

PROIECTAREA OPTIMIZATĂ A UNUI PRODUS FOLOSIND ANALIZA CU ELEMENTE FINITE

ANDRIEȘ Ana, DOBRIȚA² Ana-Maria²

²Facultatea: Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, Specializarea: Ingineria și Managementul Calității, Anul de studii: IV, e-mail: anamariadobrita9@yahoo.ro

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Dan NIȚOI**

REZUMAT: Lucrarea prezintă importanța modelării și simulării în inginerie prin exemplificarea proiectării din punct de vedere structural, termic și vibratoriu a unei piese complexe de tip „corp pompă”. La ora actuală proiectarea oricărei structuri reale se bazează pe un studiu amănunțit, teoretic ce are drept scop optimizarea comportării acesteia, optimizare ce trebuie să se realizeze într-un timp foarte scurt și cu costuri cât mai mici. Realizarea modelelor reale va veni ulterior în completarea modelelor teoretice ce vor fi validate prin experimente.

CUVINTE CHEIE: ansamblu, ansys, comportare mecanică, vibratorie și termică.

1. Introducere

Software-ul Ansys este folosit pentru a proiecta produse bazate pe simulări care să testeze comportarea mecanică a unui produs, distribuția temperaturilor, distribuția vitezelor și a presiunilor într-o structură mecanică sau într-un fluid sau să studieze proprietățile câmpului electromagnetic. Software-ul Ansys dezvoltă și comercializează software de analiză a elementelor finite utilizat pentru a simula probleme de inginerie.

2. Stadiul actual

M&S este o disciplină indispensabilă pentru continuarea dezvoltării în domeniul științei și ingineriei. Aceasta este esențială pentru progresele în domeniul biomedicinii, nanomaterialelor, securității naționale, microelectronicii, științelor energetice și de mediu, materialelor avansate și dezvoltării produselor. Există dovezi ample că evoluțiile din aceste discipline noi ar putea avea un impact semnificativ în mod practic în fiecare aspect al experienței umane.

În cercetarea prin M&S apar câteva provocări foarte importante. Aceste provocări implică rezolvarea problemelor deschise asociate cu modelarea multilingvistică și multifizică, integrarea în timp real a metodelor de simulare cu sistemele de măsurare, validarea și verificarea modelelor, manipularea datelor la nivel global precum și vizualizarea acestora. În mod semnificativ, una dintre aceste provocări este educația următoarei generații de ingineri și oameni de știință în teoria și practicile din M&S.

Astăzi, domeniul simulării pe calculator se află pe pragul unei noi ere. Progresele în modelarea matematică, algoritmi computaționali, viteza computerelor, știința și tehnologia computerizării intensive a datelor au pregătit calea pentru îmbunătățiri fără precedent în materie de sănătate, securitate, productivitate și competitivitate. Pentru a realiza aceste progrese, totuși, trebuie depășite obstacolele majore științifice, inginerice, sociologice și educaționale. Progresele vor necesita evoluții semnificative în domeniul cercetării, schimbări în modul de gândire, în activitățile de cercetare și educație a instituțiilor academice precum și, schimbări în structura organizatorică a sistemului educațional. Pentru domeniile de inginerie, progresele în M&S pe calculator oferă posibilități și mai importante. Exploatarea pe deplin a noilor capacități trebuie, totuși, să aștepte cercetarea fundamentală a componentelor științifice ale modelării, simulării și computerelor, printre alte domenii. În acest sens, ne referim la combinarea acestor activități de cercetare de bază precum tehnologia științei bazată pe M&S.

Realizarea întregului potențial al M&S va necesita o revoluție a tehnologiei de simulare. Tehnologia bazată pe simulare nu este "simulare ca de obicei"; mai degrabă, cercetarea este axată pe modelarea și simularea unor complexe, interdependente sisteme inginerești și achiziționarea de rezultate care să respecte standarde precise de precizie și fiabilitate. Într - adevăr, domeniul de aplicare al M&S include mult mai mult decât modelarea fenomenelor fizice. Ea dezvoltă noi metode, dispozitive, proceduri, procese și strategii de planificare. Nu numai că se bazează și stimulează progresele în domeniul științific de înțelegere, dar și valorifică aceste progrese, aplicându-le provocărilor din domeniul ingineriei. De exemplu, descoperirile din M&S au aplicații directe pentru optimizare, control, cuantificarea incertitudinilor, verificare și validare, luarea deciziilor și găsirea răspunsului în timp real. Pe scurt, M&S va ridica această tehnică de lucru la un nou nivel, puternic, un nivel în care se speră a se rezolva cele mai dificile probleme de modelare, proiectare inginerească, fabricare și cercetare științifică.

