

INFLUENȚA UNOR FACTORI FUNCȚIONALI ASUPRA LUCRULUI MECANIC PRODUS DE MOTORUL STIRLING CU CILINDREE VARIABILĂ

**ș.l.dr.ing. Condrat Adrian Homutescu*,
asist.ing. Vlad Mario Homutescu*, ing. Adrian Homutescu****

***Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi“ Iași,**

****AMADO S.R.L. Iași**

Abstract

The paper presents the constructive conception of a variable-displacement Stirling engine and the functional parameter influences on the mechanical work yielded.

1. INTRODUCERE

Inventat în anul 1816, construit și pus în funcțiune în anul 1818 de Robert Stirling, motorul termic cu pistoane ce funcționează după ciclul teoretic compus din două transformări izotermice și două transformări izocorice cunoaște astăzi câteva utilizări specifice, între care motorizarea submarinelor și torpilelor sau antrenarea unor generatoare electrice (inclusiv

generatoare aflate în componența navelor cosmice destinate zborurilor spre planetele îndepărtate)

2. MOTORUL STIRLING CU CILINDREE VARIABILĂ

Conform schemei din fig.1, o unitate funcțională (echivalentă din punct de vedere termodinamic unui monocilindru de motor cu ardere internă) de motor Stirling cu cilindree variabilă [1] are în compunerea sa un cilindru 16, trei schimbătoare de căldură (răcitor, regenerador și încălzitor, de volume V_r , V_{reg} și V_i) și un mecanism motor. În cilindru se află un piston împingător 21 și un piston de lucru 17. Cele două pistoane delimitează în cilindru o cameră de destindere 22 (cu volumul V_d) și o cameră de comprimare 18 (cu volum V_c).

Prin deplasarea pistonului motor se realizează variația volumului ocupat de agentul de lucru în motor, deci se realizează procesele de comprimare și de destindere. Pistonul împingător deplasează agentul dintr-o cameră în cealaltă, punându-l în contact alternativ cu sursa caldă și cu sursa rece.

Mecanismul motor transformă mișcarea de translație a pistonului motor în mișcare de rotație a arborilor cotiți și asigură mișcarea pistonului împingător în corelație cu mișcarea pistonului motor și, în plus, realizează, la comandă din exterior, variația cilindreei motorului.

Mecanismul motor se compune din doi arbori cotiți 9, bielele inferioare 5 articulate la extremitățile jugului inferior 1, bielele superioare 11 articulate la extremitățile jugului superior 12, tija 2 care leagă pistonul împingător de jugul inferior și tija tubulară 13 care leagă pistonul motor de jugul superior. Sincronizarea rotației arborilor cotiți se face prin

intermediul unui angrenaj 14.

La variația volumului camerei de comprimare contribuie fermele triunghiulare 10, care au un vârf articulat pe manetonul arborelui cotit 9, un vârf articulat cu capul bielei superioare 11 și al treilea vârf articulat cu un capăt al barei balansier 7. Celălalt capăt al barei 7 este articulat cu capătul barei de reglare 6. Bara 6 are celălalt capăt articulat într-un punct fix de pe pereții carterului. În această construcție pistonul motor este conectat la arborele cotit 9 prin intermediul unui mecanism patrulater plan manivelă - balansier.

