

ANALIZA PE CALCULATOR A ETANSARILOR FRONTALE EXTERIOARE CU IMPULSURI PE BAZA DEBITULUI DE PIERDERI

Marius PUSTAN

Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca

This paper presents a computer analysis of external mechanical face seal with impulse. As result of computer analysis of mechanical face seal with impulse simulation program some functioning parameters are obtained based on initial parameters. Regarding on these results one or more geometrical profile could be modified to obtain optimal values of functioning parameters of device.

1. Introducere

Lucrarea prezinta o analiza pe calculator a unui sistem de etansare care are în componenta o etansare frontala exterioara cu impulsuri (fig.1), impulsuri care apar atunci când canalele (2) realizate pe suprafata frontala a rotorului se suprapun peste camerele (1) practicate pe suprafata frontala a statorului.

În momentul de trecere a canalelor (2) peste camerele (1), presiunea în camere atinge valoarea maxima $p_{2max} = p_1 + \mathbf{D}p$, unde presiunea fluidului care patrunde în camere datorita fortelor de inertie este $\mathbf{D}p = 0.5\rho\omega^2(r_2^2 - r_1^2)$.

Când canalele se deplaseaza fata de aceste camere, presiunea din camere scade. Valoarea minima a acestei presiuni este cu atât mai mica cu cât jocul frontal dintre cele doua suprafete de frecare este mai mare.

Frecventa impulsurilor de presiune care actioneaza asupra inelului deplasabil axial (4) este data de numarul de camere practicate pe acest inel si de turatia arborelui. Ca urmare a acestor impulsuri, inelul (4) este supus la perturbatii slabe.

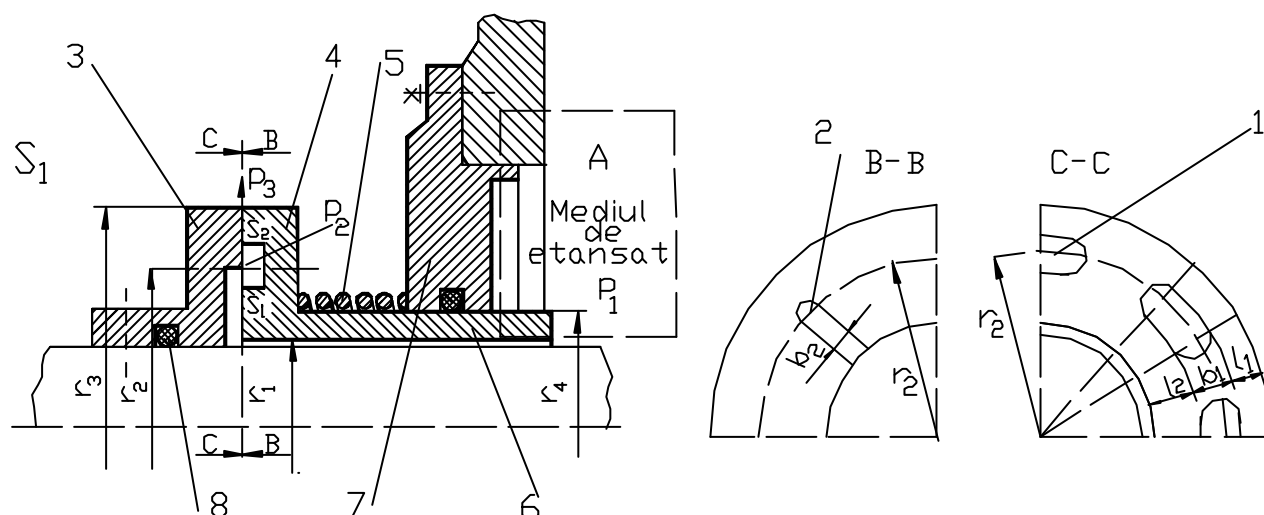


Fig.1 Etansare frontala exterioara cu impulsuri

În urma dezvoltării unui model matematic se pune problema corectitudinii modelului respectiv. Corectitudinea unui model matematic poate fi confirmată, în majoritatea situațiilor, prin analize experimentale. Pentru etansarea frontală exterioară cu impulsuri s-a dezvoltat un model matematic, care datorită multitudinii de factori luați în considerare, conferă modelului respectiv un anumit grad de dificultate. Astfel, se impune realizarea unei analize experimentale pe tipul de etansare dezvoltat și compararea rezultatelor obținute prin experiment cu cele teoretice.