ANSYS Mechanical Thermal este soluția software-cheie pentru ingineria mecanică care utilizează analiza elementelor finite (FEA). Aceasta acoperă o gamă enormă de aplicații și vine complet cu tot ce este nevoie de la pregătirea geometriei până la optimizare și toți pașii între ele. Cu Ansys Mechanical puteți modela materiale avansate, sarcini complexe de mediu și cerințe specifice industriei în domenii cum ar fi: hidrodinamica offshore și materiale compozite stratificate.

Realitatea a arătat că orice sistem real este foarte complex, acesta fiind supus simultan acțiunii câmpurilor de forțe din domeniul mecanic, acțiunii câmpurilor termice și de multe ori câmpurilor electromagnetice.

Într-un studiu minimal din domeniul mecanic trebuie luate în considerare atât forțele mecanice, cât și câmpurile termice, întrucât realitatea implică o acțiune combinată a acestora. De multe ori în problemele mecanice ar trebui luate în considerare și probleme de lucru chimic (precum oxidarea) sau probleme de abraziune (uzare) ce apar în funcționarea sistemelor. [1]

3. Descrierea produsului

3.1. Pompă cu roți dințate și debit constant

În lucrare se va urmări realizarea unui model teoretic ce dorește să simuleze comportarea mecanică, termică și vibratorie a unui ansamblu de tip „Pompă cu roți dințate”.

Rolul funcțional al ansamblului este acela de a asigura creșterea presiunii și asigurarea unui debit constant. În figura 1 este prezentat desenul ansamblului „Pompă cu roți dințate”, desen ce a fost realizat în programul SolidWorks. Desenele cu complexitate mai ridicată nu pot fi realizate direct în programul Ansys, întrucât acesta este un program de calcul inginerească și nu unul de desenare.

În acest sens, după realizarea întregului ansamblu în programul SolidWorks, folosind comanda File/Import din programul Ansys se va realiza importarea desenului realizat cu mare ușurință. În figura 1 se prezintă desenul construit în SolidWorks ce va fi importat ulterior în Ansys.

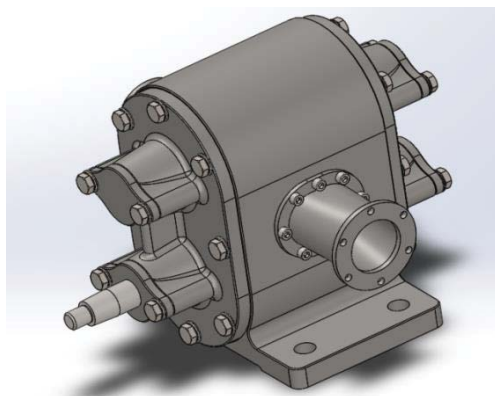


Fig. 1. Pompă cu roți dințate și debit constant

Orice analiză începe cu înțelegerea cât mai aprofundată a modului de funcționare și a rolului funcțional al sistemului studiat.

3.2. Analiză a elementului „Corp pompă”

Reperul „corp pompă” face parte din clasa corpurilor complexe, materialul din care se obține acesta este EN-GJMB-700-2, iar prelucrările mecanice ulterioare fiind găurire, frezare, alezare, rectificare. Rolul funcțional al piesei „**Corp pompă**” este acela că asigură suportul pentru toate celelalte componente ale pompei, cât și etanșeitatea împreună cu componentele următoare: capac, flanșă, arbore. Produsul „Corp pompă” face parte din echipamentul instalației hidraulice de ridicat (platforme).

