

Aportul ingineriei moldave la dezvoltarea tehnologiilor spațiale

**PORTRET ÎN TIMP: academician Ion BOSTAN –
director al Centrului Național Tehnologii Spațiale**



1966-1971 – student la IPC (UTM), Facultatea Mecanică, specialitatea „Tehnologia construcției de mașini”;
1977 – susține teza de doctor în științe tehnice;
1989 – susține teza de doctor habilitat la Universitatea Tehnică de Stat „N. Bauman” din Moscova;
1992-2015 – rector al UTM;
1977, 1998 – laureat al Premiilor de Stat în domeniul științei;
1994 – decorat cu „Ordinul Republicii”;
2000 – „Steaua României”;
1999 – „Meritul European” pentru știință, Bruxelles;
1997, 1998, 1999 – „Méríte de l’Invention” în 3 grade;
2003 – „Courtoisie Europeen”, Uniunea Europeană;
1989, 1994 – Inventator Emerit al RM și de Elită al României;
Decorat cu medalii de aur:
1998 – Organizația Mondială de Proprietate Intelectuală, Geneva;
2004 – Institutul UE pentru Promovarea Proprietății Intelectuale, Bruxelles;
1994 – „Henri Coandă” pentru realizări în știință și tehnică;
1983-1989, 2008-2017 – conducător științific, coordonator în 9 proiecte în domeniul tehnicii cosmice de zbor și tehnologiilor spațiale; conducător științific a peste 65 de proiecte cercetare-dezvoltare naționale și internaționale.

„Mesager Universitar”

Prima elaborare în domeniul tehnicii cosmice care și-a luat zborul de pe plaiul nostru a fost microlaboratorul cosmic „Oazis-2” pentru creșterea microorganismelor în condiții de imponderabilitate (hrană pentru cosmonauți), elaborat și fabricat în cadrul clusterului științific coordonat de Institutul de Microbiologie al AȘM, cu participarea unei echipe de cercetători, ingineri-proiectanți și studenți ai UTM, în frunte cu studentul Facultății de Mecanică Leonid ȘACUN. Laboratorul a fost lansat pe orbită pe 18 decembrie 1973, la bordul navei cosmice „Soiuz-13”.

În baza cercetărilor științifice și a activităților experimental-constructive efectuate în cadrul Centrului Științific de Cercetare a Tehnicii Electronice de Calcul (НИЦЭВТ), unde erau angajați peste 1200 de ingineri și colaboratori științifici – (majoritatea absolvenți ai UTM) în colaborare cu uzina „Счетмаш” din Chișinău, în perioada anilor 1970-2000, a fost proiectată și fabricată o gamă largă de mașini de calcul analogice și analogico-digitale. Unele dintre cele mai reprezentative fiind mașinile de calcul de bord de tipul A-15, A-15A, A-15K, implementate în peste 50 de sisteme militare pentru controlul și dirijarea zborului rachetelor lansate din complexe mobile operativ-tactice „Ока”, „Точка-У”, „Волга”, „Заслон”, „Бук-2М”, „Куб”, „Тунгуска”; pentru avioanele de luptă „МиГ-29”, „МиГ-31”, „МиГ-33”, „МиГ-35”, „СУ-27”, „ТУ-142”, „ТУ-160”, „ТУ-154ЛЛ”, „ИЛ-76МД”, complexe de apărare antisubmarin „Коршун” și „Сова”, stația cosmică internațională „Мир”, stațiile cosmice

orbitale „Салют”, „Алмаз”, „Меч-К”, navele cosmice din seriile „Союз” și „Прогресс” pentru dirijarea zborului rachetelor balistice „СС-18”, „С-300” și „Союз”.

