



A XVII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2017

CONTRIBUȚII LA CERCETAREA APLICATIVĂ A ASPECTELOR CINEMATIC-FENOMENOLOGICE ALE SEGMENTILOR UNUI MOTOR CU APRINDERE PRIN COMPRESIUNE UTILIZAT ÎN AGRICULTURĂ ȘI INDUSTRIA AUTO

Mihai-Aurel CRIȘAN, Doru-Laurean BĂLDEAN,
Ioan Aurel CHERECHEȘ, Adela BORZAN, Tudor PAL

CONTRIBUTIONS TO APPLIED RESEARCH OF KINEMATIC- PHENOMENOLOGICAL ASPECTS OF PISTON-RINGS FOR COMPRESSION IGNITED ENGINE USED IN AGRICULTURE AND AUTOMOTIVE INDUSTRY

The present scientific paper synthesizes an applied work on the engineering task of piston-ring displacement modelling and simulation in the case of an internal combustion engine for agricultural application. Piston-rings configuration and displacement, as well as their particular role in the whole assembly, materials, dimensions and lubrication process, in various working cases, are quite significant in influencing the engine's performance and economy (oil consumption and pollution). In this paper are highlighted the piston-ring displacement modelling and their critical efforts analyse for an agricultural engine, defined on the bases Lombardini tractor engine (510 ccm). The opportunity and importance of modelling the piston-rings movement at different levels and cases in the operational cycle lay on the possibility of highlighting their stresses and predict work expectancy.

Keywords: analyse, engine, rings, simulation, tractor
Cuvinte cheie: analiză, motor, segmenti, simulare, tractor

1. Introducere

Analiza în cazul lucrării de față a pornit de la partea aplicativă a motorului cu ardere prin comprimare de la tractorul Lombardini pentru a defini și detalia fenomenologia sau comportamentul segmentelor de piston. Construcția și amplasarea segmentelor în regiunea port-segmenți a pistonului de la motorul Lombardini este definită de strategia existenței a trei canale de segmente, în care sunt doi segmente de compresie și unul de ungere cu expandor (figura 1).

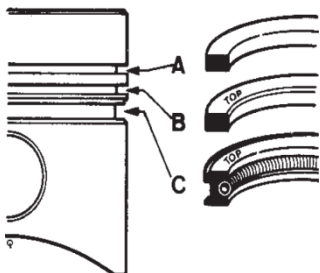


Fig. 1 Configurația principală a regiunii port-segmenți de la pistonul motorului Lombardini pentru utilaje agricole [2]. A-canalul pentru segmentul de foc (primul segment de compresie); B-canalul pentru al doilea segment de compresie; C-canalul pentru segmentul de ungere

În figura 2 se prezintă schematizat procedura simplificată a verificării rostului/fantei segmentului la rece montat în cilindru cu ajutorul lerei.



Fig. 2 Procedura simplificată de determinare a fantei/rostului segmentului montat în cilindru [2]

1. segmentul de foc: $A = 0,30 \pm 0,50$ mm
2. segmentul de compresie: $A = 0,30 \pm 0,50$ mm
3. segmentul de ungere: $A = 0,25 \pm 0,50$ mm

Analiza funcționalității și comportamentului segmentelor în motorul cu ardere internă este destul de dificilă în practică deoarece sunt aspecte legate de accesibilitate care crează piedici și restricții aproape insurmontabile. Modul de amplasare a segmentelor în

regiunea port-segmenți sub capul pistonului, temperaturile ridicate la care operează un motor cu ardere internă și regimurile de turație și sarcină îngreunează semnificativ orice demers de cercetare directă a operaționalității acestora. Pentru analiza unor mărimi caracteristice comportamentului funcțional al segmentelor se cere implementarea unui altfel de studiu, pe baza simulărilor în programe software specializate pe modelarea unor procese și fenomene din motoarele cu ardere internă.

În articolul de față sunt sintetizate și prezentate câteva dintre cercetările aplicative efectuate pe ansamblul piston-segmenți-bolt-bielă în aplicațiile de simulare realizate în Laboratorul de Motoare cu Ardere Internă al Universității Tehnice din Cluj-Napoca în cadrul unui demers de cercetare direcționat către evidențierea efectelor mișcărilor segmenților în canalele acestora.