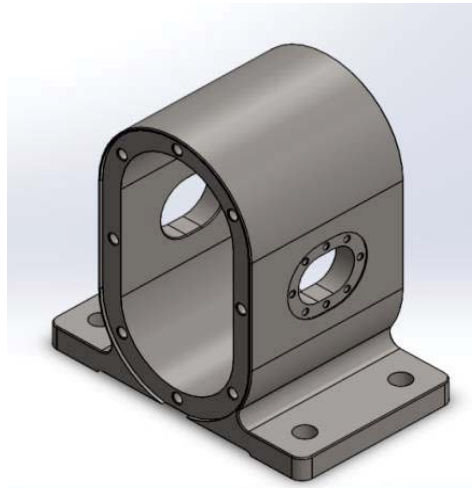


Fig. 2. Prezentarea elementului „Corp Pompă”

4. Modelarea și simularea prin metoda elementelor finite a comportării produsului „Corp pompă”

Ca urmare a rolului funcțional, analizăm studiul forțelor și cum este supus reperul de tip „corp pompă” variațiilor temperaturii și vibrațiilor.

4.1. Analiza structurală

Pentru produsul de tip „Pompă cu roți dințate” problemele importante privesc analiza stării de tensiuni și a deplasărilor în zonele unde se montează lagărele de rostogolire (rulmenții).

Zona de maxim interes este cea în care datorită asamblării cu strângere dintre carcasă și rulment și datorită forțelor ce apar în timpul funcționării se dezvoltă o stare de tensiuni importantă ce trebuie analizată în amănunt.

Astfel datele de intrare în problemă sunt:

- ✚ Presiunea exercitată de inelul exterior al rulmentului asupra carcasei studiate;
- ✚ Forțele ce acționează în timpul funcționării sistemului;
- ✚ Realizarea încăstrării în partea inferioară a carcasei.

Pentru calculul problemei mecanice am calculat în mod analitic presiunea exercitată asupra rulmentului la realizarea asamblării cu strângere care are valoarea $P=7130 \text{ N/m}^2$, forța $F_1=14000 \text{ N}$ și momentul $M=27488935 \text{ N/m}$. Aceste forțe se vor aplica pe 6 din cele 8 găuri de prindere a capacului pompei pe carcasa acesteia, capacele pompei fiind de fapt elementul intermediar între rulment și carcasa (fig. 3.).

Al doilea tip de date de intrare constă în forțele ce acționează asupra șuruburilor ce se assemblează pe capacele corpului de pompă sunt $F_2=5000$ N pe fiecare gaură de prindere a capacului pompei (M10, 80000 N fiind forța F care acționează în zona roților dințate).

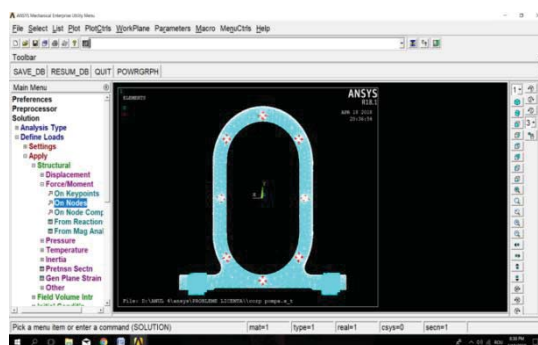


Fig. 3. Aplicarea forțelor dezvoltate în rulment prin intermediul capacelor reflectată prin șuruburile de prindere în corpul pompei

Un al doilea tip de de solicitări ce acționează asupra corpului pompei constă în forțele ce se dezvoltă la asamblarea acestuia cu cele două flanșe ce fac legătura între orificiile de admisie și de evacuare din pompă. Pentru cele două flanșe, găurile în care se assemblează șuruburile, forța calculată analitic are valoarea $F= 3000$ N pe fiecare gaură, fiind aplicată pe cele 16 găuri filetate (M6). În figura 4 se prezintă și acțiunea acestui tip de forțe asupra carcasei.

