

Caz științific

Problemele din ce în ce mai acute generate de schimbările climatice accelerate din ultimele decenii determină, pe lângă eforturile concentrate de reducere a emisiilor poluante și decarbonizare a economiei europene și mondiale, o revitalizare a interesului pentru spațiu și aplicațiile spațiale. Această tendință este justificată pe mai multe niveluri. Pe termen scurt, explorarea spațiului aduce nu doar beneficii științifice, legate de posibilitatea desfășurării de experimente în condiții de microgravitație și vid, ci începe să devină relevantă și pentru comunicații, supraveghere meteo și industrie, anumite procese tehnologice (precum turnarea sau sinteza unor compuși chimici industriali) beneficiind semnificativ de condițiile de mediu descrise anterior. Dezvoltarea infrastructurii spațiale și a mijloacelor de acces orbital duce către o diminuare continuă a costurilor, facilitând, din ce în ce mai mult, transferul industriilor grele, puternic poluante, către spațiu.

Pe termen mediu, producția de energie curată în spațiul circumterestru constituie o alternativă promițătoare. Principala direcție de decarbonizare a economiei mondiale este reprezentată, în prezent, de conversia instalațiilor, echipamentelor și mijloacelor de transport de la funcționarea întreținută energetic de combustie, la alimentarea cu energie electrică. Succesul acestei abordări depinde în mod vital de posibilitatea de a produce energie electrică din surse libere de emisii de carbon, ideal sustenabile și regenerabile. Astfel, termocentralele pe bază de hidrocarburi fiind excluse, rămân ca surse practice de putere electrică termocentralele pe bază de combustibili alternativi (precum hidrogenul), hidrocentralele, centralele nucleare bazate pe fuziune, cele solare și cele eoliene.

Generarea de energie electrică prin arderea combustibililor cu zero emisii (nete sau totale) de carbon zero constituie o direcție de cercetare intens exploatată în prezent, inclusiv de către INCD Turbomotoare COMOTI, însă există încă probleme majore legate de costul și disponibilitatea acestor combustibili.

Potențialul energetic al hidrocentralelor este limitat, și, în plus, barajele necesare pentru funcționarea lor ridică, la rândul lor, serioase probleme de mediu, legate de perturbarea ecosistemelor din aval.

Centralele eoliene au și ele un potențial de producție limitat, creând suplimentar și problema spațiului pe care îl ocupă, iar centralele nucleare bazate pe fuziune au un inconvenient major legat de deșeurile radioactive pe care le produc, și de stocarea acestora, pe lângă riscul de contaminare radioactivă în cazul unui accident.

Centralele electrice solare sunt, în principiu, o alternativă atrăgătoare de generare a energiei electrice dintr-o sursă nepoluantă și, practic, inepuizabilă, însă randamentul lor este puternic afectat în sens negativ de absorbția atmosferică a energiei razelor solare. Plasarea centralelor solare pe orbită ar reprezenta un câștig major în ceea ce privește randamentul, rezolvând simultan și problema ciclului diurn, a condițiilor atmosferice nefavorabile, sau a spațiului ocupat de celulele fotovoltaice. Centralele nucleare orbitale reprezintă și ele o posibilitate care merită explorată, principalele avantaje fiind legate de

eliminarea consecințelor majore ale unor eventuale accidente, și de posibilitatea de a elimina deșeurile către spațiu. Problemele nerezolvate sunt legate de transferul energiei electrice de pe orbită la sol, și de costurile deocamdată prohibitive legate de întreținere. Pe termen lung, dezvoltarea unei civilizații spațiale reprezintă singura soluție de rezolvare sustenabilă a problemelor legate de poluare, de suprapopulare, și de terminarea resurselor terestre.

În prezent, industria spațială poate fi privită ca fiind „în adolescență”, în sensul în care face primii pași dincolo de supravegherea și îndrumarea statelor puternice, devenind interesantă pentru mediul privat, unde începe să aducă profit întreprinzătorilor cu viziune. În acest stadiu incipient, în care încă se definesc rolurile și pozițiile entităților comerciale și statale pe această piață care este de așteptat să fie dominantă pentru următoarele secole, plasarea României ca actor semnificativ în domeniul spațial ar reprezenta o investiție inteligentă și potențial deosebit de productivă în viitor, în special în condițiile în care, ca membru al Agenției Spațiale Europene (ESA) și al Uniunii Europene, cheltuielile foarte mari legate de domeniul spațial pot fi împărțite cu partenerii. O nouă revoluție industrială stă să înceapă, și șansa României de a fi parte a primului ei val se decide în acești ani.

În aceste condiții, implicarea țării noastre în cercetarea din domeniul spațial devine esențială, primii pași fiind deja făcuți, prin participarea mai multor entități de cercetare din România în programele ESA și ale Agenției Spațiale Române (ROSA).

Începând cu anul 2011, România a devenit cel de-al 19-lea stat membru al ESA, ceea ce a permis accesul organizațiilor din România, în aceeași măsură cu cele din țările membre ESA, la toate programele derulate de aceasta. Accederea României la ESA este o oportunitate excelentă pentru dezvoltarea activităților de cercetare – dezvoltare la nivelul țării și totodată de a asimila o parte din contribuția României la bugetul ESA prin câștigarea de proiecte dedicate dezvoltării sistemelor spațiale.

COMOTI este un exemplu de succes în ceea ce privește implicarea în industria aerospațială românească și europeană, în zona de interes specifică institutului, cea a sistemelor de propulsie și lansatoarelor, implementând sau având în implementare importante proiecte de cercetare în domeniile spațial (naționale și internaționale) și aeronautic, gradul de maturitate (TRL – Technology Readiness Level) al componentelor și sistemelor dezvoltate fiind tot mai ridicat.

Dintre acestea, menționăm aici ca fiind relevante pentru cercetările care urmează a fi desfășurate cu sprijinul infrastructurii de cercetare propuse, următoarele:

Proiecte finanțate de ROSA:

- MILADEE, Micro-lansator bazat pe motorul cu detonație. Contract nr. 124/2017. Derulat între 01.04.2017 - 31.12.2019.
- DevPump, proiectul a avut ca rezultat un plan strategic privind dezvoltarea unei turbopompe care să echipeze un motor rachetă propulsat cu combustibil lichid (proiect implementat);
- ADCOSSPA, având ca scop dezvoltarea și realizarea unei structuri inovative din materiale metalice și compozite care să găzduiască partea electronică a unui microsatelit (proiect implementat);

- ADCOTMAT, în urma căruia au fost realizate structuri ultraușoare din materiale compozite îmbunătățite cu acoperiri speciale, destinate structurilor pentru sateliți de mici dimensiuni (nanosateliți de tip cubesats) (proiect implementat);
- ITAR, are ca scop dezvoltarea, realizarea și testarea unui reflector metalic de antenă cu masă redusă și acuratețe geometrică ridicată, având aplicații în cadrul unor misiuni spațiale cu ecart mare de temperatură (proiect în curs de implementare);
- RWSAC, proiect în curs de implementare, COMOTI este partener în acest proiect coordonat de ICPE, și are ca rol dezvoltarea părții mecanice a unei roți de reacție care să fie integrată în motorul electric dezvoltat de ICPE (proiect în curs de implementare);
- 3dRotor, proiect în curs de implementare, se adresează evaluării unor tehnologii inovative precum printarea 3D a pulberilor metalice, și aplicarea acestora în cadrul dezvoltării unor componente ale turbopompelor pentru motoare rachetă cu combustibil lichid (proiect în curs de implementare);
- ELySSA, proiect în curs de implementare, urmărește dezvoltarea și demonstrarea capabilității procesului de electroliză a apei de a fi implementat în cadrul propulsiei spațiale (proiect în curs de implementare);
- TRANSCUMAT, proiect în curs de implementare, urmărește dezvoltarea unui material nou, compozit cu matrice metalica din aliaj ușor ranforsat cu particule ceramice;

Selecție de proiecte finanțate de ESA,, implementate sau în curs de implementare:

- PDT, Sistem de propulsie cu detonație pulsatorie (PDT). Contract no. 1000027451-8000015065-3, derulat în colaborare cu Institutul de Dinamica Fluidelor von Karman, din Belgia și cu Universitatea Politehnică din Madrid. În derulare începând cu 01.06.2020.
- CRONUS, Program FLPP, având ca beneficiar MT Aerospace din Germania. INCD Turbomotoare COMOTI a proiectat și realizat dispozitivele de prelucrare și asamblare a părților componente ale unui nou tip de rezervor criogenic ce va echipa viitorul lansator Ariane 6 (proiect implementat);
- Modernizarea bancului de testare pentru treapta superioară a lansatoarelor Ariane 5ME / Ariane 6, Contractor principal DLR (Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt) din Germania. În calitate de partener în consorțiu, INCDT COMOTI a realizat studiile preliminare pentru proiectarea și realizarea unui sistem de ejecție pentru oxigen și hidrogen folosit pentru a simula altitudinea, în cadrul dezvoltării unui nou stand de încercare a motoarelor rachetă VINCI (proiect implementat).
- JUICE WRTF - JUICE Wide Range Thermal Test Facility, JUICE - JUPiterICy moons Explorer Program, având contractor principal Airbus Defence and Space Toulouse, Franța. INCD Turbomotoare - COMOTI a realizat 2 incinte din oțel inox (“corturi termice”) pentru testarea și calificarea în mediu relevant a componentelor și subsistemelor ce vor echipa nava spațială JUICE (proiect implementat).