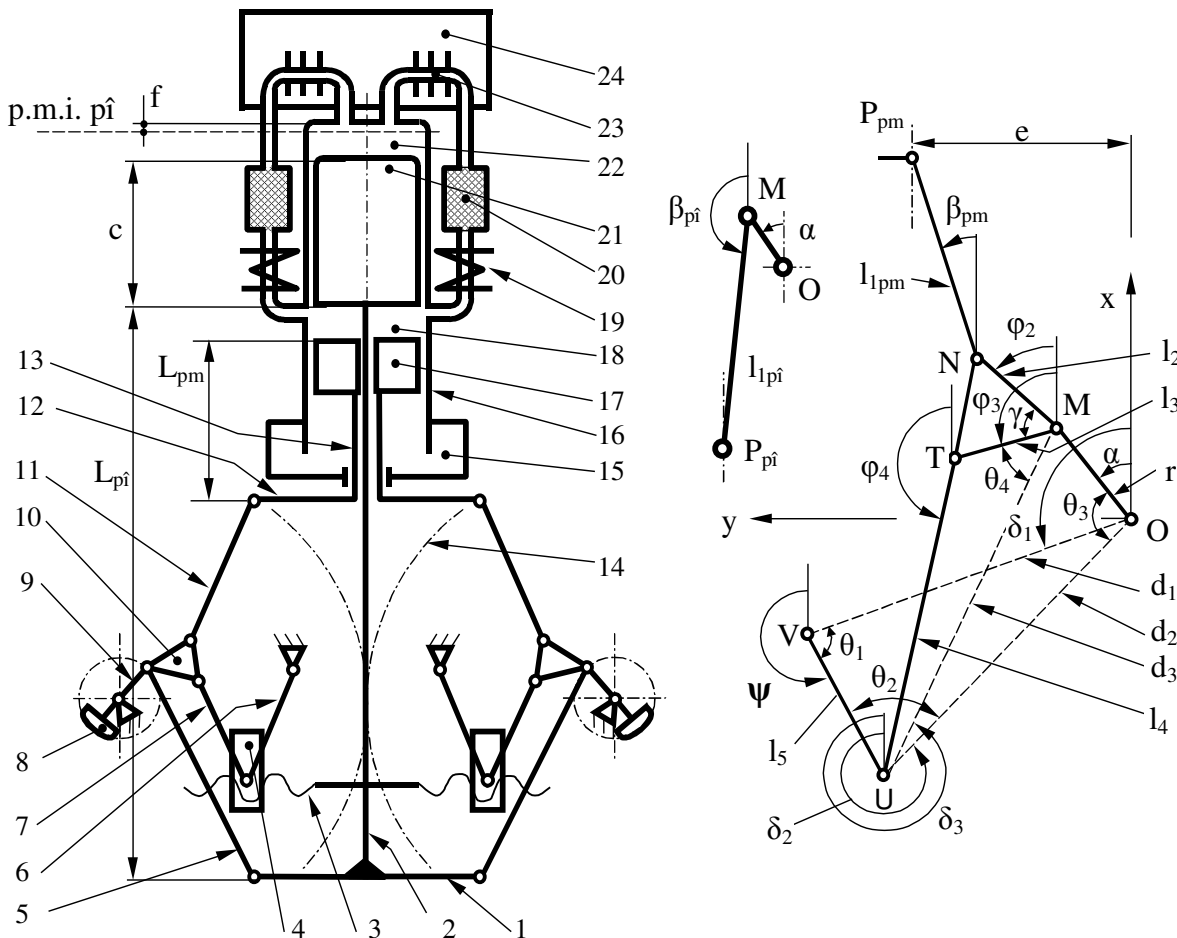


Fig. 1. Schema motorului Stirling cu cilindree variabilă [1]

Deplasarea punctului de articulație U dintre barele 6 și 7 se face prin intermediul piulițelor 4 cu ajutorul șurubului 3, care are două porțiuni de filet filetate una stânga și alta

dreapta. Prin deplasarea pe un arc de cerc a articulației dintre barele 6 și 7 mecanismul patruleter se deformează, modificând legea de deplasare a piciorului bielei și a pistonului.

Deplasarea punctului mort exterior al pistonului motor echivalează cu variația volumului spațiului de lucru al motorului. Volumul spațiului de lucru variază numai ca efect al modificării volumului camerei de comprimare. Deformarea mecanismului patruleter fiind independentă de mișcarea arborelui, reglarea se poate face în timpul funcționării.

3. INFLUENȚA UNOR FACTORI ASUPRA FUNCȚIONĂRII MOTORULUI CU CILINDREE VARIABILĂ

Modelul izotermic al funcționării motorului Stirling cu cilindree variabilă și analiza cinematicii mecanismului au fost prezentate în [2], [3], [4] pentru presiunea instantanee și pentru lucrul mecanic produs obținându-se relațiile:

$$p(\alpha, \psi) = \frac{mR}{\frac{V_c(\alpha, \psi) + V_r}{T_r} + \frac{V_d(\alpha) + V_{\hat{1}}}{T_{\hat{1}}} + \frac{V_{reg}}{T_{reg}}}; \quad (1)$$

$$L(\psi) = \oint p(\alpha) d(V_d(\alpha) + V_c(\alpha, \psi)) = \int_0^{2\pi} p(\alpha) \left[\frac{d(V_d(\alpha) + V_c(\alpha, \psi))}{d\alpha} \right] d\alpha. \quad (2)$$

