

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2025

Cifra proiectului 25.80012.5007.32TC

Denumirea Proiectului, Optimizarea eficienței energetice a pompelor centrifuge utilizând metode CFD și algoritmi bazați pe Inteligență Artificială

Rezumat în limba română pentru anul 2025

În cadrul primei etape a proiectului 25.80012.5007.32TC "Optimizarea eficienței energetice a pompelor centrifuge utilizând metode CFD și algoritmi bazați pe Inteligență Artificială" au fost obținute un șir de rezultate care reflectă o abordare complexă asupra ciclului de cercetare-dezvoltare. Rezultatele propriu-zise, obținute în urma aplicării metodologiei de cercetare-dezvoltare, se împart în patru domenii:

a) *Optimizarea modelelor geometrice prin aplicarea simulărilor CFD și algoritmilor de optimizare.* Prin aplicarea simulărilor CFD cuplate cu algoritmi de optimizare a fost obținută o geometrie optimizată pentru rotorul pompei CH 6.3/20-1.1-2. Această etapă s-a derulat printr-un pipeline automatizat, care a reunit parametrizarea geometrică, eșantionarea statistică de tip Latin Hypercube (LHC) și analiza prin Metodologia Suprafețelor de Răspuns (RSM), cu aplicarea ulterioară a unui algoritm evolutiv (EA) a condus la identificarea unei soluții constructive și anume a unui rotor cu 8 pale cu curbura dublă.

b) *Evaluarea integrității structurale prin aplicarea simulărilor FSI. Stabilirea prealabilă a limitelor materiale de aplicabilitate a polimerilor utilizate în fabricare aditivă.* Complexitatea geometriei rotorului a impus utilizarea fabricației aditive. Aplicarea tehnologiilor aditive a impus verificarea integrității structurale prin simulări CFD-FSI (One-way). Analiza a localizat tensiunile critice la marginea posterioară a paletei și a prezentat limitele materialului PA-12: în timp ce modelele mici și medii (CH 6.3/20 și CH 100/32) operează în siguranță (max. 24,45 MPa), pompa de mare putere (CH 100/125) depășește limita de rupere (51,7 MPa). Această constatare impune integrarea obligatorie a simulărilor FSI în ciclul de optimizare pentru validarea prototipurilor.

c) *Aplicarea tehnologiei de fabricație aditive pentru fabricarea unui prototip de rotor și analiza metrologică prin scanare 3D și pregătirea rotorului pentru testare.*

Prototipul realizat prin tehnologia SLS din PA-12 a demonstrat o acuratețe geometrică superioară, cu abateri de doar 0,1–0,3 mm evidențiate prin scanare 3D. După prelucrarea mecanică a suprafețelor de contact, testele pe stand au validat această metodă ca fiind o soluție rapidă pentru dezvoltarea și testarea rotoarelor, înlocuind cu succes turnarea sau frezarea în faza de cercetare.

e) *Testarea a pompei centrifuge cu rotor nou. Analiza rezultatelor.*

Validarea experimentală conform ISO 9906:2015, pe pompa CH 6,3/20-1,1-2, a confirmat un randament de 29,6% la debit nominal, demonstrând superioritatea optimizării CFD-AI față de modelele empirice. Totodată, s-a validat tehnologia SLM cu PA-12 ca soluție precisă pentru obținere a prototipurilor funcționali, confirmând limitele structurale stabilite prin analiza FSI.

În concluzie, etapa 2025 a demonstrat că optimizarea prin aplicare algoritmi AI, asistată de analiza multifizică și prototiparea rapidă, reprezintă vectorul esențial pentru modernizarea a turbomașinilor. Datele obținute urmează a fi publicate în 2 articole: într-un jurnal internațional cotelat Q2 și într-un jurnal din registrul național (cat. B+). Din perspectivă economică, metodologia ce se dezvoltă oferă industriei de producere pompe din Republica Moldova un instrument esențial pentru reducerea costurilor de R&D și creșterea competitivității produselor autohtone.

During the first stage of project 25.80012.5007.32TC "Optimizing the energy efficiency of centrifugal pumps using CFD methods and algorithms based on Artificial Intelligence," a series of results were obtained that reflect a complex approach to the research and development cycle. The actual results, obtained following the application of the research and development methodology, are divided into four areas:

a) Optimization of geometric models by applying CFD simulations and optimization algorithms. By applying CFD simulations coupled with optimization algorithms, the optimized geometry for the CH 6.3/20-1.1-2 pump impeller was obtained. This stage was carried out through an automated pipeline, which combined geometric parameterization, Latin Hypercube (LHC) statistical sampling, and Response Surface Methodology (RSM) analysis, with the subsequent application of an evolutionary algorithm (EA) leading to the identification of a constructive solution, namely an 8-blade impeller with double curvature.

b) Assessment of structural integrity through the application of FSI simulations. Prior establishment of the material limits of applicability of the polymers used in additive manufacturing. The complexity of the impeller geometry required the use of additive manufacturing. The application of additive technologies required verification of structural integrity through CFD-FSI (One-way) simulations. The analysis located critical stresses at the rear edge of the blade and revealed the limits of the PA-12 material: while small and medium models (CH 6.3/20 and CH 100/32) operate safely (max. 24.45 MPa), the high-power pump (CH 100/125) exceeds the breaking limit (51.7 MPa). This finding requires the mandatory integration of FSI simulations into the optimization cycle for prototype validation.

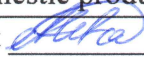
c) Application of additive manufacturing technology for the manufacture of a impeller prototype and metrological analysis by 3D scanning and preparation of the impeller for testing.

The prototype made using SLS technology from PA-12 demonstrated superior geometric accuracy, with deviations of only 0.1–0.3 mm highlighted by 3D scanning. After mechanical processing of the contact surfaces, bench tests validated this method as a rapid solution for the development and testing of impellers, successfully replacing casting or milling in the research phase.

e) Testing of the centrifugal pump with a new impeller. Analysis of results.

Experimental validation according to ISO 9906:2015 on the CH 6.3/20-1.1-2 pump confirmed an efficiency of 29.6% at nominal flow, demonstrating the superiority of CFD-AI optimization over empirical models. At the same time, SLM technology with PA-12 was validated as an accurate solution for obtaining functional prototypes, confirming the structural limits established by FSI analysis.

In conclusion, stage 2025 demonstrated that optimization through the application of AI algorithms, assisted by multiphysics analysis and rapid prototyping, is the essential vector for the modernization of turbomachinery. The data obtained will be published in two articles: in a Q2-rated international journal and in a journal from the national register (cat. B+). From an economic perspective, the methodology developed provides the pump manufacturing industry in the Republic of Moldova with an essential tool for reducing R&D costs and increasing the competitiveness of domestic products.

Conducătorul de proiect  / Dr. Andrei Petco

Data:

LS