- SEALPHO (Sealing System for Phobos Sample Return Mission) din cadrul programului MREP 2 (Mars Robotic Exploration Preparation 2). Contractorul principal este Agenția Spațială Europeană, prin institutul său de cercetări ESTEC. Scopul proiectului este de a dezvolta și realiza un sistem de înmagazinare al unei probe de regolith de pe suprafața lui Phobos (unul din sateliții naturali ai lui Marte) și de a o returna în siguranță pe Pământ.
- MGSE for PROBA 3. Contractor principal Airbus Defence and Space Spania. INCD Turbomotoare - COMOTI este responsabil cu proiectarea și realizarea echipamentelor de testare și asamblare la sol ale celor doi sateliți dezvoltați în cadrul misiunii (proiect în curs de implementare).
- GREENTH. Contractorul principal este Agenția Spațială Europeană, prin institutul său de cercetări ESTEC. Scopul este de a dezvolta și realiza un micropropulsor (thruster) ecologic pentru controlul atitudinii și pentru manevre orbitale ale sateliților de mici dimensiuni, folosind electroliza apei.
- VEGA E test bench. Contractor principal este Avio SpA Italia. INCD Turbomotoare COMOTI are ca scop dezvoltarea și realizarea unui banc de testare a turbopompelor prin similitudine pentru motoarele rachetă cu combustibil lichid ale treptei superioare ce va echipa viitoarea generație de lansatoare VEGA (VEGA E) (proiect în curs de implementare).
- SCOUT, program FLPP, având contractor principal MT Aerospace Germania. INCD Turbomotoare-COMOTI, are ca sarcină dezvoltarea (proiectare, realizare, testare) unor dispozitive speciale (difuzor și anti-vortex) ce vor echipa un rezervor cu perete comun pentru metan și oxigen lichid al unui vehicul de lansare (proiect în curs de implementare).
- ASPIICS Instrument Containers, în cadrul misiunii PROBA 3, având contractor principal Centrul Spațial de pe lângă Universitatea din Liege. INCD Turbomotoare COMOTI are în curs de dezvoltare două containere speciale pentru două modele (demonstrator și model pentru calificare) ale unui instrument optic sensibil (proiect în curs de implementare).

În ceea ce privește domeniul Securitate, evoluțiile geopolitice din ultimii ani fac ca Apărarea Națională să revină, din ce în ce mai mult, în atenția atât a factorilor de decizie guvernamentali, cât și a opiniei publice. Creșterea nivelului amenințărilor din partea Federației Ruse, focarele de conflict rămase în vecinătatea României și apariția unor noi (Crimeea, Ucraina de Est, Transnistria, Armenia – Azerbaidjan, ș.a.), precum și creșterea generală a cheltuielilor de înarmare atât la nivel mondial fac din domeniul militar o zonă care redevine de interes major și pentru cercetare. La nivelul NATO, există deja programul Science for Peace and Security, prin care se finanțează cercetări în domeniul apărării în statele membre și parteneri, iar planuri de creștere a nivelului investițiilor în domeniul cercetărilor militare există și la nivelul Uniunii Europene, atât prin intermediul European Defence Agency, cât și prin mai noul European Defence Fund, creat în 2017. În plus, angajamentul României de a cheltui 2% din Buget pentru Armată disponibilizează niște sume din care este de dorit ca cel puțin o parte să poată fi cheltuită

cu folos în interiorul țării, iar prezenta propunere urmărește crearea unei infrastructuri capabile să deruleze programe de cercetare de înalt nivel tehnico – științific, capabilă să absoarbă astfel de fonduri și să producă rezultate, așa cum o arată experiența INCD Turbomotoare COMOTI, prezentată în continuare.

INCD Turbomotoare COMOTI are o istorie bogată de colaborare cu Armata României, în special cu Forțele Aeriene, dar și cu Forțele Navale și Terestre. În perioada dinaintea de 1990, ca parte Institutului Național pentru Creație Științifică și Tehnică (INCREST), COMOTI a participat la programe de cercetare – dezvoltare legate de domeniul Securitate.

Activitățile de cercetare – dezvoltare pentru aviația română s-au concretizat prin realizarea prototipurilor și a produselor sau componentelor de serie pentru echipamente de extremă importanță în materie de armament, precum: vizorul telemeto-optic pentru elicopterele IAR 330 Puma, scaunul de catapultare $V=0$, $h = 0$ pentru avioanele IAR 93 și IAR 99 (peste 100 de seturi), lacătele de acroșare a sarcinilor utile (bombe, rachete, blocuri lansatoare proiectile reactive) de 100 kg (peste 1000 buc), 150 kg (peste 100 buc), 250 kg (peste 100 buc), 500 kg (peste 600 buc) pentru IAR 93, IAR 99, IAR 330, MIG 21 Lancer.

Activitățile desfășurate în INCREST / COMOTI au permis realizarea machetelor avioanelor militare pentru încercări în sufleriile trisonică (3 Mach) și subsonică. O altă serie de activități s-au materializat prin realizarea prototipurilor servomecanismelor hidraulice SH 04 și SH 05 pentru avionul IAR 93, iar ulterior prin transferul tehnologiei de fabricație către AEROTEH S.A., precum și realizarea prototipului, seriei 0 și a produselor de serie SMHR 2 D, servomecanismul de comandă a eleroanelor avionului IAR 99.

Colaborarea a intrat într-o etapă mai puțin activă după 1990, din cauza problemelor generale ale economiei românești în tranziție, probleme care au afectat atât activitatea COMOTI, cât și bugetul Armatei, însă a fost reluată spectaculos în 2017 prin programul "Dezvoltarea și implementarea de soluții moderne aferente sistemelor de propulsie de turbine cu gaze și a sistemelor conexe acestora" (TURBONAV), program în valoare de 19 milioane de lei, finanțat de către UEFISCDI sub contractul 4SOL/2017, și prin care s-a realizat remotorizarea fregatelor Regele Ferdinand și Regina Maria, aparținând Forțelor Navale Române. Succesul proiectului, finalizat în 2020, a atras după sine intrarea în negocieri pentru noi contracte, unul având ca beneficiar Forțele Navale Române, privind remotorizarea navelor putătoare de rachete ale Forțelor Navale Române, și altul cu Forțele Aeriene Române, având ca obiectiv realizarea unui micromotor pentru avioane țintă.

Pe lângă aceste succese, COMOTI a mai desfășurat cercetări în diverse programe europene și naționale având obiective care se pretează pentru aplicații militare, și a căror continuare și dezvoltare viitoare în acest sens ar putea beneficia în mod semnificativ de noua infrastructură de cercetare propusă. Dintre acestea, menționăm:

- Motor cu detonație cu impuls tangențial. Contract nr. 335091 / 2013. Finanțat de Comisia Europeană prin programul FP 7. Derulat între: 01.08.2013 - 30.04.2016.

- Cameră de ardere cu detonație pulsatorie. Contract nr. 454PED/2020. Finanțat de UEFISCDI. În derulare începând cu 23.10.2020.

INCD Turbomotoare COMOTI, conform strategiei interne, are patru domenii principale de activitate (http://www.comoti.ro/ro/directii_principale_de_cercetare.htm), iar principalul este domeniul aerospațial. Acest aspect este justificat prin numeroasele proiecte din cadrul acestui domeniu implementate cu succes de către COMOTI sau aflate în curs de implementare. Domeniile aeronautic și spațial sunt doua domenii complementare ce au avut o dezvoltare exponențială în ultima perioadă la nivel mondial și implicit la nivel național.

Ținând cont de specificul înstituitului, recunoscut la nivel internațional, activitatea sa de cercetare – dezvoltare și inovare vizează dezvoltarea și calificarea de componente, sisteme și echipamente noi pentru industria aeronautică și spațială. De cele ai multe ori proiectele implementate nu se opresc doar la studii, cercetări și analize la nivel teoretic (proiectare asistată, analize FEM – structurale, de vibrații și termice, analize CFD) ci sunt continuate cu producție, asamblare și testare, investiția propusă se încadrează cu succes în strategia înstituitului pentru perioada 2019-2025. Pentru a fi capabili să acoperim un ciclu complet de dezvoltare a unui produs destinat acestui domeniu de vârf, dezvoltarea unei infrastructuri de realizare teste specifice este imperios necesară.