2. Metodologia și materialele utilizate în cadrul cercetării

Aspectele metodologic aplicative ale cercetării constau în dezvoltarea și simularea modelului de ansamblu piston-segmenți-cilindru cu ansamblul de condiții la limită reprezentative, la diferiți segmenți, în cazul modificării jocului axial la rece.

Metodologia aplicativă a cercetării întreprinse se ordonează în funcție de etapele particulare îndeplinite, după cum urmează:

- decizia privitoare la modelarea aspectelor cinematice ale segmenților pistonului motorului de tractor sau utilaj agricol;
- analiza mecanismului motor și în particular a elementelor mobile ale acestuia (segmentii și pistonul) în vederea evidențierii zonelor de interes pentru studiul dezvoltat;
- inspecția și evaluarea pieselor pentru ordonarea cercetărilor aplicative;
- alegerea aplicației de analiză și modelare a mărimilor de interes în cadrul cercetării;
- modelarea și simularea aplicată a comportamentului elementelor mobile selectate (segmentii, în cazul de față) pentru studiu;
- înregistrarea și procesarea datelor obținute prin cercetarea aplicativă;
- prelevarea de capturi în timpul rulării aplicației pentru cercetare aplicativă;
- analiza zonelor cu aspecte fenomenologice dintre cele mai semnificative pe durata unui ciclu motor complet în zona segmenților;
- evidențierea zonelor în care apar deplasări datorită jocului inițial mai mare;
- determinarea deplasării maxime a segmentului;
- analiza situației în care segmentul este cel mai solicitat și regiunea sau zona în care se înregistrează solicitări semnificative;
- calculul predictiv pentru deplasările medii;
- propunerea unor perspective de dezvoltare a cercetării, precum și a simulărilor dezvoltate.

3. Sinteza determinărilor aplicative

Valorile adoptate pentru jocul dintre segment și piston pentru dezvoltarea modelului de simulare sunt prezentate în tabelul 1 (Jocurile segmentilor utilizate pentru simulare). Simularea a fost realizată pentru turația $n = 3000$ rot/min a arborelui cotit al motorului.

La dezvoltarea și implementarea acestei simulări nu s-a luat în considerare mișcarea de basculare a pistonului.

Tabelul 1

Jocul segmentului în canal		Cazul I	Cazul II
Jocul axial la rece Δh [mm]	Segmentul I	0,06	0,15
	Segmentul II	0,05	0,13
	Segmentul raclor	0,03	0,08
Jocul radial la cald Δa [mm]	Segmentii de compresie	0,5	
	Segmentul raclor	1	

Pentru dezvoltarea acestui studiu s-au modelat și implementat două cazuri distincte. În primul caz dintre cele două menționate s-au adoptat jocurile axiale minime admise pentru segmentii în raport cu pistonul, iar pentru cel de-al 2-lea caz s-au implementat jocurile axiale maxim admise în cazul segmentilor de piston.

Determinările aplicative prin modelare sau simulare au permis achiziția și centralizarea datelor privitoare la manifestările în funcționare ale segmentilor, redate în figurile 5÷7.

În figura 3 se prezintă modelul virtual al motorului simulat în cadrul cercetării aplicative, fiind indicate elementele componente de bază (între care sunt menționate următoarele: colectorul și galeria de admisie, cilindrul și camera de ardere, galeria și colectorul de evacuare, sistemul de atenuare și depoluare a gazelor de eșapament).

Pentru realizarea unui model se aleg elementele principale și condițiile la limită ce restricționează și limitează structura dezvoltată.

În aplicația AVL BOOST se pot defini și utiliza elemente implicite.

În figura 4 se prezintă modelul unui piston și zona port-segmentii din configurația acestuia, respectiv evazarea pistonului în partea inferioară a mantalei și asamblarea cu bielă, precum și dispunerea segmentilor în canalele aferente din piston și contactul acestora cu cilindrul, în vederea dezvoltării cercetării aplicative a comportamentului în funcționarea pe cazuri distincte (cu diferențe în privința jocului axial).

Pentru realizarea simulării a fost conceput modelul motorului. Asamblarea pistonului pe bielă se realizează cu excentricitate.