Tot aici, în anii 1976-1988 au fost elaborate și fabricate sistemele electronice de bord inteligente pentru controlul, dirijarea și monitorizarea automatizată a zborului navei orbitale „Буран”, realizat în cadrul programului cosmic a URSS „Энергия-Буран” (*Figura 1*). După 200 de testări de poligon, la 15 noiembrie 1988, nava orbitală „Буран” timp de 206 minute a efectuat ocolul Pământului de două ori și a aterizat reușit în regim automatizat în zona terestră prestabilită.



Figura 1. Corabia cosmică orbitală „Буран” montată pe portavionul ТУ-154 ЛЛ, cu computere de bord elaborate la НИЦЭВТ și fabricate la „Скотмаș”.

De asemenea, colectivul Institutului de Cercetări Științifice „Квант”, unde activau peste 500 de ingineri, doctori în științe – absolvenți ai UTM în colaborare cu uzina „Семнал” au proiectat și au fabricat componente pentru complexele electronice de comunicații satelitare militare „Потоп”, „Потоп-М”, „Сурами”, „Сурами-Б”, „Ротатор” și „Квант”.

Un aport deosebit în dezvoltarea tehnicii și dispozitivelor electronice a avut și Institutul de cercetări științifice „НИИРИФ”, care în cooperare cu uzina „Рăут” din mun. Bălți, au elaborat și fabricat peste 50 de prototipuri de sisteme hidroacustice, inclusiv pentru monitorizarea lansării rachetelor balistice cu focoase nucleare, bazate pe efectele Teoriei Sonicității, dezvoltată în perioada interbelică de către savantul român Gogu CONSTANTINESCU.

Un grup de cercetători și ingineri din cadrul UTM, conduși de subsemnat, în anii '80, în cooperare cu Institutul de Cercetări Cosmice din or. Moscova, Consorțiul industrial „Комета” și uzina militară din Krasnoiarșk (cod poștal Г-4805), prin proiecte economice au contribuit la

dezvoltarea tehnicii de zbor cosmic. Astfel, în baza transmisiilor planetare precesionale au fost create module de acționare și control al poziționării subsistemelor de bord ale tehnicii de zbor cosmic, fabricate, de asemeni, în Chișinău, la uzinele „Счетмаш”, „Микропровод” și „Семнал”, printre care: modulul precesional pentru acționarea platformei de scanare a stației de zbor cosmic interplanetar „VEGA-6” (Figura 2,a), lansată în 1988; modulele electromecanice precesionale pentru acționarea subsistemelor de bord ale sateliților geostaționari și a antenelor aparatelor de zbor cosmic (Figura 2,b).