Infrastructura de cercetare propusă aici conține șase componente integrate într-un Centru unic de testare și experimentare:

1. Stand experimental pentru studiul detonației și motoarelor rachetă (SDMR), destinat studiului curgerilor și combustiei trans- și supersonice;
2. Tunel aerodinamic destinat studiului curgerilor (TASC) în rețelele de palete ale turbomotoarelor și peste corpuri profilate;
3. Facilitate de asamblare, integrare și testare echipamente pentru spațiu (FAIT); destinată asamblării într-un mediu controlat a echipamentelor dezvoltate de către COMOTI și efectuării de încercări mecanice și teste funcționale în condiții specifice unei misiuni spațiale (simulare vibrații lansare, funcționarea la temperaturi extreme și în vid înaintat).
4. Stand de testare a componentelor sistemelor de propulsie criogenice și auxiliare pentru spațiu (SSPC), destinat studiilor experimentale și efectuării de teste în condiții de similitudine sau în condiții de funcționare similare celor din spațiu.
5. Stand de testare pentru sisteme de propulsie electrică (SSPE) de putere medie și mare, destinat testării în vid, inclusiv de anduranță, a sistemelor de propulsie electrică în vederea realizării unor campanii extinse de validare a performanțelor și calificare la sol, înainte de zborul efectiv în spațiul cosmic.
6. Sistem de asigurare a parametrilor de funcționare a standurilor (SCPF), menită să deservească toate cele 5 standuri anterior menționate, asigurând necesarul de putere electrică, aer comprimat și gaze de lucru, telecomunicații, apă, canal și colectare ecologică a deșeurilor tehnice.

1 Standul experimental pentru studiul detonației și motoarelor rachetă (SDMR)

În prezent, este operațional un stand de detonație, utilizat în mai sus menționatele proiecte PDT și PDC. Standul cuprinde următoarele subsisteme:

- Sistem de alimentare cu aer. Acesta cuprinde un compresor cu piston de 12 bari, un sistem de rezervoare de aer de 1500 l la 11 bari, un încălzitor electric capabil să ridice temperatura unui debit de aer de 0,3 kg/s până la 500 °C, vane de reglare a presiunii și de direcționare a curgerii comandate electric de la distanță, robinete manuale de închidere și de direcționare a curgerii, supape uni-sens și de siguranță, instrumentare de control (se măsoară presiunea, temperatura și debitul prin sistem), precum și un sistem de țevi de legătură cu diametrul nominal de 50 mm. O diagramă sistemului este prezentată în Figura 1.

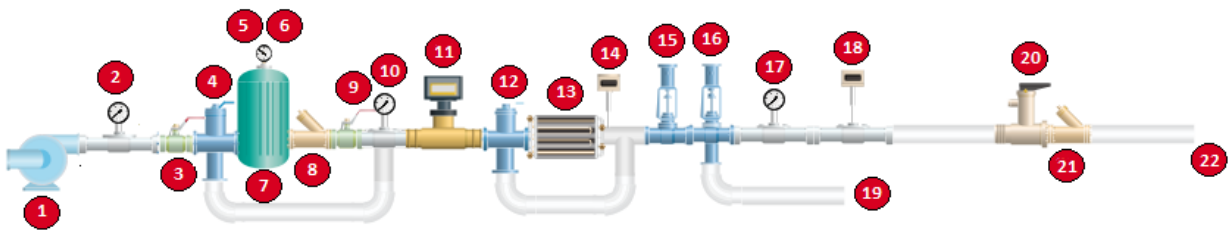


Figura 1. Linia de aer a standului de detonație

- Sistem de alimentare cu hidrogen. Acesta cuprinde un spațiu conform de stocare a buteliilor de hidrogen în condiții de siguranță, butelii de hidrogen înlocuibile, vane de deschidere comandate electric de la distanță, robinete de reglaj, regulator de presiune înaltă, supapă uni-sens și opritor de flacără, instrumentare de control (se măsoară presiunea, temperatura și debitul prin sistem), precum și un sistem de țevi de legătură cu diametrul interior de 6 mm. Toate elementele acționate electric sunt protejate anti-explozie. Sistemul a fost testat și funcționează până la o presiune de 20 bari. O diagramă sistemului este prezentată în Figura 2.

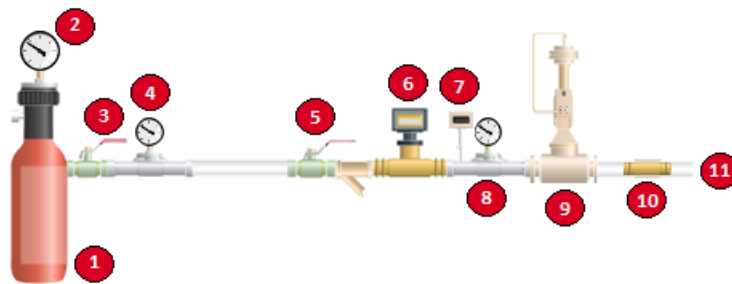


Figura 2. Linia de hidrogen a standului de detonație

- Sistem de alimentare cu oxigen. Acesta este similar cu sistemul de alimentare cu hidrogen, componentele fiind însă adaptate și calibrate pentru oxigen. Sistemul a fost testat și funcționează până la o presiune de 10 bari.
- Sistem de comandă și control. Acesta include un pupitru central de comandă și control în care se achiziționează toate datele provenind atât de la instrumentația de

control a standului, cât și de la instrumentația specifică experimentului în curs, și din care pornesc toate comenzile către elementele de control ale standului. Pentru siguranță în exploatare, pupitrul central se află într-o cameră separată de cea în care se desfășoară experimentele, izolată de aceasta prin pereți de beton de 50 cm. Sistemul este capabil să achiziționeze date de presiune, temperatură, debit, și forță. Sistemul mai include un calculator de stand, care primește și stochează datele transmise din pupitrul central, precum și imagini video provenite de la sub-sistemul CCTV al sistemului de siguranță, și de la sub-sistemul de vizualizare Schlieren al sistemului de instrumentare experimentală, care sunt descrise mai jos, și un sistem de aprindere cu bujie, comandat din pupitrul central și care controlează aprinderea unei scânteii cu frecvență reglabilă între 10 și 350 Hz. Panoul pupitrului central este prezentat în Figura 3.



Figura 3. Panoul pupitrului de comandă al standului de detonație

- Sistemul de generare a vidului. Acesta constă într-o cameră de vid și un sistem de pompe (una, cealaltă), o supapă de evacuare și egalizare a presiunii, și un set de treceri etanșe pentru țevi și cabluri. Sistemul este capabil să permită experimente la presiuni de cel puțin 10^{-3} la începutul testului. Camera de vid este prevăzută cu patru ferestre etanșe de vizualizare și este prezentată în Figura 4.



Figura 4. Camera de vid a standului de detonație

- Sistemul de siguranță. Acesta include un sub-sistem CCTV care permite monitorizarea video în timp real atât a Camerei Experimentale, cât și a altor zone

critice ale standului, precum Camera de Comandă, Camera Echipamentelor, Camera Gazelor și sub-sistemul de evacuare (vezi Figura 5 pentru detalii). Tot din acest sistem face parte și sub-sistemul de detecție a scurgerilor de hidrogen, care constă în 5 detectoare de hidrogen conectate la un panou de alarmă acustică și vizuală plasat în Camera de Comandă. Cele 5 detectoare sunt amplasate câte unul în Camera Experimentală, Camera de Comandă, Camera Echipamentelor, Camera Electrică, și Magazie. Tot din acest sistem face parte și sub-sistemul de ventilație și evacuare a gazelor arse, care are rolul de a evacua gazele arse și eventualul hidrogen nears în atmosferă, la o înălțime de 7 m peste nivelul solului, și constă dintr-o hotă de colectare a gazelor, tubulatură de ghidare către evacuare din oțel inox, cu diametru de 500 mm, și un ventilator ANTIEX care aspiră gazele arse și le refulază în atmosferă.

- Sistemul de instrumentare a experimentelor constă dintr-un set de senzori de presiune și temperatură cu rată de achiziție de peste 1 kHz (traductori presiune Kulite și PCB, traductori de temperatură Muller), traductori de forță de la 0,1 N până la 100 kN, și un sub-sistem de vizualizare a curgerii prin metoda Schlieren bazat pe o cameră de luat vederi ultrarapidă marca Phantom. Sistemul este configurat și instalat în funcție de specificul fiecărui program experimental.