Pentru realizarea modelului experimental se pune problema alegerii dimensiunilor inelelor de etansare, a tipului și a caracteristicii elementului elastic, a fluidului de etansat și a altor factori care influențează parametrul cel mai important care interesează într-o etansare frontală și anume, debitul de pierderi. Pentru adoptarea corespunzătoare a acestor factori care stau la baza modelului experimental, este necesar să se realizeze o analiză pe calculator cu ajutorul unui soft specializat. În urma realizării programului pe calculator, pot fi modificați parametrii de intrare (factorii de care trebuie să se țină seama la modelul experimental) astfel încât parametrii calitativi ai etansării să corespundă rolului funcțional.

Pentru analiza pe calculator a etansărilor frontale exterioare cu impulsuri, având la bază modelul matematic dezvoltat [2], s-a urmărit determinarea parametrilor funcționali pentru diferite valori ale presiunii fluidului de etansat și pentru diferite valori ale turatiei rotorului. Unii dintre parametri funcționali ai etansării care rezultă în urma rularii programului pe calculator sunt: presiunea din camerele aflate pe inelul stator, forța axială de deschidere a interfeței de etansare, forța elastică, rigiditatea etansării, înălțimea interstiului și debitul de pierderi. De asemenea, se verifică condiția de stabilitate statică a etansării și condiția echilibrului dinamic. Dar, pentru a putea determina teoretic acești parametri, a trebuit să se impună într-o primă fază unii parametri, urmând ca pe urmă să se recalculeze parametrii respectivi. Astfel, în literatura de specialitate se recomandă ca mărimea interstiului dintre fețele frontale a inelelor de etansare să nu depășească 1-2 μm , pentru ca etansarea să-și îndeplinească rolul funcțional. De asemenea, mărimea debitului de pierderi să nu depășească $(0.27...0.62) \times 10^{-9} \text{m}^3/\text{s}$, în funcție de mărimea încărcării etansării [1; 7; 10].