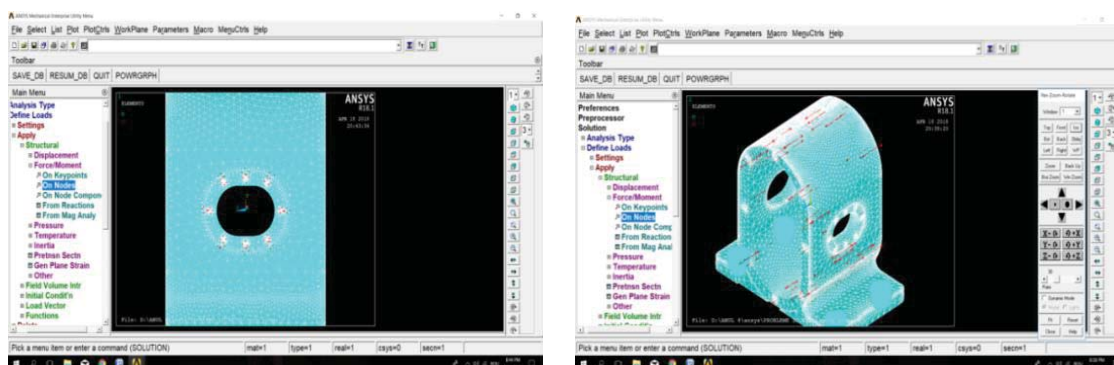


Fig. 4. Prezentarea forțelor ce acționează la asamblarea carcasei cu cele două flanșe la admisia și refularea fluidului din pompă

Întrucât orice problemă de tip structural necesită rezemarea suficientă a piesei studiate s-a considerat necesar încastrarea structurii pe cele 4 găuri din talpa corpului de pompă acolo unde de fapt ansamblul este rigidizat. În aceste zone s-a aplicat o valoare a deplasărilor pe cele 3 axe OX,OY,OZ egală cu zero. În figura 5 este prezentată etapa de selectare și mai apoi aplicare a încastrarilor în zona celor patru șuruburi de prindere a corpului pompei.

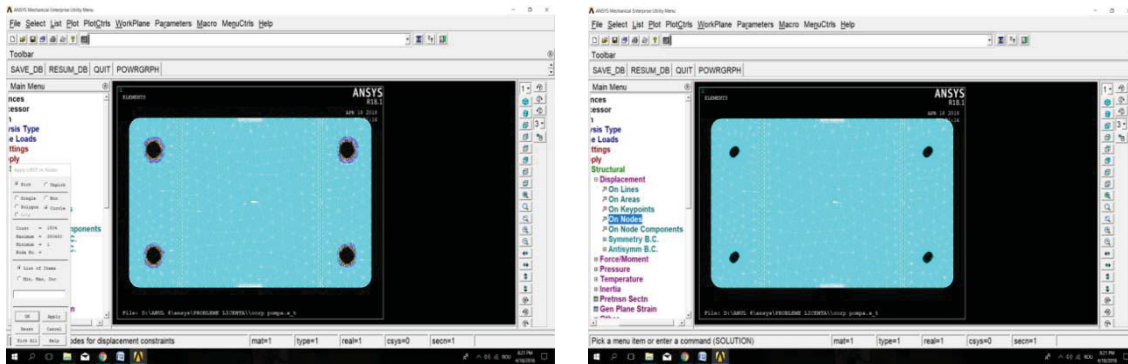


Fig. 5. Selectarea și aplicarea încăstrărilor corpului de pompă

În rezumat, în figura 6 sunt prezentate toate datele de intrare în problemă ce constau în definirea încăstrărilor și a forțelor ce se manifestă în mod direct sau indirect asupra corpului de pompă.

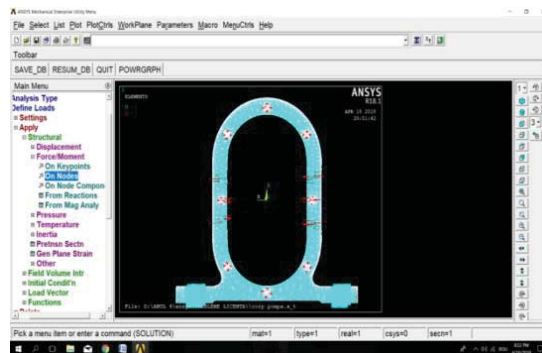


Fig. 6. Prezentarea datelor de intrare în problemă – forțele și încăstrările ce se manifestă asupra corpului de pompă

Ca urmare a rezolvării problemei ce se bazează pe datele de intrare prezentate anterior, folosind modulul “Solve”, programul calculează soluțiile problemei. Cele mai importante dintre acestea constau în determinarea deplasărilor și a tensiunilor ce apar în interiorul carcusei. În figura 7 a,b,c se prezintă deplasările raportate la axa OX, OY și OZ. În figura 8 se prezintă suma deformațiilor carcusei.