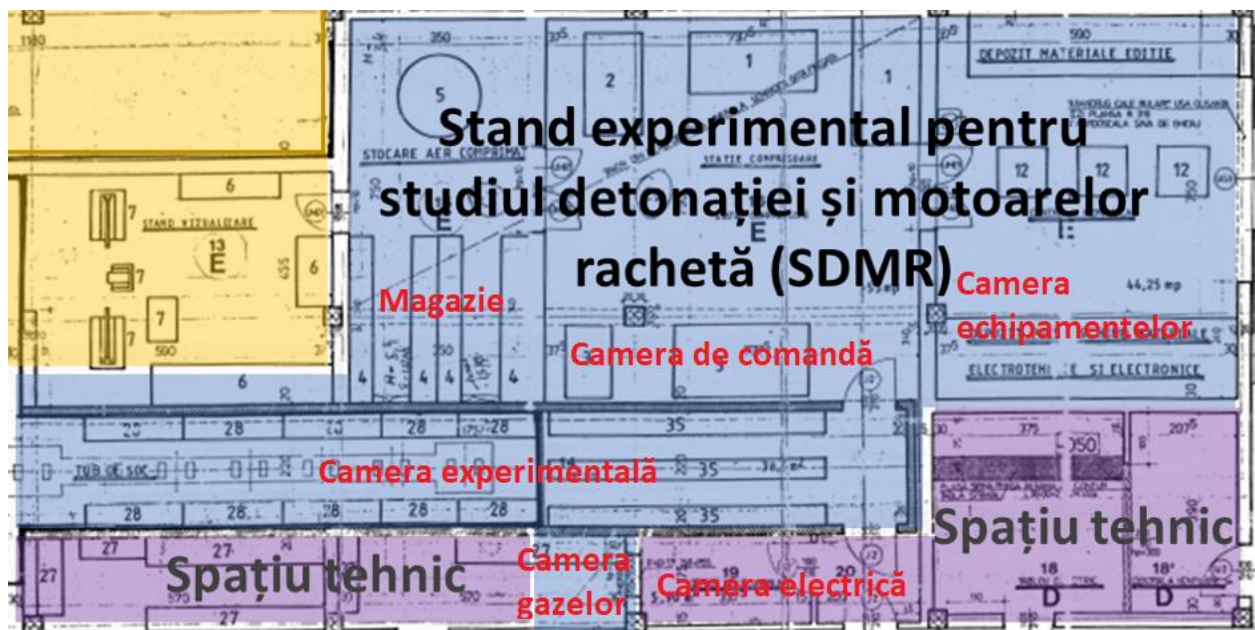


Figura 5. Schema standului de detonație

Se propune dezvoltarea SDMR prin:

- Conectarea la SCPF în vederea realizării unei capabilități de a asigura în zona experimentală în mod continuu un debit de cel puțin 1 kg/s, la o presiune de 10 bari.
- Creșterea capacității de stocare a aerului din Sistemul de alimentare cu aer prin adăugarea unui rezervor de 5000 l și modernizarea acestuia prin adăugarea unui

regulator de presiune comandat de la distanță, capabil să mențină o presiune constantă în zona experimentală pe timpul descărcării rezervoarelor.

- Dezvoltarea Sistemului de siguranță prin extinderea sub-sistemului de ventilație și evacuare a gazelor arse, astfel încât să se asigure faptul că gazele arse, sau hidrogenul nears, nu pătrund în camerele adiacente camerei experimentale, în prezent neutilizate și prin modernizarea sistemului de generare a vidului prin înlocuirea supapei de evacuare și egalizare a presiunii cu una comandată de la distanță, cu protecție ANTIEX. Lucrările vor trebui să includă și înlocuirea ușii de acces în Camera Experimentală cu una etanșă adaptată noului traseu al canalizației de evacuare.
- Dezvoltarea Sistemului de comandă și control astfel încât pupitrul central să înglobeze toate comenzile de la distanță ale standului (temperatura aerului, prin comanda încălzitorului electric, presiunea în Sistemele de alimentare cu oxigen și hidrogen prin comanda reguletoarelor de presiune, integrarea panoului de alarmă la Sistemului de siguranță, pornirea și oprirea ventilatorului sub-sistemului de evacuare, includerea unei comenzi rapide pentru oprirea generală a alimentării cu electricitate în clăire, etc.). O altă direcție de dezvoltare a acestui sistem constă în achiziționarea unui calculator de stand de ultimă generație, a unui laptop care să permită calibrarea sub-sistemului Schlieren din Camera experimentală, înainte de începerea experimentării, și a mai multor unități de stocare a datelor de viteză mare, tip SSD.
- Extinderea Sistemului de alimentare cu oxigen prin creșterea diametrului conductelor de la 6, la 10 mm, pentru creșterea debitului maxim posibil de oxigen, și dezvoltarea acestuia prin adăugarea unui regulator de presiune comandat de la distanță, capabil să mențină o presiune constantă în zona experimentală pe timpul descărcării buteliei de oxigen.
- Dezvoltarea Sistemului de alimentare cu hidrogen prin adăugarea unui regulator de presiune comandat de la distanță, capabil să mențină o presiune constantă în zona experimentală pe timpul descărcării buteliei de hidrogen, prin realizarea adaptărilor și modificărilor necesare pentru utilizarea altor tipuri de combustibil (silan, amoniac, etc.), și realizarea unei camere de pre-amestec pentru a permite amestecarea în siguranță a mai multor gaze combustibile înainte de livrarea lor în zona experimentală.
- Extinderea Sistemului de instrumentare prin achiziționarea de traductori suplimentari de presiune și temperatură, a unui senzor de forță cu rată mare de achiziție, de vopseluri preso- și termo-senzitive, și a unui sub-sistem LASER de spectroscopie RAMAN pentru măsurători neintruzive ale temperaturii în flăcări și unde de detonație.

2 Tunel aerodinamic destinat studiului curgerilor (TASC)

Tunelurile aerodinamice (Figura 6) sunt practic tuburi mari prin care se suflă aer pentru a reproduce acțiunile unui obiect care se află în mișcare. Cercetătorii folosesc tuneluri aerodinamice pentru a afla cât mai multe detalii despre comportamentul unui model

experimental aflat în funcționare. Pentru a asigura cantitatea de aer necesară unei campanii de testare sunt folosite ventilatoare puternice în timp ce obiectul testat este ținut în siguranță în interiorul tunelului, astfel încât să rămână staționar și să nu se miște. Aerul care se mișcă în jurul obiectului staționar arată ce s-ar întâmpla dacă obiectul s-ar mișca prin aer. Mișcarea aerului poate fi studiată în diferite moduri: cu fum sau vopsea care pot fi plasate în aer și pot fi văzute pe măsură ce se mișcă în jurul obiectului dar și cu ajutorul unor fire colorate, atașate de obiect, pentru a arăta cum se mișcă aerul în jurul său.

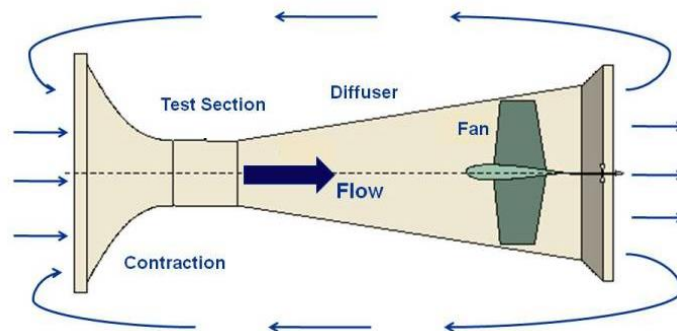


Figura 6. Tunel aerodinamic

Instrumentele speciale sunt adesea folosite pentru a măsura forța aerului exercitată asupra obiectului. Forțele aerodinamice pe modelul experimental sunt de obicei măsurate cu ajutorul unei balanțe care se conectează la model cu grinzi, corzi sau cabluri. Distribuțiile de presiune pot fi măsurate cu ajutorul prizelor de presiune montate de-a lungul traseului fluxului de aer și folosirea manometrelor cu mai multe tuburi pentru a măsura presiunea la fiecare orificiu.

Deoarece aerul este transparent, este dificil de observat direct mișcarea aerului în sine. În schimb, au fost dezvoltate mai multe metode de vizualizare a fluxului, atât cantitativ cât și calitativ pentru experimentările dintr-un tunel de vânt.

Metodele calitative au la bază utilizarea fumului; injecția de dioxid de carbon; utilizarea unor conuri de curgere care sunt aplicate pe modelul experimental și rămân atașate în timpul testării și care, realizate din material fluorescent și iluminate sub lumină neagră pot fi folosite pentru a determina tiparele fluxului de aer și separarea fluxului; a unui amestec de pulbere sau talc fin, talc sau lut amestecat într-un lichid cu o căldură latentă scăzută de evaporare astfel încât, când tunelul este pornit, lichidul se evaporă rapid, lăsând în urmă lutul într-un model caracteristic fluxului de aer; utilizarea de uleiuri sau vopsea tempera aplicată pe suprafața modelului capabilă să arate mod clar trecerea de la fluxul laminar la turbulent, precum și separarea fluxului, sau utilizarea a ceții (de obicei din particule de apă), create cu un nebulizator piezoelectric cu ultrasunete și transportate în interiorul tunelului aerodinamic.