Simularea numerică utilizează următoarele dimensiuni geometrice: $r = 0,0385$ m; $e = 1,6$ r; diametrul cilindrului $D = 0,073$ m = 73 mm; diametrul tijei $d = 0,02$ m; $L_{pm} = 5,1$ r; $L_{p\hat{1}} = 12,5$ r; $f = 1$ mm; $l_{1pm} = 2,5$ r; $l_{1p\hat{1}} = 3$ r; $l_2 = 2$ r; $l_3 = 2$ r; $l_4 = 3$ r; $l_5 = 2$ r; $d_1 = 2,5$ r; $\gamma = 50^\circ$; $\psi = 160^\circ \dots 205^\circ$.

Mărimile care determină funcționarea sunt: $T_{\hat{1}} = 773$ K = temperatura încălzitorului, $T_r = 310$ K = temperatura

răcitorului, agent de lucru hidrogen ($R = 4121 \text{ J}/(\text{kg K})$, $k = 1,41$), $m = 0,0025 \text{ kg}$ = masa de agent de lucru din cele cinci camere funcționale ale motorului; $V_{\text{reg}} = 1,2 V_{d \text{ max}}$ = volumul ocupat de agentul de lucru în regenerator, $V_r = V_i = 0,05 V_{d \text{ max}}$ = volumul schimbătoarelor de căldură răcitor și încălzitor, volumul maxim al camerei de destindere $V_{d \text{ max}} = 401,16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$.

Conform relațiilor (1) și (2) lucrul mecanic indicat produs într-un ciclu este direct proporțional cu masa de agent.

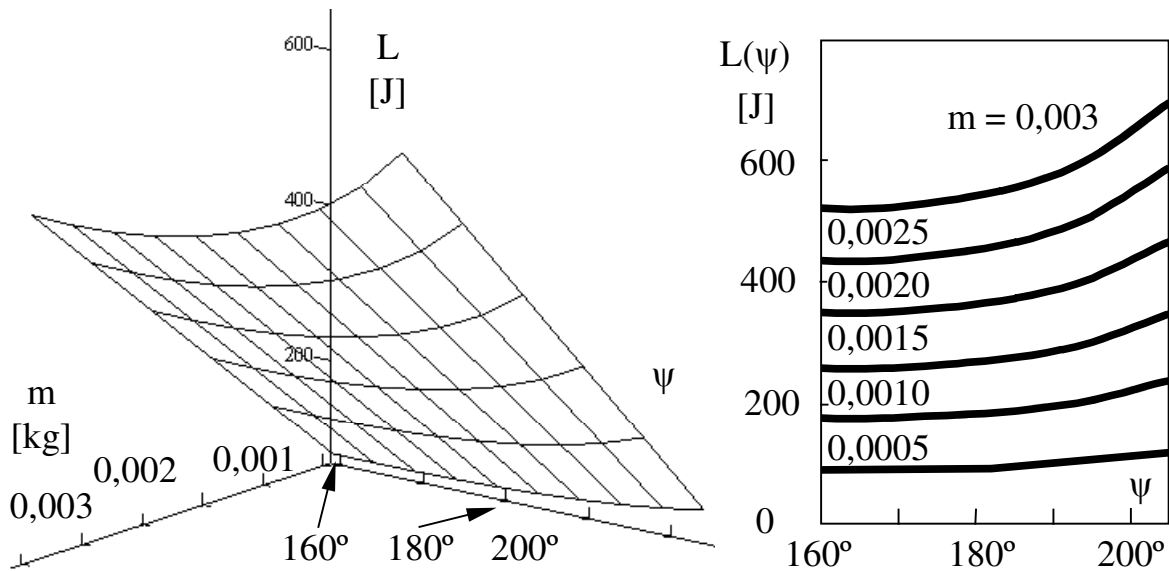


Fig. 2. $L = f(\psi, m)$ și $L = f(\psi)$ cu masa m ca parametru

Dependența este prezentată pe diagrama tridimensională din fig. 2, pe care lucrul mecanic indicat este o funcție de masa m de agent de lucru și de poziția unghiulară ψ a barei de reglare. În fig. 2 se observă clar creșterea lucrului mecanic indicat o dată cu creșterea unghiului de reglare ψ . Pentru a putea face aprecieri calitative asupra influenței masei de agent de lucru pânza care reprezintă funcția $L(m, \psi)$ a fost proiectată pe planul $L - \psi$, masa m de agent fiind luată ca parametru.