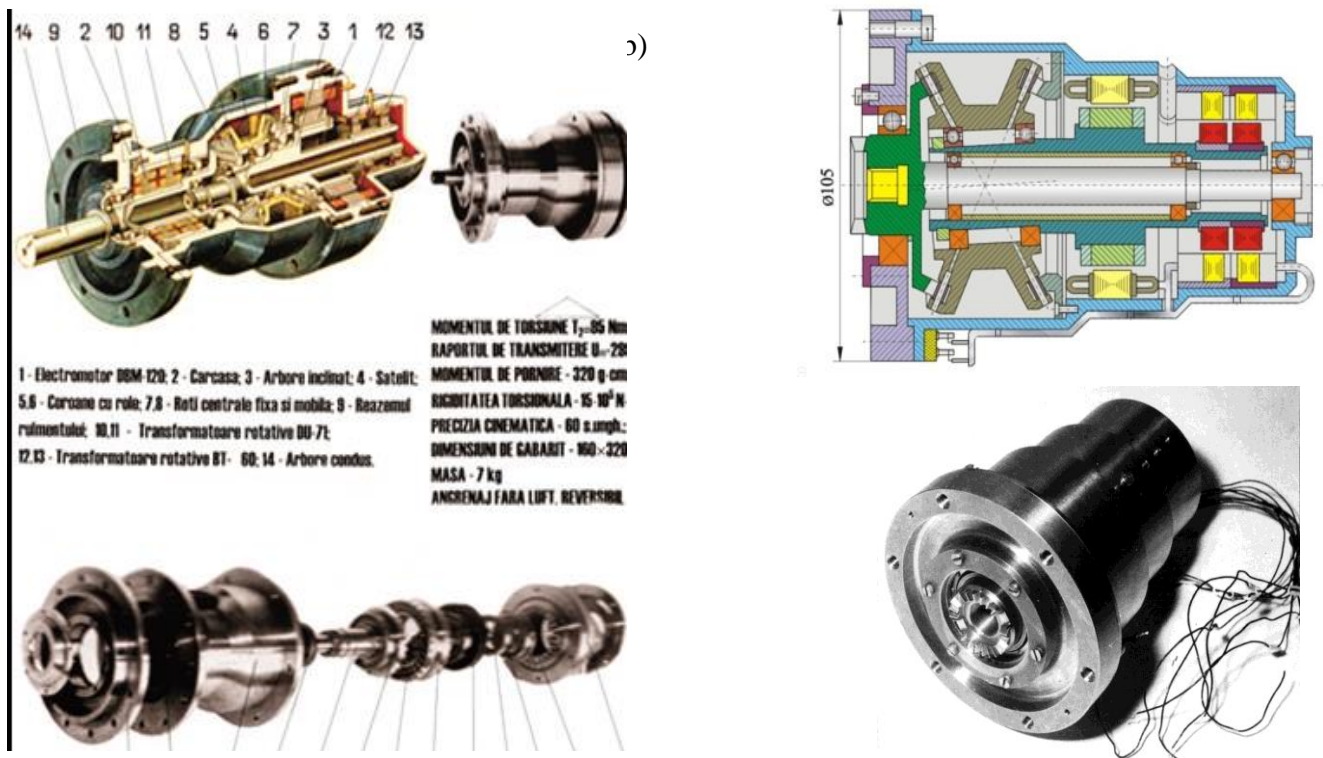


Figura 2. Modul precesional pentru acționarea platformei scanare a stației de zbor cosmic interplanetar Vega-6 (a) și pentru acționarea subsistemelor de bord ale sateliților geostaționari (b).

După proclamarea independenței RM, după o pauză de aproximativ 20 de ani, cercetările în domeniul tehnologiilor satelitare din cadrul UTM au fost reluate. Demararea în anul 2009 a proiectului privind elaborarea primului Satelit al Republicii Moldova a stimulat inițierea și dezvoltarea unui complex de activități de cercetare-proiectare în domeniul tehnologiilor satelitare.

Primul pas a fost realizarea Programului de stat „Elaborarea și fabricarea microsatelitului moldovenesc” (2009-2011) cu 4 proiecte distincte privind activități de cercetare-dezvoltare a primului satelit moldovenesc.