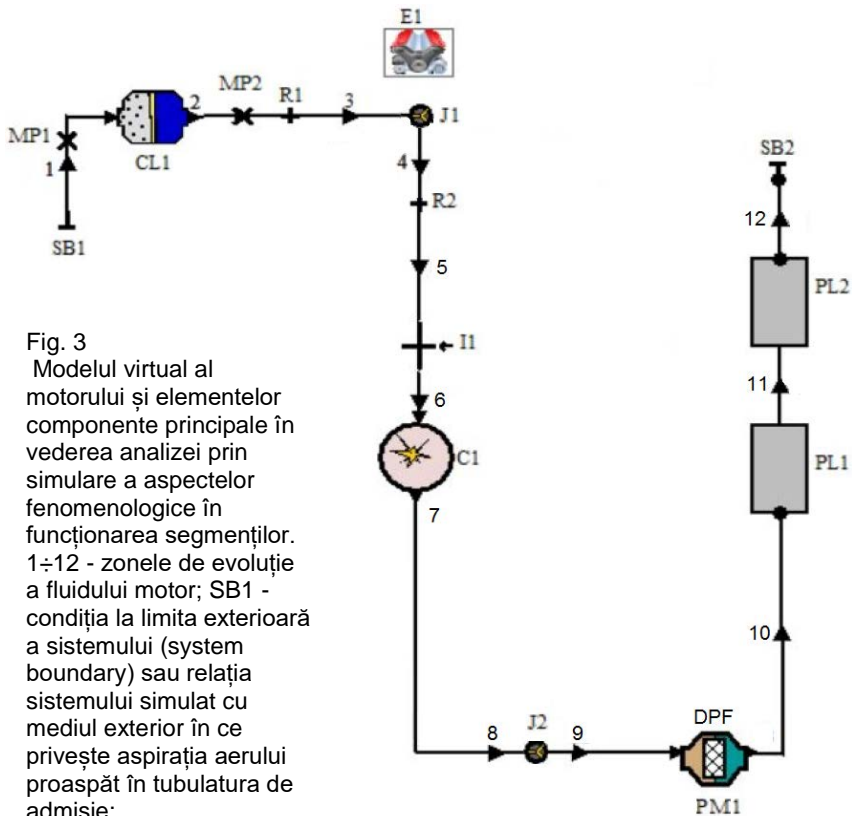


Fig. 3

Modelul virtual al motorului și elementelor componente principale în vederea analizei prin simulare a aspectelor fenomenologice în funcționarea segmentilor. 1÷12 - zonele de evoluție a fluidului motor; SB1 - condiția la limita exterioară a sistemului (system boundary) sau relația sistemului simulat cu mediul exterior în ce privește aspirația aerului proaspăt în tubulatura de admisie;

MP1 - punct de măsurare înainte de intrarea fluidului proaspăt în filtrul de aer (measuring point); CL1 - filtrul de aer sau condiție la limită de modificare a unor proprietăți și parametri gazodinamici ai încărcăturii proaspete; MP2 - punct de măsurare după ieșirea fluidului proaspăt în filtrul de aer (measuring point); R1 și R2 - rezistențe la curgerea fluidului proaspăt către cilindrul motorului și camera de ardere; I1 - injectorul de combustibil amplasat în chiulasă și cu accesul pulverizatorului în camera de ardere pentru realizarea injecției directe; J1 - jonctiunea (sau legătura realizată prin asamblarea mecanică) dintre filtrul de aer și colectorul de admisie; J2 - jonctiunea sau asamblarea galeriei/colectorului de evacuare cu elementele sistemului de eșapament și în special cu componentele de post-tratare a gazelor arse (complet sau incomplet); DPF - filtrul de particule materiale diesel (diesel particle filter), pentru acumularea și stocarea temporară a particulelor materiale solide până la încălzirea la temperatura suficientă 600°C; PL1 și PL2 - „plenum” sau atenuator de zgomot; SB2 - extremitatea sistemului