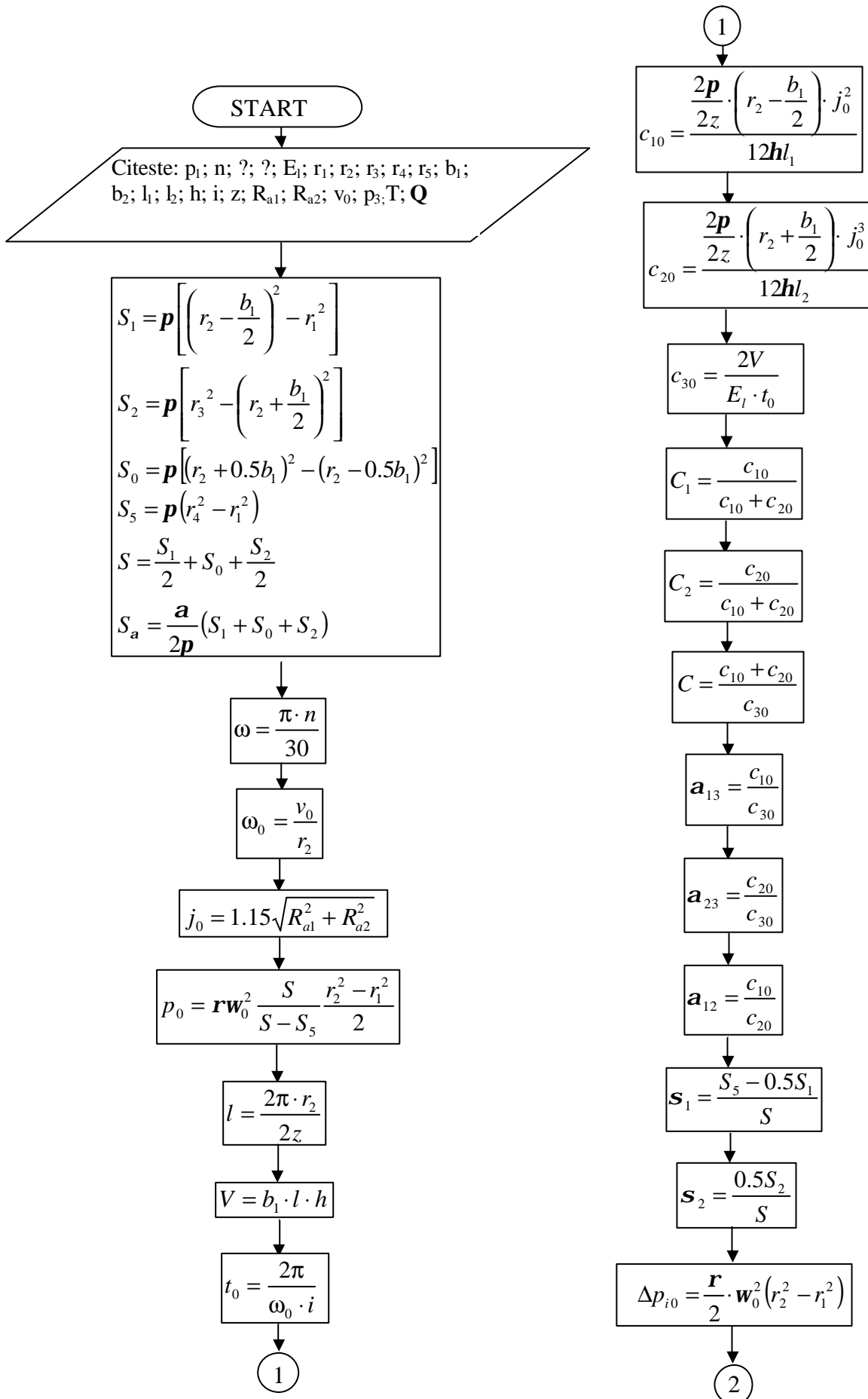
2. Analiza pe calculator a etansărilor frontale exterioare cu impulsuri