Tabelul 1

Proiecte	Executori
1. Cercetarea și elaborarea sistemului de control, orientare și stabilizare a poziției microsatelitului (2009-2011). Conducător de proiect: acad. Ion Bostan – coordonatorul Programului de Stat „Elaborarea și fabricarea microsatelitului moldovenesc”.	Echipa proiectului: conf. univ. A. Sochirean; dr. șt. tehn., prof. V. Dulgheru; dr., conf. univ. V. Bostan; dr., conf. univ. M. Vaculenco; dr., lector superior I. Bodnariuc; doctoranzii I. Dicusară, O. Ciobanu, R. Ciobanu, N. Trifan, Iu. Malcoci, R. Crudu, M. Guțu; studenții V. Gladăș, I. Zarea, A. Nicoară.
2. Elaborarea metodelor de acționare asupra poziției microsatelitului în timpul scanării, procesării și transmiterii informației (2009-2011). Conducător de proiect: dr., conf. univ. Nicolae Secrieru.	Echipa proiectului: dr. șt. tehn., prof. E. Guțuleac; doctoranzii și studenții: R. Nucu, S. Gangan, V. Popa, I. Zarea, A. Nicoară, O. Bârlădean, N. Cocoș, R. Crudu, L. Rotaru, O. Ghincul, E. Suman, C. Mârzac, A. Cârțica.
3. Cercetarea și elaborarea subsistemelor electronice de scanare pentru exploatarea în spațiul cosmic (2009-2011). Conducător de proiect: acad. Valeriu Cașner.	Echipa proiectului: dr. șt. tehn. E. Zasavițchi, dr. șt. tehn. D. Dobrov, L. Roller, A. Penin, I. Beloțercovschii, Iu. Sainsus, A. Conev, Iu. Ruseev, P. Grosul, V. Hvalin, S. Zavrjânai, V. Dumitru.
4. Elaborarea sistemului de alimentare cu energie a microsatelitului (2009-2011). Conducător de proiect: dr., conf. univ. Valeriu Blaja.	Echipa proiectului: dr. șt. tehn., conf. univ. V. Brânzari; dr. șt. tehn., conf. univ. N. Secrieru; doctoranzi și studenți: S. Gherțescu, S. Gangan, S. Tincovan, O. Bârlădean.

Tematica activităților de cercetare-dezvoltare, desfășurate ulterior s-a axat pe trei direcții distincte:

Prima – cercetarea, proiectarea, fabricarea componentelor funcționale ale microsatelitului (MS) raportate la realizarea scopului și obiectivelor științifice ale misiunii acestuia. Tematica activităților a cuprins un spectru foarte larg de cercetări științifice, lucrări experimentale, constructiv-tehnologice, în mare parte interdisciplinare. Datorită realizării conceptului de proiectare a MS bazat pe utilizarea unor componente funcționale COTS (standardizate, unificate parametric), selectarea acestora s-a efectuat în baza unui amplu studiu de asigurare a compatibilității parametrice, ținând cont de limitările de masă, gabarit, accesibilitate și disponibilitate de achiziție etc. În rezultat, în cadrul CNTS au fost proiectate și fabricate două tipodimensiuni de sateliți: microsatelitul prezentat în *Figura 3 a)* și nanosatelitul prezentat în *Figura 3 b)*.

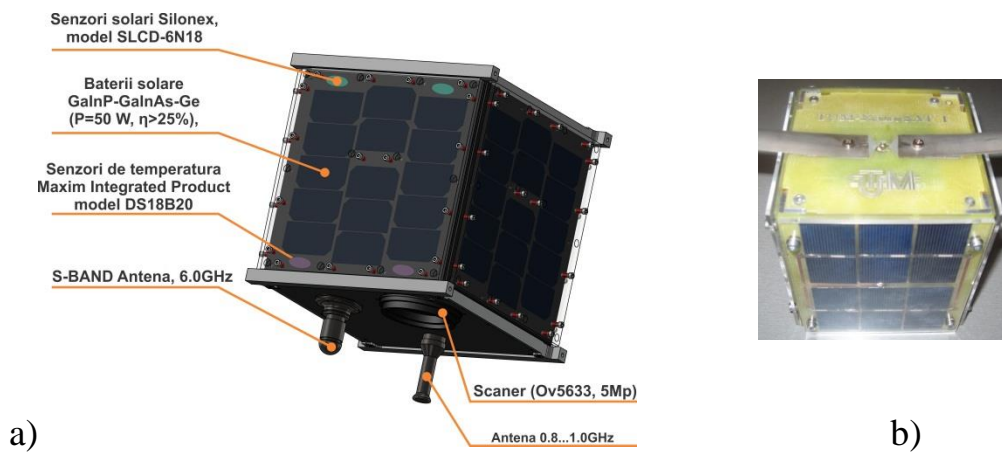


Figura 3. Microsatelitul a) și nanosatelitul b), elaborați și fabricați în cadrul CNTS, UTM.