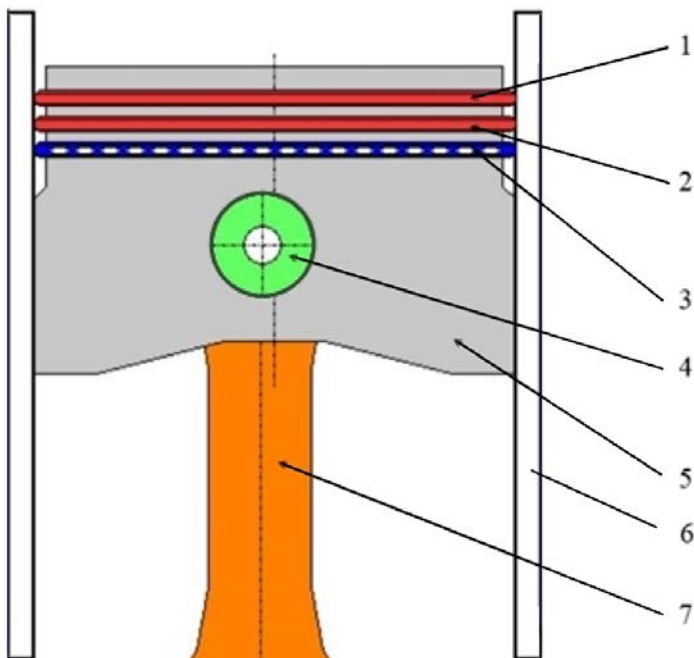


Fig. 4 Reprezentarea simplificată a modelului virtual al ansamblului piston-segmenți cilindru implementat în procesul de simulare a aspectelor cinematice ale segmenților. 1-segmențul de foc (primul segment de compresie); 2-segmențul de compresie (al doilea); 3-segmențul de ungere (segment raclor); 4-bolțul de asamblare a pistonului cu biela; 5-pistonul motorului cu ardere internă (zona mantalei); 6-blocul cilindru (zona în care pistonul este ghidat în deplasarea de translație ascendent-descendentă pentru realizarea ciclului motorului); 7-biela (care transformă deplasarea de translație a pistonului, prin intermediul propriei mișcări plan-paralele, în mișcare de rotație a fusului maneton al arborelui cotit)

Realizarea unui model simplificat al grupului piston-segmenți-cilindru este esențială pentru implementarea conceptului și procedurii de simulare a condițiilor de funcționare a unor elemente ale ansamblului, în cazul particular al lucrării de față o serie a parametrilor cinematici ai segmenților.

Se poate observa că primul segment se desprinde de flancul inferior a canalului de segment spre sfârșitul cursei de evacuare, deoarece presiunea din interiorul cilindrului este scăzută, iar forța de

inerție este suficient de mare pentru a aplica segmentul pe flancul superior al canalului de segment. Segmentul revine în partea inferioară a canalului de segment la sfârșitul cursei de admisie.

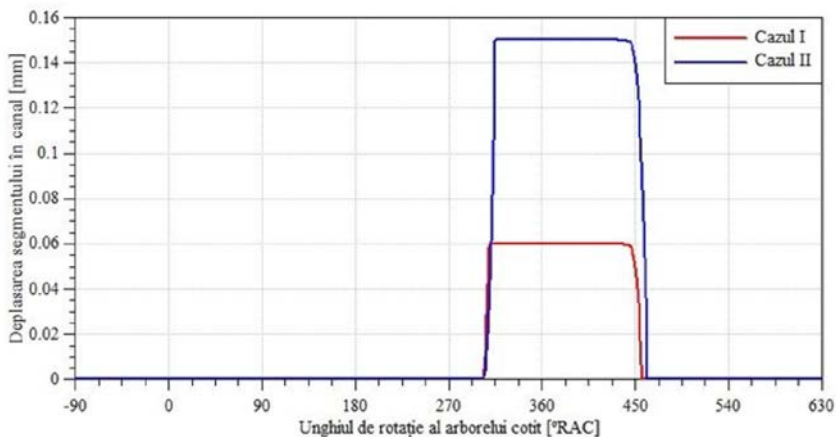


Fig. 5 Deplasarea primului segment (cel de foc) în canalul corespunzător din piston

În figura 6 se prezintă deplasarea totală a segmentului de compresie (cel de al doilea) al unui piston în timpul fazelor parcurse ale ciclului funcțional al motorului în studiul aplicativ prin simulare.

