversale poate provoca distrugerea bosajelor pistonului sau capului mic al bielei. Calculul la rigiditate se aplică pentru arborele de distribuție, capurile mic și mare ale bielei, cămășile cilindrilor etc. În practică, rigiditatea necesară a pieselor motorului se asigură prin selectarea tensiunilor admisibile mai mici, care în majoritatea cazurilor conduce la sporirea dimensiunilor și greutateii pieselor, precum și a aplicării unor soluții constructive, cum ar fi: nervurile de armare, umerele de amplificare etc.

*Calculul la uzură* a pieselor motorului care se află în proces de frecare, de obicei, se rezumă la determinarea presiunilor specifice maxime și medii pe suprafețele de contact al acestor piese. În afară de valoarea presiunii specifice, asupra uzurii motorului mai influențează și alți factori, inclusiv starea termică a motorului, construcția, rigiditatea, viteza relativă de mișcare a pieselor care contactează și mărimea jocului dintre ele, starea suprafețelor de frecare, calitatea și cantitatea de ulei debitat, presiunea în filmul de ulei etc. De ținut cont cu o precizie înaltă influența tuturor factorilor enumerați la uzura motorului prin calculele practice este imposibil. Ca urmare, la proiectarea motorului se întreprind o serie de măsuri tehnologice și constructive verificate în practică, care reduc uzura lui. La aceste măsuri se referă: selectarea corectă a combinațiilor de materiale a perechilor care se află în proces de frecare, asigurarea unei forme constructive și rigiditate, asigurarea unei încălziri rapide a motorului la pornire, menținerea în timpul funcționării motorului a unui regim termic stabilit, selectarea corectă a tipului de ulei etc.



*Calculul la oscilațiile flexibile.* Creșterea rapidității motorului și numărului de cilindri a condus la amplificarea frecvenței forțelor care se modifică periodic și acționează asupra pieselor motorului, prin aceasta sporind frecvența oscilațiilor forțate. Pe de altă parte, creșterea tensiunilor admisibile și îmbunătățirea calității materialelor pieselor conduc la reducerea dimensiunilor și rigidității, precum și a frecvenței oscilațiilor flexibile libere. Ambele circumstanțe facilitează apariția rezonanței, la care după cum se cunoaște, amplitudinile oscilațiilor și tensiunile în materialul pieselor cresc esențial. Ca urmare, piesele motorului care nu au rigiditate suficientă se calculează la oscilațiile flexibile.

Calculul pieselor motorului la oscilațiile flexibile constă în următoarele:

- a) determinarea condițiilor la care apare rezonanța;
- b) calculul amplitudinilor oscilațiilor de rezonanță a maselor și tensiunilor create în materialul piesei;
- c) determinarea, în caz de necesitate, a metodelor de prevenire sau reducere a pericolului oscilațiilor de rezonanță.

La piesele motorului care necesită calculul la oscilațiile flexibile se referă: arborele cotit, biela, arcurile supapelor, arborele de distribuție etc.

*Calculul pieselor la tensiuni termice* constă în următoarele:

- a) determinarea stării termice de lucru și tensiunilor termice care corespund acestei stări;
- b) determinarea intensității fluxului de căldură ce trece prin piese;
- c) determinarea jocurilor termice dintre piese;
- d) determinarea formei pieselor care asigură cele mai bune condiții de înlăturare a căldurii.

Calculul la tensiuni termice, în primul rând, se aplică pentru grupul piston, chiulasă și cămășile cilindrilor, arborele cotit, supapele de evacuare, precum și piesele complexe fabricate din materiale cu coeficienți de dilatare liniară neuniformi.

E de menționat că calculul pieselor motorului la tensiuni termice, ca și calculele precedente, poate fi efectuat doar cu aproximație.

La elaborarea indicațiilor metodice s-a ținut cont de sugestiile, întrebările și propunerile studenților privind calculul pieselor principale ale motoarelor pentru automobile.

Pentru a facilita elaborarea unui program de calcul, lucrarea inserează etapele, mărimile selectate și relațiile corespunzătoare, astfel încât acestea să poată fi introduse în program succesiv, în ordinea în care apar. Datorită diversității softurilor privind calculul matematic, cât și proiectării asistate în general, autorii nu impun un model de program, lăsând alegerea și elaborarea lui la discreția fiecărui student în parte.