După cum se poate observa, aceasta este $USUM = 0,35 \text{ mm}$, valoare destul de importantă în condițiile în care funcționarea unei pompe asamblările sunt de obicei de ordinul sutimilor de milimetru. În modul, valoarea este relativ importantă, de ordinul zecimilor de milimetru, necesitând astfel o analiză amănunțită a valorilor deplasărilor în zonele de interes și anume în zona îmbinărilor prin flanșe și în zona asamblării prin șuruburi cu capacele pompei în care se vor monta rulmenții. Cunoașterea rolului funcțional al pompei este astfel foarte importantă, de aceasta depinzând interpretarea valorilor calculate.

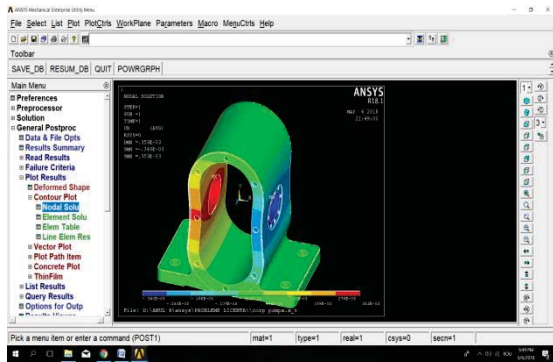


Fig. 7a. Deformația pe axa X (UX=0,35mm)

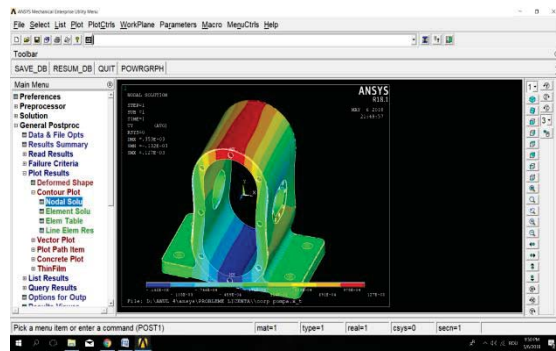


Fig. 7b. Deformația pe axa Y (UY=0,12mm)

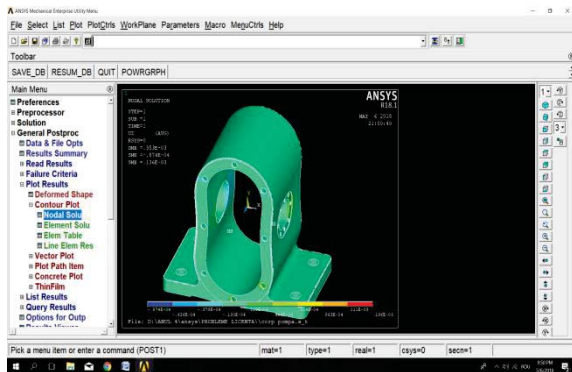


Fig. 7c. Deformația pe axa Z (UZ=0,13mm)

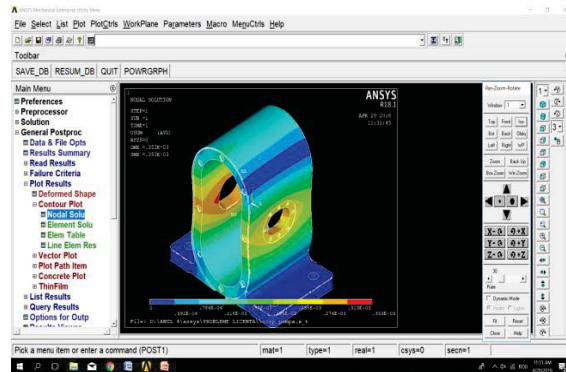


Fig. 8. Suma deformațiilor pe cele 3 axe X,Y,Z (USUM=0,35mm)

4.1. Analiza termică

Pentru produsul de tip „Pompă cu roți dințate” problemele importante privesc analiza variației de temperatură în zonele unde se montează lagărele de rostogolire (rulmenții). Zona de maxim interes este cea în care datorită asamblării cu strângere dintre carcasă și rulment și datorită temperaturii ce apare în timpul funcționării se dezvoltă o temperatură importantă ce trebuie analizată cu atenție.