Tunelul aerodinamic propus este destinat campaniilor de testare ale paletelor, rețelelor de palete și altor corpuri profilate, menite să susțină dezvoltarea și optimizarea turbomotoarelor și componentelor de turbomotoare destinate aplicațiilor militare, și nu numai. În general, atât aeronavele cât și sistemele de propulsie ale aeronavelor cu destinație militară au performanțe și caracteristici mult superioare celor civile, și de aceea

este de așteptat ca cercetările focalizate asupra acestui tip de echipamente să trebuiască să fie mult mai detaliate și precise, însă rezultatele obținute în tunelul aerodinamic sunt ușor transferabile atât către aviația civilă, cât și către echipamentele de producere a energiei electrice la sol, echipate cu turbomașini. Totodată, TASC va fi utilizat și pentru studii aerodinamice ale etapelor de zbor atmosferic ale sistemelor de propulsie ale vehiculelor spațiale. Tunelul aerodinamic va fi capabil să testeze modele experimentale la scară redusă cu dimensiuni de până la 1 m. O schemă a TASC este prezentată în Figura 7.

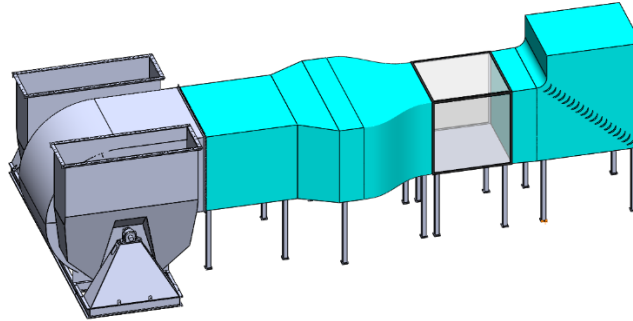


Figura 7. Schema tunelului aerodinamic

TASC va fi compus din următoarele sisteme:

- Sistemul structural, reprezentând corpul propriu-zis al TASC, prin care se realizează curgerea aerului care urmează a fi studiată. Construcția structurii tunelului aerodinamic va fi realizată din panouri de oțel ranforsare pe structură de tip fagure (celule hexagonale), iar pentru controlul liniarității curgerii vor fi montate două de „ecrane” (site) din sârmă din oțel inoxidabil cu diametru de 0,23 mm situate într-o secțiune cu acces facil pentru a schimba sitele dacă natura testelor experimentale o impun. Pentru determinarea distribuției de presiuni, tunelul este prevăzut cu inele de presiune statică plasate în puncte strategice. Secțiunea de testare va fi realizată dintr-o structură din aluminiu prelucrată cu mare precizie și este prevăzută cu două ferestre laterale acrilice.
- Sistemul de antrenare a aerului, realizată cu un motor / ventilator care dispune de un controler de viteză cu o eficiență ridicată. Viteza de rotație este reglabilă cu un pas reglabil ce poate avea o precizie de până la 0,1% pentru debitul de aer.
- Sistemul de montare și poziționare a modelului experimental. Acesta va utiliza un set de brațe de tip paralelogram pentru a controla unghiul modelului de testare. Lungimile brațelor sunt alese astfel încât să se asigure menținerea modelului de testare centrat în secțiunea de testare, indiferent de unghi. Pentru majoritatea aplicațiilor, Sistemul va putea oferi reglaje de +/- 30 de grade. Controlul poziției se realizează prin pivotarea dispozitivului cu ajutorul unei cutii de viteze de înaltă precizie.
- Sistemul de măsurare, alcătuit din:

- Instalație cu fum pentru vizualizarea curgerii, cu următorii parametri: putere electrică: 110VAC; durată de funcționare: aprox. 45 de minute per rezervor, capacitate rezervor: 3,78 l, fluid de fum: ulei mineral alb sau glicol proiectil; dimensiunile unității de bază: 36,8 cm x 12,7 cm x 19,7 cm; lungime baghetă: 45,7 cm.
- Sistem achiziții de date. Datele standard ale senzorilor includ variația presiunii, a poziției modelului experimental și controlul motorului ventilatorului.
- Balanța aerodinamică de tip piramidale, pentru determinarea forțelor și momentelor, precum portanța, rezistența la înaintare, forța laterală, momentele de răsucire.
- Sub-sistem de Velocimetrie prin Imagistica Particulelor (PIV) tomografic. Acesta permite măsurători neintruzive a celor trei componente de viteză pentru o un volum dintr-o curgere de gaze sau lichide. Un sistem constă din trei camere, o sursă de lumină LASER, optică pentru a crea o fascicul de lumină, un sincronizator, un computer și software pentru analiză.

3 Facilitate de asamblare, integrare și testare echipamente pentru spațiu (FAIT)

Asamblare, integrarea și testarea reprezintă una din principalele etape din procesul de dezvoltare al unui produs destinat utilizării în industriile de aviație și spațiu. Prin testare este verificată și dovedită capabilitatea echipamentului/sistemului/componentei de a-și menține funcționalitatea în condițiile de mediu specifice. În funcție de specificul și cerințele misiunii, produsul ce se dezvoltă trebuie supus unei campanii de validare experimentală ce include teste precum: teste climatice (variind parametri precum presiunea, temperatura, umiditatea, etc.), teste mecanice (vibrații, șocuri), teste de compatibilitate electromagnetică, teste funcționale precum și alte teste specifice. Trecerea produselor dezvoltate printr-o campanie experimentală cuprinzătoare scade riscurile asociate cu funcționarea echipamentelor în operare, ducând la scăderea/eliminarea costurilor asociate cu reparația sau compromiterea întregului ansamblu (motor/avion/satelit/navă spațială) și totodată la consolidarea încrederii în acel produs.

FAIT va fi amplasată într-un ansamblu de clădiri și spații necesare pentru activități legate de industria spațială, cunoscută sub numele de cameră curată care este formată din mai multe spații, Planul preliminar al facilității este prezentat în Figura 8.

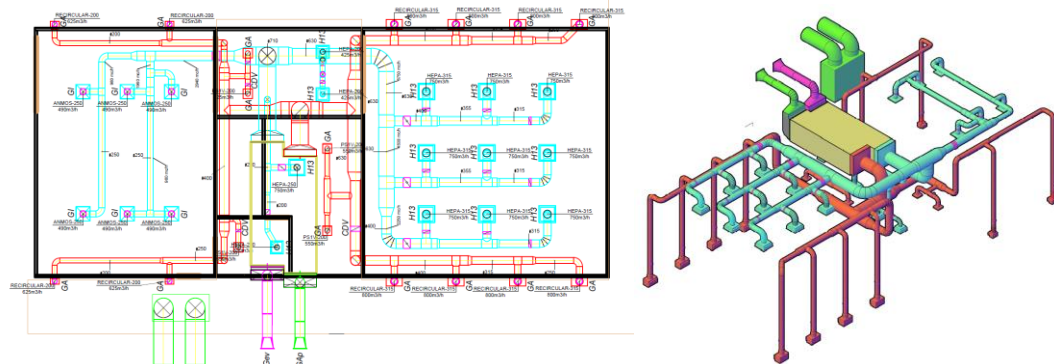


Figura 8. Instalații de ventilație și climatizare FAIT - Ansamblu și vedere izometrică

FAIT reprezintă o infrastructură complementară având în vedere strategia COMOTI privind domeniul spațial. Aceasta este definită și dimensionată considerând planul de dezvoltare intern, respectiv la nivel național și european al acestui domeniu de avangardă, precum și specificațiile (dimensiuni utile, caracteristici) ale facilităților existente (autoclavă utilizată în realizarea componentelor din materiale compozite, mașinile de prelucrat CNC, echipamentele de imprimare 3D pentru metale, etc.).

FAIT va fi echipată cu echipamente necesare testelor de calificare impuse de standardele europene după cum urmează:

- Sistem de camere curate destinate realizării operațiilor de asamblare și integrare a produselor dezvoltate, respectiv amplasării sistemelor și echipamentelor necesare efectuării testelor specifice. Sistemul de camere curate va cuprinde o zonă gri (spațiu intermediar ce asigură trecerea dintr-o zonă necontrolată și o zonă controlată din punct de vedere al numărului de particule în suspensie), o cameră curată de nivel ISO8 în care au loc activități specifice de asamblare și integrare, o cameră curată de nivel ISO 5 destinată asamblării echipamentelor sensibile, precum mecanismele, pompele centrifugale, sau alte echipamente pentru misiuni cu echipaj uman și încă o cameră curată ISO 8 destinată testelor mecanice și funcționale,
- Sistem integrat pentru testarea la vibrații și șocuri a echipamentelor destinate industriei aerospațiale, cu rol în validarea echipamentelor la încărcările și șocurile mecanice specifice regimurilor de funcționare,
- Sistem complex pentru testarea în condiții de vid și temperaturi extreme a structurilor și echipamentelor destinate industriei spațiale, destinată testării și validării echipamentelor în condiții similare spațiului cosmic.
- Sistem de testare la șocuri pentru spectre mari de încărcare pentru evaluarea echipamentului la șocurile specifice întregii misiuni.