Cel de-al doilea segment de compresie în canalul din piston este împins spre flancul superior al canalului de segment și în timpul cursei de comprimare, deoarece presiunea dintre primul și al doilea segment nu este suficient de mare pentru a se opune forței de inerție a segmentului. Datorită apariției scăpărilor de gaze, segmentul oscilează în partea superioară a canalului la începutul cursei de destindere, iar apoi este presat pe flancul inferior al canalului de segment din zona port-segmenți a pistonului.

Pe durata cursei schimbului de gaze (când se dezvoltă procesele de evacuare și admisie) segmentul realizează o mișcare asemănătoare cu cea a primului segment (cel de foc).

În figura 7 se prezintă deplasarea totală a segmentului unui piston de la motorul cu ardere internă pentru cele două cazuri analizate prin simularea pe calculator.

Rezultatul urmărit la realizarea acestei simulări este obținerea legii de variație a deplasării segmentelor în interiorul cilindrului în timpul unui ciclu funcțional.

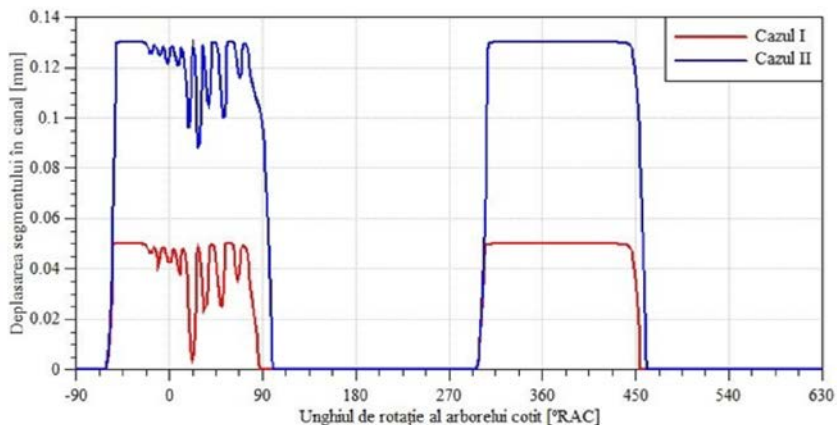


Fig. 6 Deplasarea celui de-al doilea segment în canalul corespunzător din pistonul motorului cu aprindere prin comprimare

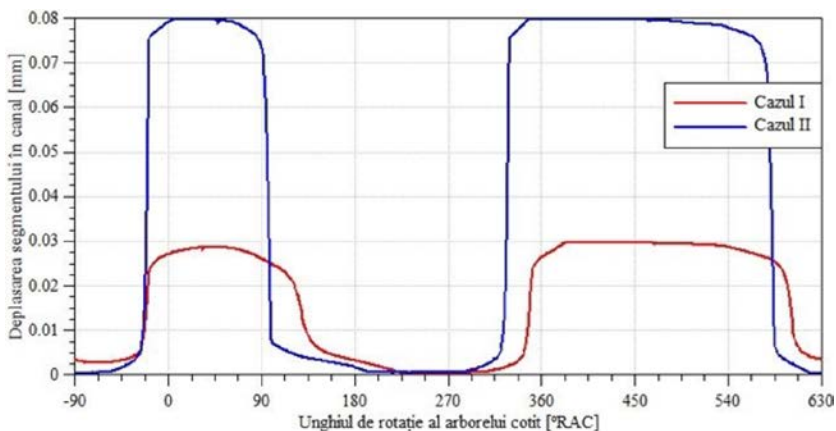


Fig. 7 Deplasarea segmentului raclor în canalul de segment de la pistonul motorului cu ardere internă

Segmentul raclor are o deplasare axială similară cu cea a celui de-al doilea segment, înregistrând două pulsații între flancurile canalului de segment pe parcursul unui ciclu complet.

În timpul cursei de destindere, acesta este desprins treptat de flancul superior al canalului de segment fără a înregistra oscilații. În cea de-a doua parte a ciclului motor, segmentul este aplicat pe flancul superior al canalului de forța de inerție și coboară pe flancul inferior doar la începutul cursei de comprimare. Această întârziere față de

ceilalți segmenti este cauzată de rezistența uleiului raclat de pe oglinda cilindrului. Se observă că în cazul I cursa a doua a segmentului este decalată în sens pozitiv față de cazul II.