Astfel datele de intrare în problemă sunt:

- ✚ Temperatura exercitată de inelul exterior al rulmentului asupra carcasei studiate;
- ✚ Temperatura mediului ambiant

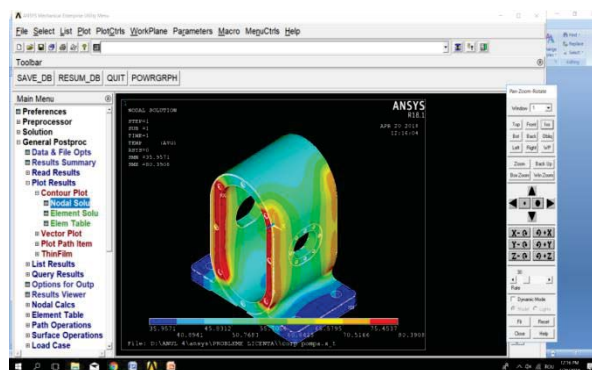


Fig. 9. Variația temperaturii în zona rulmenților

Datorită temperaturilor înalte pe o perioadă de timp îndelungată, cuplul șurub – piuliță se poate suda și de aceea principalul nostru obiectiv este să evităm acest lucru prin faptul că după 5-10 ore de funcționare, instalația se oprește și se verifică. Temperatura în zona rulmenților va fi de maxim 50° C peste temperatura ambientală și nu va depăși 80° C, iar ansamblul se controlează cel puțin săptămânal.

4.2. Analiza modurilor de vibrație

Pentru produsul „Pompă cu roți dinate” problemele vibratorii privesc determinarea frecvențelor și a nodurilor proprii de vibrație ce se poate realiza prin intermediul analizei modale. Frecvențele naturale și modurile de vibrație sunt parametri foarte importanți pentru faza de proiectare deoarece furnizează informații despre comportarea în regim dinamic a structurilor analizate.

Analiza modală în cadrul programului ANSYS este o analiză ce privește modurile de vibrație libere a unei structuri, nesupusă nici unei constrângeri.

Soluția modală se obține în urma unei analize modale care constă în parcurgerea următoarelor etape:

1. Construcția modelului;
2. Aplicarea încărcărilor și obținerea soluției prin analiza structurală;
3. Expandarea modurilor;
4. Vizualizarea rezultatelor.

Ca urmare a realizării analizei modale, programul oferă o serie de frecvențe de vibrații, dintre care se vor selecta primele dintre acestea. Această selecție este absolut necesară întrucât nu toate modurile de vibrație se pot realiza și în mod real, programul calculând din punct de vedere matematic multe moduri de vibrație.

În mod practic, prin cunoașterea modurilor de vibrație libere se poate încerca evitarea funcționării sistemului în zonele de frecvență calculate astfel încât să se evite producerea fenomenului de rezonanță ce poate conduce în mod foarte sigur la creșterea amplitudinilor de vibrație până la distrugerea sistemului. În figura 15 se prezintă modul de vibrație la frecvența $f = 477$ Hz, mod de vibrație foarte simplu. În figura 16 se prezintă modul de vibrație la frecvența $f = 743$ Hz mod de vibrație foarte posibil datorită simplității acestuia. În figura 17 se prezintă cel de al treilea mod de vibrație, la frecvența $f = 1243$ Hz, frecvență destul de ridicată și mai puțin posibil a se realiza. Un mod de vibrație mai puțin posibil este cel ce se produce la frecvența $f = 4104$ Hz puțin probabil a se produce aceasta rezultând și din observarea modificărilor dimensionale ale carcasei.