Apreciind observațiile cititorilor la conținutul și posibilele erori care s-au putut strecura în lucrare, autorii vor fi receptivi la orice sugestii și critici.

## BIBLIOGRAFIE

1. Plămădeală V., Beiu I. Indicații metodice privind efectuarea lucrării de an și lucrărilor practice la disciplina *Motoare auto*. Chișinău, 2015. - 92 p. ISBN 978-9975-125-36-9.
2. Plămădeală V., Beiu, I. Indicații metodice privind efectuarea lucrării de an și lucrărilor practice la disciplina *Motoare termice pentru tracțiunea feroviară*. Chișinău, 2015. - 96 p. ISBN 978-9975-45-387-5.
3. Bobescu Gh. ș.a. *Motoare pentru automobile și tractoare. Teorie și caracteristici*. Volumul I. Chișinău, 1997. - 239 p. ISBN 9975-910-17-3.
4. Bobescu Gh. ș.a. *Motoare pentru automobile și tractoare. Dinamică, calcul și construcție*. Volumul II. Chișinău, 1998. - 409 p. ISBN 9975-910-27-0.
5. Chiriac R. *Calculul termic și dinamic al motoarelor cu ardere internă*. Îndrumar de proiect. București, 2004. - 40 p.
6. Gaiginschi I., Zatreanu Gh. *Motoare cu ardere internă, construcție și calcul*. Vol.1-2. Iași, 1995. - 737 p. ISBN 973-9178-19-7.
7. Rakosi E., Roșca R., Manolache Gh. *Ghid de proiectare a motoarelor cu ardere internă pentru automobile*. Iași, 2004. - 193 p. ISBN 973-621-085-5.
8. Arxangelskij V.M. i dr. *Avtomobil`ny'e dvigateli*. Moskva, 1977. - 591 s.
9. Bogdanov S.N., Burenkov M.M., Ivanov I.E. *Avtomobil`ny'e dvigateli*. Moskva, 1987. - 368 s.
10. Xachiyan A.S. i dr. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya*. Vtoroe izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe. Moskva, 1985. - 311 s.
11. Kolchin A.I., Demidov V.P. *Raschyot avtomobil`ny'x i traktorny'x dvigatelej*. Izdanie chetyvortoe stereotipnoe. Moskva, 2008. - 496 s. ISBN 978-5-06-003828-6.

12. Kurasov V.S., Dragulenko V.V., Sidorenko S.M. *Teoriya dvigatelej vnutrennego sgoraniya*. Uchebnoe posobie. Krasnodar, 2013. - 86 s. ISBN 978-5-94672-740-2.
13. Lukanin V.N., Shatrov M.G. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya. Dinamika i konstruirovaniye*. Izdanie tret'e pererabotannoe. Moskva, 2007. - 400 s.
14. Lukanin V.N. i dr. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya. Teoriya rabochix prozessov*. Moskva, 1995. - 368 s. ISBN 5-06-003298-1. ISBN 5-06-003295-7 (kn. 1).
15. Lukanin V.N. i dr. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya: dinamika i konstruirovaniye*. Moskva, 1995. - 319 s. ISBN 5-06-003298-1. ISBN 5-06-003296-5 (kn. 2).
16. Shatrov M.G. *Avtomobil'ny'e dvigateli: Kursovoe proektirovaniye*. Uchebnoe posobie. Moskva, 2011. - 256 s. ISBN 978-5-7695-6858-9.
17. Vahlamov V., Shatrov M., Yurchevskij A. *Avtomobili: Teoriya i konstrukciya avtomobilya i dvigatelya*. Uchebnyk. Moskva, 2003. - 816 s. ISBN 5-7695-1149-4.
18. Vy'rubov D.N. i dr. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya: Teoriya porshnevny'x i kombinirovany'x dvigatelej*. Chetvyortoe izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe. Moskva, 1983. - 372 s.
19. Vy'rubov D.N. i dr. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya: Konstruirovaniye i raschyot na prochnost' porshnevny'x i kombinirovany'x dvigatelej*. Chetvyortoe izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe. Moskva, 1984. - 384 s.
20. Resurse Internet ([www.google.md](http://www.google.md)) etc.