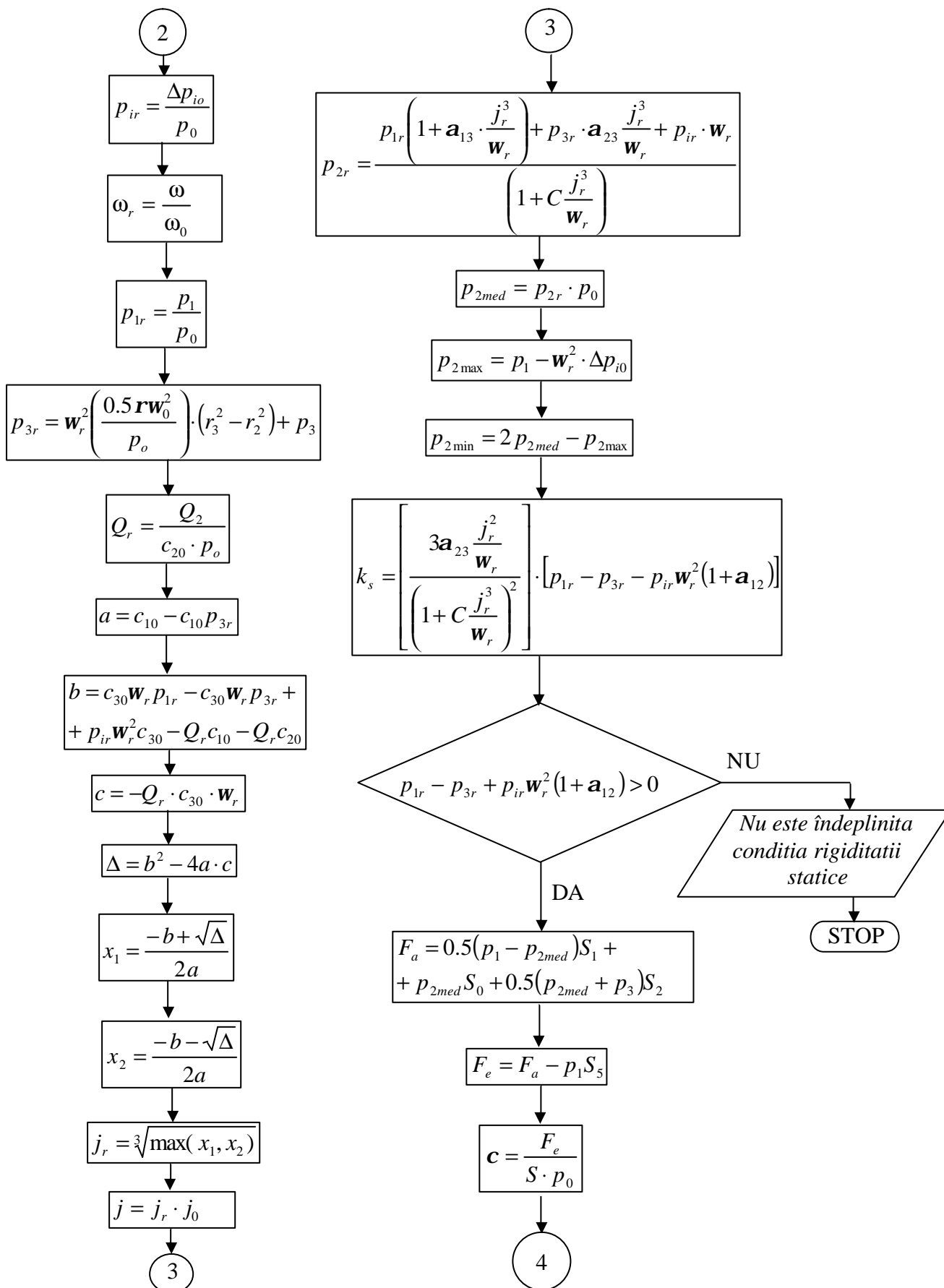
Notatii utilizate:

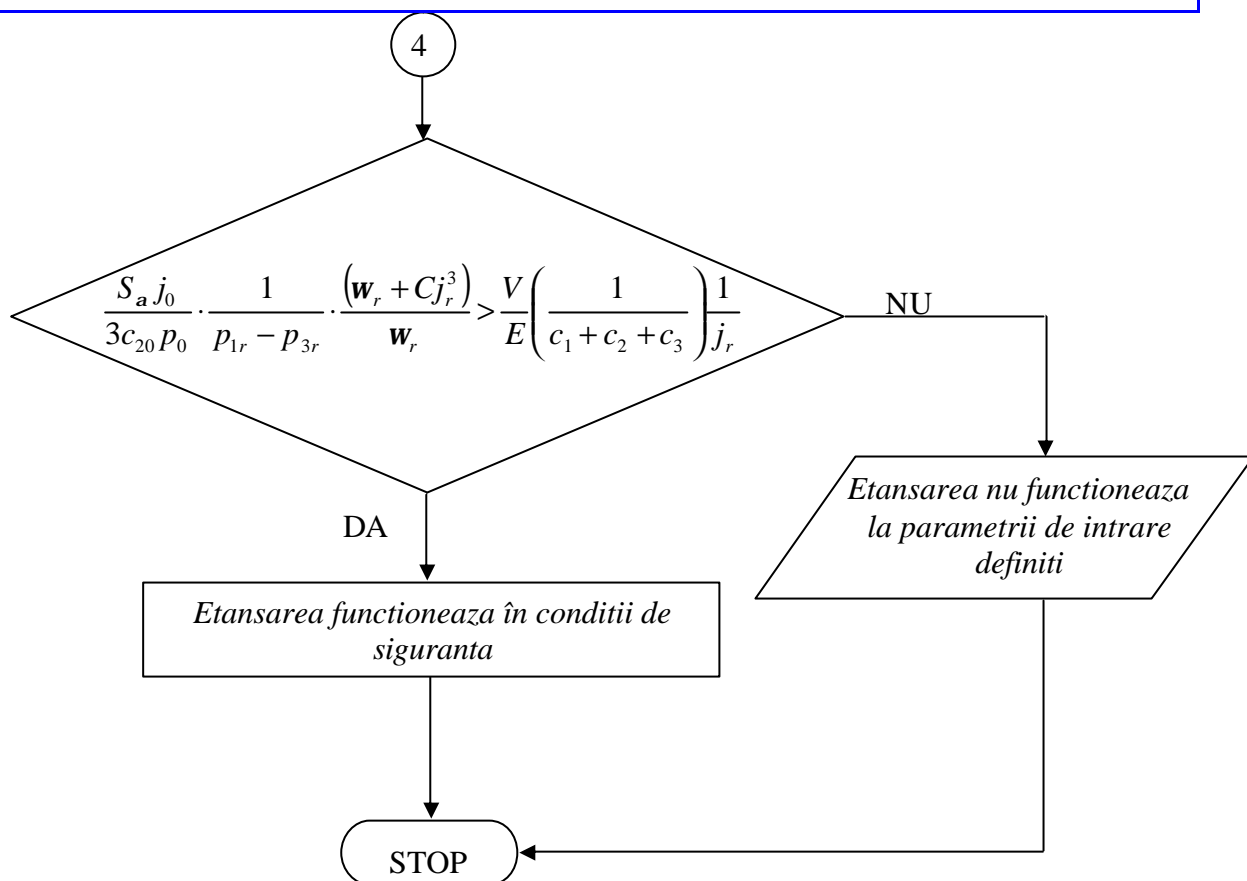
- b_1 – lățimea camerelor de pe inelul stator;
- b_2 – lățimea canalelor de aducție de pe inelul rotor;
- E_l – modulul de compresiune al fluidului;
- F_a – forța axială de deschidere a interstiului de etansare;
- F_{a0} – forța axială de referință de deschidere a interstiului de etansare;
- F_e – forța elastică;
- F_p – forța generată de presiunea fluidului asupra inelului stator;
- i – numărul canalelor de aducție de pe inelul rotor;
- j_0 – înălțimea de referință a interstiului de etansare;
- j – înălțimea interstiului de etansare;
- $j_r = j/j_0$ – înălțimea adimensională a interstiului de etansare;
- k_s – rigiditatea statică a etansării;
- n – turatia rotorului etansării;

- p_0 – presiunea de referinta;
 p_1 – presiunea fluidului de etansat;
 $p_{1r} = p_1/p_0$ – presiunea adimensionala a fluidului de etansat;
 p_2 – presiunea fluidului din camerele de pe inelul stator;
 p_{2med} – presiunea medie a fluidului din camerele de pe inelul stator;
 $p_{2r} = p_{2med}/p_0$ – presiunea medie adimensionala a fluidului din camere de pe inelul stator;
 p_{2min} – presiunea minima a fluidului din camerele de pe inelul stator;
 p_{2max} – presiunea maxima a fluidului din camerele de pe inelul stator;
 Δp – presiunea fluidului generata de forte centrifuge;
 $p_{ir} = \Delta p/p_0$ – presiunea adimensionala a fluidului generata de forte centrifuge;
 p_3 – presiunea fluidului la iesirea din etansare;
 p_{3r} – presiunea adimensionala a fluidului la iesirea din etansare;
 r_1 – raza interioara a interstitiului de etansare;
 r_2 – raza pe care sunt dispuse camerele pe inelul stator;
 r_3 – raza exterioara a interstitiului de etansare;
 r_4 – raza de montaj a inelului stator în carcasa;
 r_5 – raza de montaj a rotorului pe arbore;
 $S_1; S_2; S_3; S_4; S_5$ – suprafete care definesc geometria inelului stator;
 T – temperatura;
 t – durata de functionare;
 t_0 – valoarea de referinta a duratei de functionare;
 Q – debitul de pierderi al etansarii;
 Q_r – debitul de pierderi adimensional al etansarii;
 V – volumul camerelor de pe inelul stator;
 v_0 – viteza de referinta;
 v – viteza de alunecare;
 z – numarul camerelor de pe inelul stator;
 ρ – densitatea fluidului;
 Ω – perioada ;
 w – viteza unghiulara;
 w_0 – viteza unghiulara de referinta;
 w_r – viteza unghiulara adimensionala;
 h – vâscozitatea dinamica a fluidului;
 j – forta adimensionala generata de presiunea fluidului asupra inelului stator;
 j_a – forta adimensionala de deschidere a interfetei de etansare;
 c – forta adimensionala elastica;