Detalii privind sistemele care vor alcătui FAIT sunt prezentate în continuare.

Camerele curate (un exemplu este prezentat în Figura 9) incluse în Sistemul de camere curate reprezintă o facilitate indispensabilă pentru desfășurarea activităților de asamblare deoarece echipamentele dezvoltate pentru industria spațială necesită o atenție sporită în ceea ce privește fabricația, asamblarea și integrarea lor în cadrul sateliților/navetelor spațiale, întrucât sunt foarte sensibile la contaminarea cu particulele din atmosferă.. Aceasta nu se limitează doar la echipamentele de tip "flight hardware", putând fi utilizată și pentru echipamentele folosite ulterior la asamblarea, testarea și integrarea altor echipamente, cunoscute generic ca GSE-uri (Ground Support Equipment).

Scopul acestei incinte este de a menține un grad de curățenie cât mai ridicat și de a reduce contaminarea și riscurile asociate cu acestea, prin controlul numărului de particule din atmosfera de lucru. În funcție de necesități și scop, camerele curate pot fi clasificate după gradul (clasa) de curățenie, de la clasa ISO9 la ISO1, ISO9 fiind echivalentul atmosferei exterioare. La nivelul Europei există companii implicate în industria spațială care dețin camere curate, majoritatea fiind de nivel ISO 8 și 7, o parte din ele având și spații amenajate pentru clasele ISO 6 și 5.

Având în vedere că majoritatea facilităților de tip cameră curată sunt situate în partea de Vest a Europei, de interes pentru INCDT COMOTI este dezvoltarea unei camere curate de clasă ISO8, respectiv a uneia cu o clasă de curățenie ISO 5. O asemenea facilitate reprezintă un atu în activitățile dedicate dezvoltării de componente și echipamente pentru spațiu la un nivel de maturitate ridicat, contribuind la recunoașterea și includerea COMOTI în rândul micilor integratori de sisteme dedicate industriei spațiale.



Figura 9. Exemplu de cameră curată destinată utilizării în industria spațială

Sistem integrat pentru testarea la vibrații și șocuri a echipamentelor destinate industriei aerospațiale (Figura 10). Acest sistem complex și versatil este alcătuit din următoarele componente principale:

- Masa vibrantă;
- Amplificator de putere;
- Sistem de control semnal – masă vibrantă;
- Masă alunecătoare;
- Cap expandor;
- Alte sisteme de răcire și echipamente auxiliare.

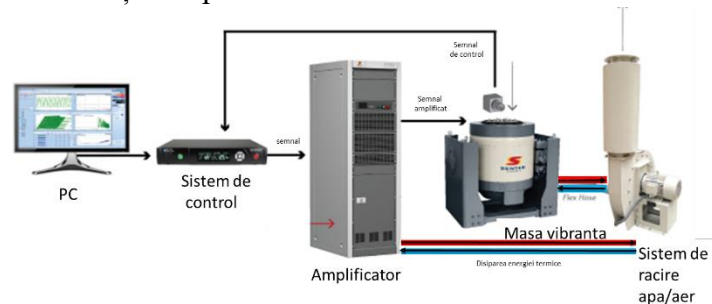


Figura 10. Prezentarea schematizată a sistemului integrat pentru testarea la vibrații și șocuri a echipamentelor destinate industriei aerospațiale

Complexitatea sistemului necesită echipamente specializate capabile să genereze forțe impresionante într-un timp de răspuns mic în controlul armăturii. Profilul de vibrații este programat și este transmis unui sistem de control care transmite semnalul analog unui amplificator de putere, semnalul amplificat fiind transmis către masa vibrantă. Folosind semnalul unui accelerometru amplasat pe armatura mesei vibrante, semnalul ce intră în sistemul de control, se controlează și se ating nivelurile de vibrații impuse prin profilele

de vibrații dorite. Pentru răcirea amplificatorului de putere și a bobinei din interiorul mesei vibrante este necesar un sistem de răcire. În cazul unor sisteme de vibrații cu puteri foarte mari, energia termică este disipată folosind sisteme de răcire cu apă.

O componentă foarte importantă a unui sistem de testare la vibrații este masa alunecătoare. Această masă alunecătoare este utilă în cazul testării unor piese cu dimensiuni mari și pentru testarea pe mai multe axe. Atașarea acestei mese de alunecare pe armătura mesei vibrante conduce la creșterea greutateii, ceea ce conduce la scăderea accelerației. Testarea direct pe armătura mesei vibrante are principalul avantaj că se pot atinge nivelurile maxime ale mesei vibrante, dar în cazul în care sunt testate piese ce au dimensiuni mai mari decât armătura este necesar a se folosi un cap expandor. Toate aceste componente sunt prezentate în Figura 11.

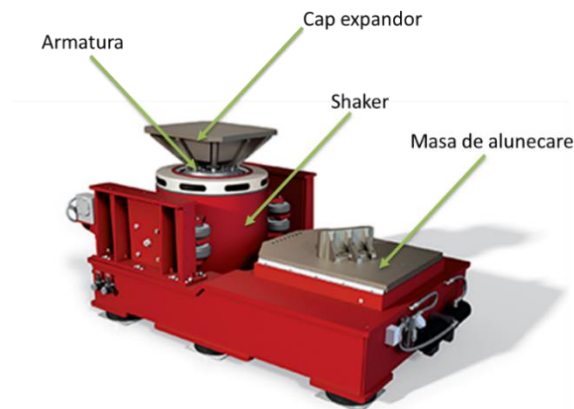


Figura 11. Componentele sistemului de testare la vibrații

Investiția propusă constă în achiziționarea unui sistem de vibrații ce este compus dintr-o masă vibrantă ce are o putere de minim 80 kN (sinus), 57.8kN (random), o deplasare maximă de 76.2 mm pk-pk, masa maximă ce poate fi testată fiind de 1200 kg. Masa alunecătoare conține o placă de magneziu cu dimensiuni de minim 900 x 900 mm cuprinzând instalația de joasă presiune de ulei și întregul batiu ce o susține. Sistemul de răcire al întregului sistem de vibrații este pe bază de apă, sistemul având propriul circuit închis de răcire ce utilizează apă distilată. O componentă foarte importantă a sistemului de vibrații este controler-ul de semnal și numărul de canale de control. Astfel pentru un control cât mai bun al nivelurilor de vibrații la care sunt supuse componentele sunt necesare cât mai multe canale de control, ale căror semnale sunt mediate, iar piesa este supusă la nivelurile dorite de vibrații. Pentru sistemul propus în cadrul acestei investiții sunt necesare un număr de minim 6 canale de intrare cu rata de eșantionare de până la 216 ks/s pe canal.

Sistemul complex pentru testarea în condiții de vid și temperaturi extreme a structurilor și echipamentelor destinate industriei spațiale, prezentat în Figura 12, va permite asigurarea condițiilor de testare (vid și temperaturi extreme) pentru sistemele specifice activităților de cercetare-dezvoltare aflate în portofoliul institutului, în special în domeniul sistemelor de propulsie, și creșterea nivelului tehnic de validare și calificare a acestora. Sistemul va fi alcătuit cel puțin din următoarele componente:

- Incintă/cameră inox etanșă (prevăzută cu capace de vizitare și flanșe pentru conectarea altor echipamente și treceri de cabluri/tubulaturi);
- Înveliș termic interior (include circuit fluid de răcire și sistem electric de încălzire);
- Pompă sau grup pompe necesare pentru atingerea vidului preliminar;
- Pompă sau grup de pompe turbomoleculare necesare pentru atingerea vidului înaintat;
- Modul de comandă și automatizare.