În cadrul modelului izotermic agentul influențează direct proporțional, prin intermediul constantei de gaz perfect R , atât

presiunea instantanee din motor cât și lucrul mecanic indicat. Diagrama tridimensională din fig. 3 prezintă dependențele lucrului mecanic indicat de masa m și de unghiul de reglare ψ , arătând importanța utilizării hidrogenului ca agent de lucru.

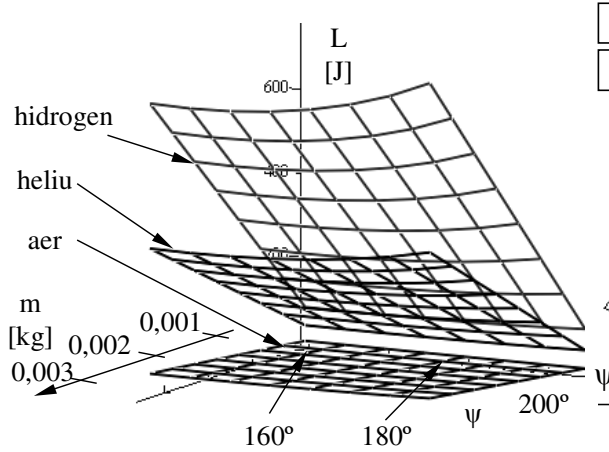


Fig. 3. Influența agentului asupra lucrului mecanic

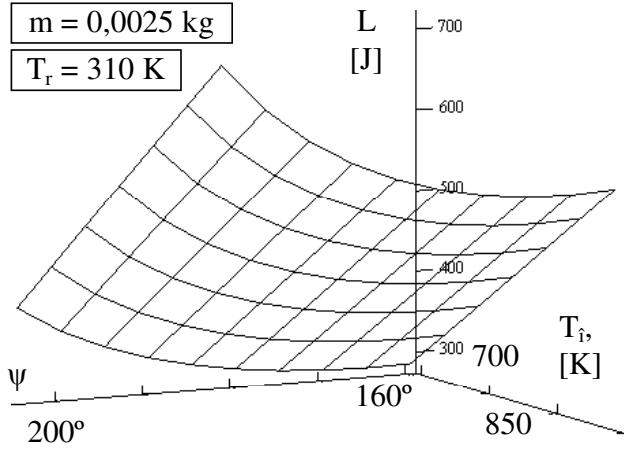
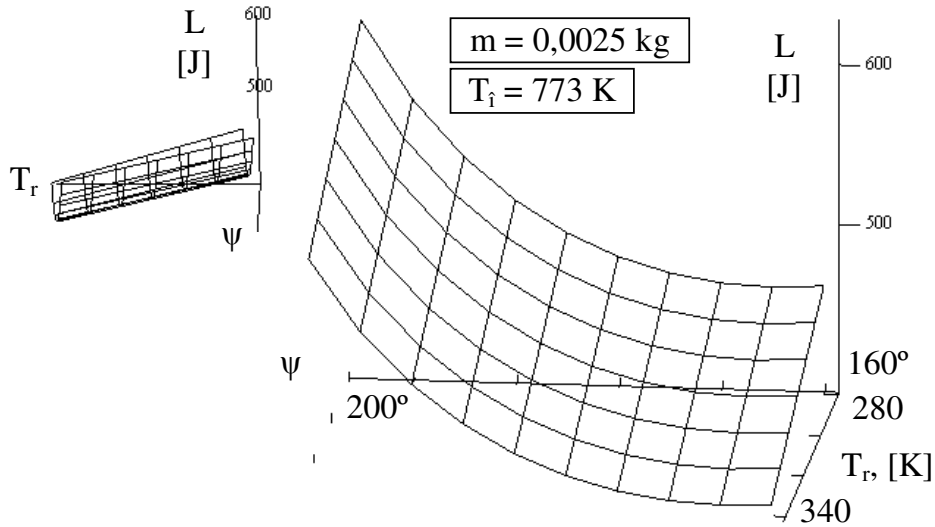


Fig. 4. Dependența $L = f(T_i, \psi)$

Fig. 4 prezintă influența temperaturii încălzitorului asupra lucrului mecanic indicat produs de motor. Reprezentarea este făcută în funcție de unghiul de reglare ψ , pentru m constant și pentru o temperatură constantă a răcitorului. Se observă că lucrul mecanic produs într-un ciclu crește atât cu unghiul de reglare ψ cât și cu temperatura încălzitorului. Se constată că mărimea temperaturii sursei calde are o influență mai importantă decât creșterea unghiului de reglare (creșterea volumului ocupat de agent), dar în practică mărirea T_i este limitată de rezistența mecanică a pieselor și a îmbinărilor lipite, solicitate termic și mecanic foarte intens. Comparația se referă la creșteri procentuale egale ale T_i și unghiului ψ .