4. Concluzii

Analiza aplicativă prin modelare și simulare a evoluției deplasării segmentilor pistoanelor motorului cu aprindere prin comprimare de la tractorul Lombardini sau analiza diferențială pe baza modelului matematic în Laboratorul de Simulare a Motoarelor cu Ardere Internă al Universității Tehnice din Cluj-Napoca, precum și studiul rezultatelor obținute prin evidențierea solicitărilor și aspectelor cinematice în cadrul demersului prezentat au condus la formularea unor concluzii, după cum se arată în continuare:

- motorul cu aprindere prin comprimare luat în studiu a fost simulat în ce privește deplasarea segmentilor care pot genera un proces operativ disfuncțional;

- segmentii din canalele pistonului, ca și restul pieselor principale ale mecanismului motor trebuie supuse analizei dimensionale și funcționale, determinându-se evoluția cinematică prin procedee mai mult sau mai puțin convenționale de modelare și simulare;

- turația are o influență mare asupra mișcării segmentilor;

- deplasările cele mai reduse au fost determinate în cazul I în care dimensiunile jocului axial dintre segment și canalul acestuia la rece sunt mai reduse, fiind datorate spațiului disponibil mai redus al canalului segmentului pistonului atât la rece cât și la cald, în această zonă având prevăzut astfel o autonomie de deplasare pentru dilatări mai mici, dar și datorită pătrunderii lubrifianțului și a reziduurilor arderii în spațiile libere ale regiunii port segmenti (RPS);

- pe anumite etape ale ciclului funcțional al motorului, în zona segmentilor aleși pentru cele două cazuri particulare studiate, datorită mișcării pe care o efectuează pistonul, solicitările și gradul de deplasare a segmentului în interiorul canalului sunt în strânsă corelație cu jocul inițial, fiind înregistrate în fiecare caz deplasările maxime;

- pentru reducerea evoluției solicitărilor și deplasărilor necorespunzătoare ale segmentilor în canalul de segment și pe suprafața cilindrului se impune modelarea și simularea procesului funcțional, luând în considerare inclusiv comportamentul sistemului sau

elementelor implicate în procesul de ungere a suprafețelor de lucru piston-segmenți-cilindru;

- solicitările cele mai însemnate au loc în cazul în care vibrația și pulsația segmentului cresc în valoare, iar spațiul disponibil pentru aceste manifestări este mai generos, oferind condiții optime pentru dezvoltarea unor fenomene neconforme în timpul unei lubrifieri precare și la turații ridicate;

- determinările aplicative și studiul realizat prin simulare impun dezvoltarea cercetărilor privitoare la funcționalitatea și cinematica segmenților motorului cu aprindere prin comprimare (marca Lombardini) de la tractorul sau utilajul agricol pentru care a fost produs, în vederea îmbogățirii cunoștințelor specifice.

BIBLIOGRAFIE

[1] Burnete, N., *Construcția și calculul motoarelor cu ardere internă (Pistoane)*, Editura Virginia Print, Cluj- Napoca, 1998, ISBN 973-98179-0-4.

[1] Cordoș, N., s.a. *Automobile: construcție generală, uzură, evaluare*, Editura Todesco, Cluj-Napoca, 2000, ISBN 973-997779-7-9.

[1] * * * *Lombardini Workshop manual*, 3/4 LD, CODE1-5302-556 ENGINE SERIES, third edition, Intermotor, Slanzi Service, Issue 01-94, review 02, 30.11.2001.

[1] * * * *Product description EXCITE PISTON&RINGS – PISTON RINGS DYNAMICS, BLOW-BY AND LOC*, https://www.avl.com/c/document_library/get_file?uuid=8f947d1d-5425-41edbe15-5de6ab7eeabd&groupId=10138, 30.01.2017.

Mihai-Aurel CRIȘAN,
Registrul Auto Român

Doru-Laurean BĂLDEAN
Ioan Aurel CHERECHEȘ
Adela BORZAN
Tudor PAL

Departamentul de Autovehicule Rutiere și Transporturi,
Facultatea de Mecanică, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
e-mail : relu_chereches@yahoo.com; doru.baldean@auto.utcluj.ro;
0752083337