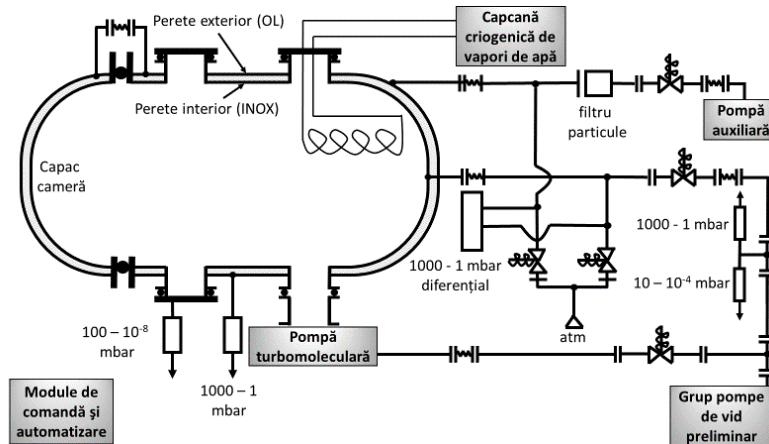


Figura 12. Schemă generală sistem de testare în condiții similare spațiului

Toate componentele anterior menționate sunt controlate prin intermediul unui modul de comandă și control prevăzut cu interfață grafică. Pentru a limita acțiunile care pot deteriora sistemul de testare și modul de funcționare al acestuia, sunt prevăzute sisteme de siguranță precum întrerupătoare care permit pornirea instalației doar dacă ușa a fost închisă sau sisteme de reglare a presiunii în cazul unei descărcări prea rapide a presiunii. Se are în vedere un sistem de testare versatil capabil să asigure validarea echipamentelor specifice diferitelor misiuni spațiale (o gamă largă de dimensiuni, temperaturi operaționale și neoperaționale, respectiv niveluri diferite ale vidului interior).

Sistemul de testare în condiții similare spațiului constă într-un cilindru de oțel inoxidabil, prevăzut la interior cu un înveliș, compus din două table metalice laminare (pot fi realizate din oțel inoxidabil sau cupru). Un model al acestui sistem în diferite configurații este prezentat în Figura 13.



Figura 13. Sistemul de testare în condiții similare spațiului

Învelișul interior este completat la capete de scuturi sub formă de disc, realizate din același material, asigurând astfel o temperatură uniformă în jurul articolului testat. Între cele două table metalice laminare există un spațiu prin care este circulat agentul de răcire (azot lichid sau gazos). Obiectul testat este așezat pe o placă din aluminiu montată în volumul util de testare. În funcție de temperatura prevăzută de cerința specifică a obiectului ce este testat (temperatură operațională sau temperatură ne-operațională), această placă poate fi la rândul ei prevăzută cu o rețea de conducte prin care circulă agentul de răcire. În cazul temperaturilor scăzute, singura modalitate de transfer termic în vid este conducția. Temperaturile înalte sunt atinse prin intermediul unor rezistențe electrice, în acest caz încălzirea fiind realizată prin intermediul radiației. Sub-sistemul de încălzire / răcire este completat de un sub-sistem de generare a vidului în mai multe trepte: o pompă sau grup de pompe care creează vid preliminar (până la 10^{-2} mbar), o pompă moleculară care creează vid înaintat (până la 10^{-6} mbar) și un criopanou care extrage vaporii de apă și alte impurități din mediul de testare, contribuind la îmbunătățirea nivelului de vid din camera de testare.

Sistem de testare la șocuri pentru spectre mari de încărcare. Șocurile care pot apărea în funcționarea vehiculelor spațiale sunt de diferite nivele și apar de obicei în timpul lansării sau a desprinderii treptelor superioare, putând provoca avarii majore la nivelul sarcinii utile (payload). Sistemul propus va fi dezvoltat și validat de COMOTI din fonduri proprii ce va fi integrat în cadrul FAIT.

4 Stand de testare a componentelor sistemelor de propulsie criogenice și auxiliare (SSPC)

În prezent, este operațional un stand de testare prin similitudine cu apă a turbopompelor criogenice pentru lansatoare. Facilitatea are capacitatea de a testa o gamă largă de pompe, cu puteri până la 600 kW și două game de turații, până la 30.000 rpm și putere de 250 kW și alta de până la 10.000 rpm și putere până la 600 kW.



Figura 14. Rezervor apă pentru standul de testare; Ansamblu torqmetru

Pe stand pot fi testate pompe criogenice, dar și turbopompe, antrenarea acestora fiind făcută cu azot gazos. Atunci când se obțin datele privind caracteristicile turbinei, pompa funcționează în regim de frână hidraulică.

Standul are, în prezent, următoarele componente principale:

- Instalația de testare a pompei, având o capacitate de retenție apă de 20 mc,
- Instalația de testare a turbinei/turbopompei având 2 rezervoare de azot gazos care permite furnizarea unui debit de azot de până la 4 kg /s,

- Senzori de temperatură, presiune, echipamente de masurare a debitelor, echipamente de reglare, accelerometre,
- Sistem SCADA pentru achiziția de date, comanda, controlul și automatizarea întregului stand,
- Motor electric de acționare având o putere de 600 kW și turație de până la 2700 rpm,
- Multiplicator în 2 trepte până la 30.000 rpm și putere de 250 kW și alta de până la 10.000 rpm și putere până la 600 kW.

Se propune dezvoltarea acestui stand de testare și extinderea sa pe următoarele direcții:

- Testarea de electropompe pentru lansatoare criogenice

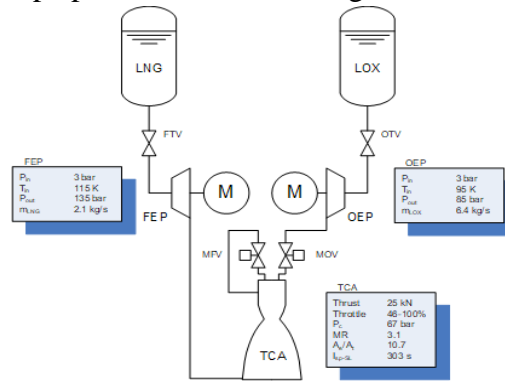


Figura 15. Arhitectură motor LNG/LOX cu electropompe

- Testarea de componente specifice acționărilor criogenice: valve de control, reglatoare, elemente comandă și control a lichidelor criogenice și a gazelor utilizate la sistemele de propulsie auxiliare
- Testarea de componente ale turbo/electropompelor: sisteme de etanșare, sisteme de răcire și mecanice

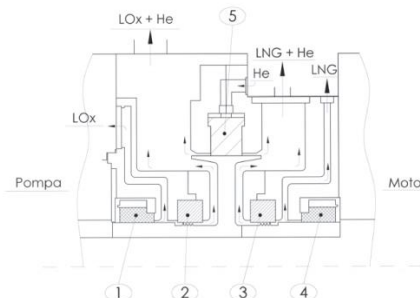


Figura 16. Sistem de etanșare turbopompe LOX

- Dezvoltarea de capacități de testare pentru rezervoarele de stocare a lichidelor criogenice și a elementelor specifice ale acestora: difuzoare de heliu, oxigen, hidrogen, CH₄, precum și sisteme antivortex pentru anularea turbioanelor în conductele de alimentare a turbopompelor.

Se are în vedere testarea de turbo / electropompe pentru sisteme de propulsie de până la 50 kN.

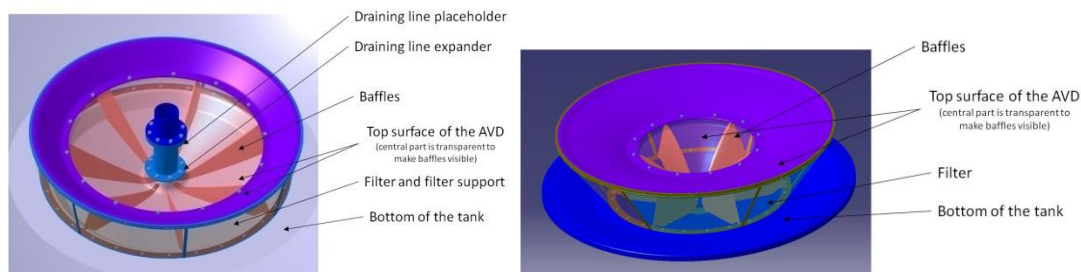


Figura 16. Sisteme antivortex rezervoare LOX și LH2

5 Stand de testare pentru sisteme de propulsie electrică (SSPE)

Propulsia electrică permite reducerea costurilor de dezvoltare ale sateliților, misiunilor comerciale și instituționale ale căror cerințe pot fi îndeplinite cu greu de propulsia chimică, însă propulsia electrică de putere mare implică controlul atent în timp real a tuturor fenomenelor electromagnetice ce pot apărea pe platforma satelitară. Creșterea gradului de maturitate tehnologică pentru aceste tehnologii disruptive presupune dezvoltarea unor facilități de testare adecvate în care poate fi validată fiabilitatea operațională pe orbită și în spațiul cosmic îndepărtat.

Misiunile spațiale bazate pe propulsie electrică de medie/mare putere sunt:

- Misiuni cargo între orbita terestră joasă și cea înaltă pentru sprijinirea explorării lunare și marțiene
- Transfer către orbita de proximitate a Pământului și către Marte
- Misiuni de explorare a Sistemului Solar
- Reîncărcarea Stației Spațiale în orbita terestră joasă.

Pentru activitățile specifice de dezvoltare și de calificare ale sistemelor de propulsie electrice sunt necesare campanii experimentale intensive, susținute de metodologii avansate de diagnosticare pentru a evalua matricea de performanță și ciclul de viață al propulsoarelor.