Programul pentru analiza pe calculator a etansarilor frontale cu impulsuri are la baza schema logica prezentata în continuare.







Pentru analiza pe calculator a etansarilor frontale exterioare cu impulsuri s-au adoptat urmatoarele valori:

- Mediul de etansat: ulei cu urmatoarele caracteristici: $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ – densitatea; $\eta = 0.115 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ – vâscozitatea; $E_1 = 1.4 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ – modulul de compresiune;
- Dimensiuni constructive: $r_1 = 13.5 \text{ mm}$; $r_2 = 22.5 \text{ mm}$; $r_3 = 30 \text{ mm}$; $r_4 = 21 \text{ mm}$; $\xi = 12.5 \text{ mm}$; $b_1 = 5 \text{ mm}$; $l_1 = 5 \text{ mm}$; $l_2 = 6.5 \text{ mm}$; $b_2 = 4 \text{ mm}$; $h = 4 \text{ mm}$; $i = 4$ - numarul canalelor de aductie; $z = 8$ – numarul camerelor; $R_{a1} = R_{a2} = 0.2 \text{ }\mu\text{m}$ – rugozitatea suprafetelor;

În cadrul programului s-a lucrat cu un debit de pierderi $Q = 2.058 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s}$, valoare care corespunde unei marimi a interstitiului de $1 \text{ }\mu\text{m}$ [2] si care este mult sub valoare admisibila data de literatura de specialitate. Aceasta valoare poate fi înlocuita cu valoarea debitului care rezulta în urma încercarilor experimentale.

Rezultatele obtinute în urma rularii pe calculator a programului sunt prezentate în tabelul 1.

Rezultate obtinute pentru etansarea frontala exterioara cu impulsuri

Tabelul 1

Denumire parametru	Simbol	Valoare parametru	U.M.
Presiunea de etansat	p_1	1×10^6	Pa
Turatia rotorului	n	3000	rot/min
Viteza unghiulara	ω	5.236	Hz
Marimea reala a interstitiului	j	1×10^{-6}	m
Presiunea medie din camerele de pe stator	$p_{2 \text{ med}}$	9.804×10^5	Pa
Presiunea maxima din camerele de pe stator	$p_{2 \text{ max}}$	1×10^6	Pa
Presiunea minima din camerele de pe stator	$p_{2 \text{ min}}$	9.609×10^5	Pa
Rigiditatea statica a etansarii	k_s	-1.58×10^8	-
Forta axiala de deschidere a interfetei de etansare	F_a	1794	N
Forta elastica	F_e	845.98	N

În mod asemanator s-a realizat un program în care pentru un anumit debit impus (masurat) si o anumita turatie am variat presiunea fluidului de etansat. În figura 2 se prezinta variatia înaltimei interstitiului de etansare cu cresterea presiunii de etansat. Din figura, se poate observa ca pentru a mentine un debit de pierderi constant odata cu cresterea presiunii de etansat, marimea interstitiului trebuie sa scada.