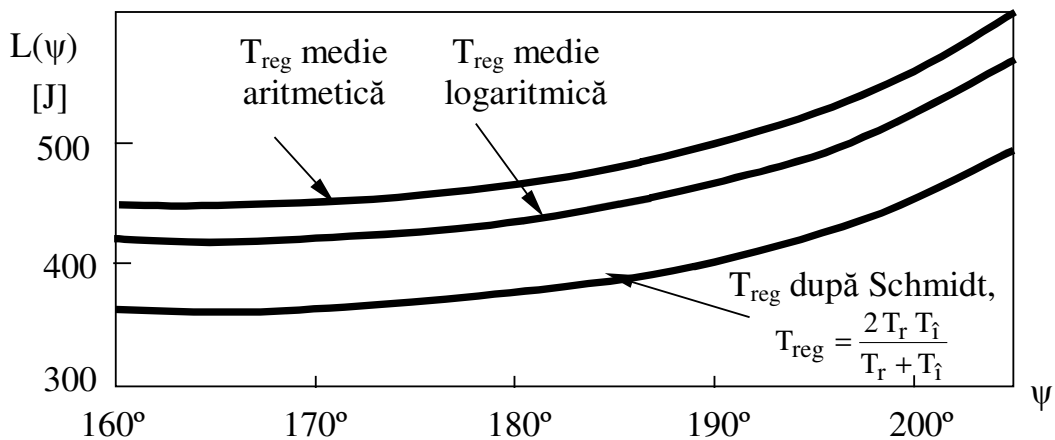
În fig. 5 este prezentată influența temperaturii răcitorului asupra lucrului mecanic indicat. Lucrul mecanic indicat este prezentat în funcție și de unghiul de reglare ψ , pentru T_i și m

constante. Domeniul de variație a temperaturii din răcitor fost ales între 280 ... 340 K, valori întâlnite adese în practică. Diagrama arată că L scade cu creșterea T_r și că această scădere este mai pronunțată pentru valorile ψ mai mari.



În cadrul modelului izotermic regeneratorul este luat în calcul prin temperatura sa medie T_{reg} , care depinde de T_i , de T_r și de modul în care este estimată. Se poate folosi media aritmetică, media logaritmică sau media Schmidt.

Curbele din fig. 6 arată că L crește cu unghiul de reglare, creșterea fiind mai pronunțată la T_{reg} mai mari.



4. CONCLUZII

Analiza influenței unor factori funcționali asupra lucrului mecanic indicat produs de motorul Stirling cu cilindree variabilă a arătat că mărirea masei de agent din motor, creșterea temperaturii încălzitorului, mărirea temperaturii medii de calcul a regenerației și micșorarea temperaturii răcitorului conduc la mărirea lucrului mecanic produs, concluzie valabilă pentru toate regimurile de funcționare reglate de mecanismul motor. Influențele sunt cu atât mai mari cu cât cilindreea motorului crește ca urmare a reglării.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Homutescu C.A., Jugureanu E., Gorcea V., Boghian D., Mecanism motor cu cilindree variabilă, Brevet RO 95964, 1989.
- [2] Homutescu C.A., Homutescu V.M., Calculul cinematic al unui motor Stirling cu cilindree variabilă. În volumul TEHNOMIL 2001 - Tehnică și tehnologie. Ed. Academiei Forțelor Terestre „Nicolae Bălcescu“, Sibiu, 2001, p. 32...39, ISBN 973-8088-48-8.
- [3] Homutescu C.A., Homutescu V.M., Homutescu A., Calculul termic și aprecierea performanțelor unui motor Stirling cu cilindree variabilă. In volumul de la [1], p. 24...31.
- [4] Homutescu V.M., Homutescu C.A., Homutescu A., Appreciations about a Variable Displacement Stirling Engine, Termotehnica, An V, 2001, nr. 2, ISSN 1222-4057, București, p. 58 ... 62.