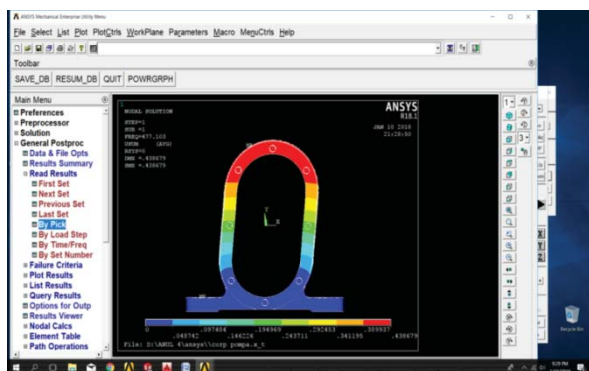


Fig. 10. Modul de vibrare pe axa X la 477.10 Hz al reperului „Corp Pompă”

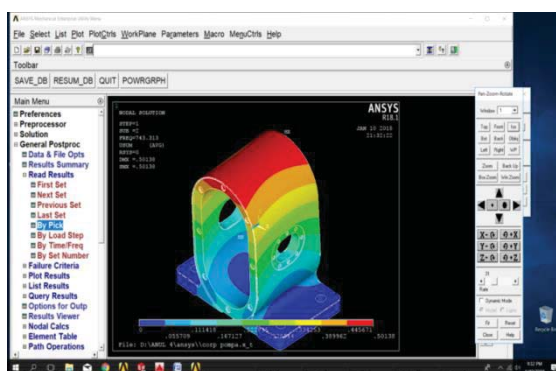


Fig. 11. Modul de vibrare pe axa Z la 743.31 Hz al reperului „Corp Pompă”

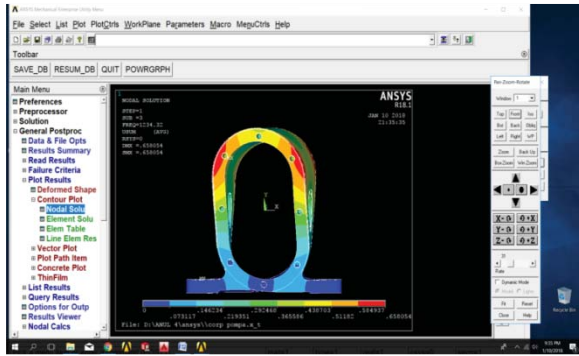


Fig. 12. Modul de vibrare pe axa X la 1234.3 Hz al reperului „Corp Pompă”

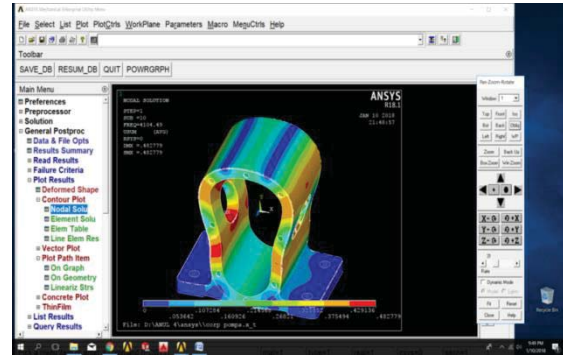


Fig. 13. Modul de vibrare pe axa X la 4104.5 Hz al reperului „Corp Pompă”

5. Concluzii

În cadrul acestei lucrări s-au prezentat rezultatele analizei structurale, analiza variației temperaturii, analiza modală a unui reper care echează pompele cu roți dințate, cu scopul determinării stării de tensiuni și a deplasărilor în zonele unde se montează lagărele de rostogolire (rulmenții), variației de temperatură în zonele unde se montează lagărele de rostogolire (rulmenții), determinării frecvențelor și modurilor proprii de vibrație. Toate aceste analize acoperă aproape toate problemele ce apar în funcționarea unui produs de tipul „Pompă de apă”. Prin analizarea tuturor acestor probleme se poate realiza o optimizare a formei geometrice a produsului și mai apoi se pot prescrie condițiile optime de funcționare pentru obținerea unei durate de viață cât mai mare a produsului.

6. Bibliografie

- [1] Nitoi Dan Florin, Introducere in modelare si simulare, Editura Bren, 2018
- [2] Nitoi Dan Florin, Amza Gheorghe, Modelarea si simularea in stiintele tehnice si stomatologice, Editura Agir, 2012
- [3] Amza Gheorghe, Radu Constantin, Nitoi Dan, Tehnologia materialelor si produselor, Editura Printech, 2014
- [4]. Internet: <http://www.rasfoiesc.com/inginerie/tehnica-mecanica/METODE-DE-ELEMENT-FINIT-PENTRU26.php>