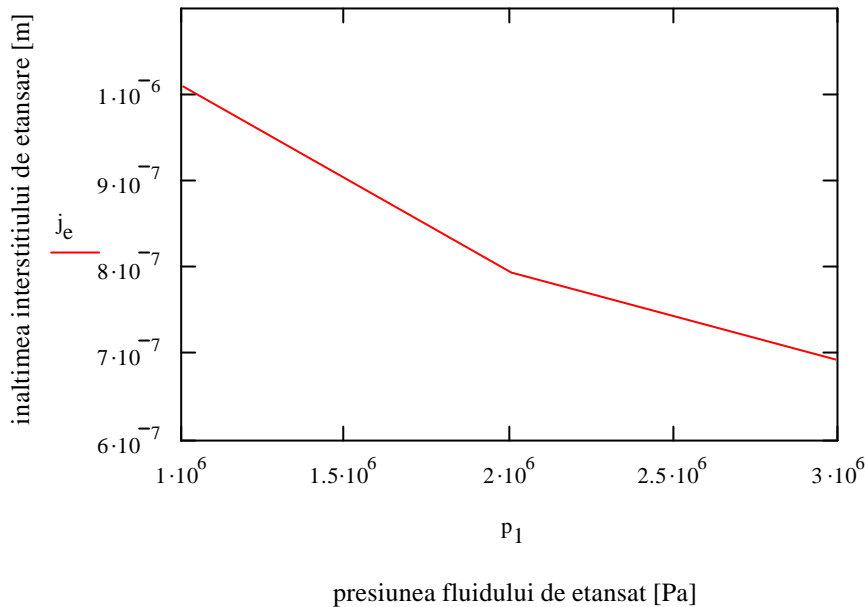


Fig. 2 Variatia înaltimei interstitiului de etansare în functie de presiunea fluidului de etansat în ipoteza obtinerii unui debit de pierderi constant

Un alt program permite determinarea parametrilor functionali ai etansarii pentru un debit de pierderi impus (masurat), o presiune de etansare data si o turatie variabila a rotorului. Pe baza acestui program rezulta ca presiunea minima în camere creste odata cu cresterea turatiei (fig. 3). De asemenea, pentru a mentine un debit de pierderi constant odata cu cresterea turatiei, trebuie ca jocul din interfata sa scada (fig.4).

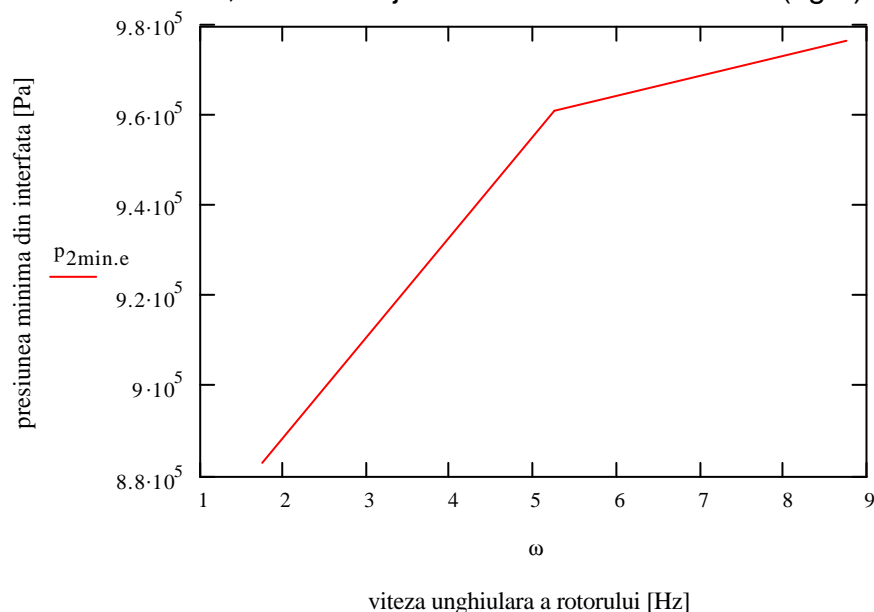


Fig.3 Variatia presiunii minime din interfata de etansare în functie de viteza unghiulara a rotorului