SSPE va fi compus dintr-o cameră cilindrică orizontală din oțel inoxidabil cu două uși de acces poziționate la extremități, care pot fi îndepărtate pentru a permite introducerea modelelor experimentale. Incinta de testare va avea o lungime de 6 metri și un diametru exterior de 3 metri. Sistemul de răcire asigură operarea unui propulsor având puterea jetului de până la 40kW. În cazul unei degazări rapide, circuitul de răcire poate fi comutat pe încălzire. Cele două uși ale incintei de vid sunt pe șine și pot fi remontate în aceeași poziție cu o precizie mai bună de 1 mm. Interiorul camerei de vid va fi căptușit cu panouri de grafit pur pentru a minimiza efectele de pulverizare. Conceptul de bază prevede instalarea unei camere auxiliare conectată la camera principală pentru a facilita

campaniile de testare ale propulsoarelor de puteri medii fără a influența condițiile de vid. Pereții incintei de vid vor fi răciți prin intermediul unei căptușeli interne circulată de azot lichid, având totodată și un sistem avansat de pompare.

Pentru a face posibilă derularea de teste de calificare la sol, SSPE va asigura următoarele condiții de testare:

- nivel de vid de $10^{-7} \div 10^{-8}$ mbar,
- viteze efective de pompare de 100000-200000 l/s,
- pornire la o temperatură de -85°C ,
- debite masice tipice ale propulsoarelor electrice de până la 300 sccm,
- tracțiunea nominală maximă de operare a propulsoarelor testate de 25kN
- timp de funcționare de 15.000 ore, și până la 20.000 de ore pentru simularea manevrelor de transfer orbital.

Sistemul de pompare va fi compus din pompe mecanice, pompe turbomoleculare, panouri de răcire și criopompe cu gaz lichefiat. Criopompele cu heliu lichid vor funcționa la temperaturi de până la 4.5K, permițând evacuarea gazelor cu excepția heliului. Astfel, vor putea fi testate și concepte noi ce operează cu Ar sau Kr. Vidul înaintat va fi realizat în 4 trepte:

- Prima treaptă va fi compusă dintr-o pompă cu lobi și o pompă cu vană rotativă
- Treapta doiva va fi compusă dintr-un sistem de pompe turbomoleculare
- Treapta trei va fi reprezentată dintr-un sistem de criopompe
- Treapta patru va consta într-un sistem special de panouri criocondensate și deflectoare de azot lichid

Panourile criogenice trebuie regenerat periodic prin încălzire la aproximativ 120°C pentru a înlătura combustibilul condensat. Presiunea în interiorul incintei de testare va fi monitorizată prin intermediul unor manometre speciale de tipul Pirani sau Penning distribuite în diferite locații ale camerei.

Propulsorul va fi montat în interiorul facilității de testare fiind aliniat cu porturile de vizualizare. Interfața de montaj va fi echipată cu o balanță de torsiune și o placă mobilă pentru a deplasa propulsorul pentru diferite unghiuri ale fasciculului de plasmă. Incinta va fi deasemenea echipată cu un număr semnificativ de porturi și flanșe dedicate montajului atât sistemului de pompare cât și pentru a oferi acces atât în zona de generare a plasmă cât și în planul de ieșire al motoului sub diferite unghiuri. Se vor utiliza măsurători de tipul LIF, analiză spectrală, camere cu infraroșu. Diagnoza jetului activ de plasmă va fi realizată prin intermediul unor probe Faraday și RPA montate pe un braț rotativ controlat de un motor electric, care poate asigura o rotație de 160° , cu un pas de $0,5^{\circ}$.

Probele Faraday vor fi utilizate pentru a determina densitatea de curent ionic care va fi ulterior implicată în elaborarea calculelor privind curentul total al fasciculului, unghiul de divergență și deviația vectorului de tracțiune. Balanța de torsiune va avea un interval de măsură între 1mN – 1500mN, rezoluție 0.01mN, acuratețe 0.1mN, greutate maximă a propulsorului 30 kg. Sistemele de diagnoză și măsură avute în vedere pentru SSPE sunt prezentate în Tabelul 1.

Tabel 1 Evaluarea performanțelor propulsoarelor electrice și principalele tehnici de diagnoză

Parametru	Diagnoză	Viteză de acționare	Metodă de măsură
Tracțiune propulsor			
Tracțiune	Balanță de torsiune	rapidă	directă
Zgomotul de tracțiune	Balanță de torsiune	rapidă	directă
Vectorul tracțiunii	Din distribuția densității de curent 2D și profilul de densitate al puterii	lentă	indirectă
Distribuția de putere a jetului			
Densitatea de curent ionic	Probe Farady	lentă	directă
Temperatura electronilor	Probă Faraday	lentă	directă
Densitatea electrobilor	Probă Faraday	lentă	directă
Potențialul electric al plasmei	Probă Faraday (0 – 1500eV)	lentă	directă
Distribuția impulsurilor unghiulare	Spectrometru de masă selectiv	lentă	directă
Imagistică de mare viteză (HSI)	Vizualizare globală a câmpului de curgere	rapidă	directă
Tehnici de termografie MIR/FIR	Evaluarea sarcinilor termice / evitarea depășirii temperaturii Curie	rapidă	directă
Compoziția jetului			
Viteza ionilor și speciilor atomice în zonele de ionizare și accelerare	Fluorescență indusă cu laser Doppler (D-LIF)	rapidă	directă
Densitatea particulelor neutre	Spectrometru de masă selectiv	lentă	indirectă
Impurități	Spectrometru de masă selectiv	lentă	directă
Potențialul jetului	Probă Langmuir	lentă	directă
Eficiența puterii jetului	Probă Langmuir	lentă	directă
Divergența jetului	Sondă Faraday	lentă	directă
Contaminarea jetului cauzată de procesele corozive	Spectroscopie de Emisie Optică	rapidă	indirectă

Toată gama de parametri operaționali ai incintei de testare va fi achiziționată și stocată de către sistemul de achiziție de date. Hardware-ul se va baza pe o arhitectură PC: bazată pe o placă de achiziție de date National Instruments având canale cu terminație unică sau diferențiale cu frecvență de achiziție de date de 200 kS/s

Facilitatea de testare va fi configurată pentru funcționarea complet automatizată a propulsoarelor electrice. Operațiunile vor fi controlate și monitorizate prin intermediul unui set de calculatoare. Fiecare sarcină specifică, precum caracterizarea fasciculului de plasmă, controlul propulsorului și a facilității de testare va fi desfășurată pe propriul sistem de calculatoare și verificate de celelalte. Interoperabilitatea va fi asigurată de o rețea de date distribuită bazată pe o anumită bibliotecă software.

6 Sistem de asigurare a parametrilor de funcționare a standurilor (SCPF)

Sistemul, care deservește centralizat întreaga infrastructură de cercetare propusă, va asigura necesarul de putere electrică, aer comprimat, și fluide de lucru, telecomunicații, apă, canal și colectare ecologică a deșeurilor. Sistemul va include următoarele componente:

- Stație de comprimare a aerului capabil să furnizeze un debit de aer de 1 kg/s la o presiune de 10 bar și temperatură atmosferică. Stația va trebui să includă un sub-sistem de răcire a aerului comprimat și un sub-sistem de uscare a aerului.
- Sistem de distribuție a energiei electrice. Va fi necesară extinderea sistemului existent, de 1 MW, până la o putere electrică de până la 5 MW, precum și asigurarea conexiunilor electrice către standurile noi.
- Sistem de stocare și distribuție a fluidelor de lucru, care va asigura necesarul de oxigen, hidrogen, azot (gazos și lichid), gaze rare, și alte gaze tehnice necesare funcționării standurilor componente ale infrastructurii. Presiunile și debitele maxime se vor determina pentru fiecare gaz în parte, în funcție de necesități, la începutul implementării. Sistemele de stocare și conductele de transport vor fi certificate conform standardelor de siguranță în vigoare.
- Sistem de telecomunicații, care permite conectarea la internet de mare viteză și telefon a standurilor și birourilor pentru personalul care deservește infrastructura, conexiunea și comunicarea digitală între standuri și între componentele acestora, sisteme de supraveghere video atât în zonele experimentale, cât și în zonele critice ale infrastructurii, precum și un sistem de teleconferință la standarde europene.
- Sistemul de apă și canal va asigura atât apa menajeră în infrastructură, cât și apa tehnică, necesară sistemelor de răcire și frânelor hidraulice, precum și colectarea corespunzătoare a apei uzate.
- Sistemul de colectare ecologică a deșeurilor a deșeurilor va asigura colectarea selectivă a deșeurilor, atât cele menajere cât și cele tehnice, depozitarea lor în condiții de mediu corespunzătoare, precum și preluarea lor de către firme autorizate capabile să asigure reciclarea sau eliminarea ecologică a acestora.