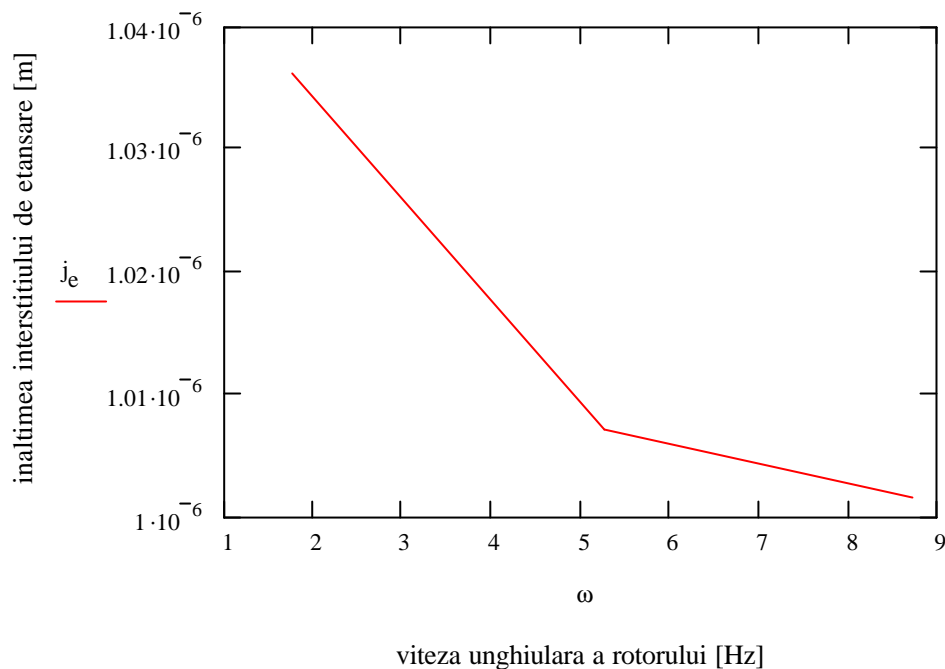


Fig. 2 Variatia înaltimei interstiului de etansare în funcție de turatia rotorului în ipoteza obtinerii unui debit de pierderi constant

În urma analizei pe calculator a tipului de etansare prezentat, se pot scoate în evidența unele aspecte de care trebuie să se țină seama la realizarea modelului experimental. Astfel, se pot defini elementele geometrice ale inelelor de etansare, se poate determina numărul de camere și de canale de pe suprafețele frontale a statorului și a rotorului, se poate realiza elementul elastic cunoscând forța elastică și se pot verifica condițiile de rigiditate statică și echilibru dinamic în funcție de parametri adoptați.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Popa N., - Contributii privind fenomenele de uzare la etansarile frontale în industria petrochimică. Teza de doctorat, Universitatea Politehnică București, 1996;
- [2] Pustan, M., - Modelul matematic al etansării frontale cu impulsuri. Simularea pe calculator. Referat 2. Cluj-Napoca 2002.
- [3] Flowserve Corporation, The Innovative Standard Cartridge Series Seals, 1999;
- [4] Flowserve Corporation, Mechanical Seals for Compressor, 1999;
- [5] Imo Industries Inc, Mechanical Seals Leakage in Imo Pumps, 1997;
- [6] EAGLE Industry Co. LTD, Qualification Testing for the Mechanical Seals, 1999
- [7] BURGMENN konstruktionsmappe 10, 1998;
- [8] FLUITEN Deutschland GmbH, Gleitringdichtungen Drehdurchführungen- Product Reihe, 2003;
- [9] FLUITEN Deutschland GmbH, Crtridge Mechanical Seal, 2003;
- [10] <http://www.chesterton.com/MechanicalSeals/>;
- [11] http://www.danemartrading.ro/etansari_mecanice.htm;
- [12] <http://www.dprkorea-trade.com/seals/seals01.htm>;
- [13] http://fluidsciences.perkinelmer.com/content/TechLibrary/centurion_data.pdf;
- [14] <http://www.pumpworld.com/seal.htm>;
- [15] http://www.suszi.ro/ro/prod01_08_etansari_mec.html;
- [16] <http://www.usseal.com/mechseals.htm>.