A doua – a inclus activitățile legate de crearea Centrului Național Tehnologii Spațiale (CNTS) cu o rețea de stații terestre interconectate între ele astfel, încât: să fie asigurate legăturile ascendente și descendente a MS pe durata timpului de zbor cu infrastructura la sol (când MS intră în zona vizibilă de pe teritoriul Republicii Moldova); să fie asigurată monitorizarea, orientarea și controlul altitudinii MS în timpul zborului pe orbită, astfel încât la intrarea în zona vizibilă de pe teritoriul R. Moldova, acesta să fie orientat corect pentru captarea imaginilor (axa obiectivului scannerului să privească în nadir); să asigure recepția semnalelor de la satelit pentru procesarea lor ulterioară; să permită urmărirea și dialogul cu sateliți meteo străini etc. Crearea CNTS cu o rețea de stații terestre în Republica Moldova a deschis posibilități de extindere a cooperării internaționale și de încadrare a colectivelor de cercetători din comunitatea academică autohtonă în calitate de parteneri în proiecte europene privind domeniul tehnologiilor spațiale.

A treia – teledetecția suprafeței terestre la distanță și realizarea diverselor servicii spațiale de ordin științific și socio-economic, spre exemplu, de captare a imaginilor suprafeței terestre a teritoriului Republicii Moldova, de preîntâmpinare a riscurilor inundațiilor prin determinarea evoluției stării hidrologice a râurilor, de monitorizare a stării ecologice a pădurilor, plantațiilor multianuale și terenurilor agricole, de soluționarea unei game largi de probleme meteo etc. În acest foarte important pentru Republica Moldova domeniu prof. univ., dr. hab. Viorel BOSTAN, utilizând modele matematice complexe, în baza unor softuri elaborate de corpul ingineresc al armatei SUA, deja a realizat simulări computerizate ale inundațiilor pentru sectorul râului Nistru „Barajul Dubăsari – Vadul lui Vodă”, cu scopul de a identifica riscurile, consecințele și pagubele acestora. Pentru a extinde aria cercetărilor sunt necesare scanări din spațiu ale suprafețelor adiacente bazinelor acestora, efectuate evolutiv în timp în anumite

perioade ale anului, în baza unor caiete de sarcini. Aceste cercetări aplicative pot fi realizate eficient, cu încărcătura științifică respectivă, doar cu sateliții proprii.

Pentru dezvoltarea capacităților de cercetare, concomitent cu formarea în anul 2009 a colectivelor științifice cu o anumită experiență de cercetare-proiectare în domeniul tehnologiilor satelitare, în perioada 2009-2012 a fost pus în aplicare un plan amplu de proiectare și construcție a infrastructurii tehnico-materiale terestre, care să permită realizarea scopului și obiectivelor misiunii științifice ale satelitului.

Astfel, în 2009 a demarat crearea CNTS, care a fost oficializat prin Hotărârea Senatului UTM nr. 6 din 31.01.2012 cu o structură bine definită, elaborată în colaborare cu specialiști din diferite domenii.

„Laboratorul subsisteme de bord pentru nano și microsateliți” (SBNMS) este specializat pe activități de cercetare-dezvoltare a subsistemelor de bord cu privire la captarea imaginilor; alimentarea cu energie electrică a MS prin conversia PV a energiei solare; determinarea, orientarea și controlul atitudinii MS în zbor pe orbită; recepția și transmiterea de date; calculatorul de bord etc.

„Laboratorul procesare date și imagini” (PDI) specializat în studiul particularităților prelucrării imaginilor din satelit periclitare de distorsionări geometrice și radiometrice, metodele și tehnicile moderne de procesare.

„Laboratorul asamblare și experimentare a subsistemelor de bord și a MS” este dotat cu echipament de asamblare a mecanicii fine și cu aparatură electronică de măsurări. În cadrul CNTS, au fost proiectate, asamblate și fabricate panourile PV ale MS cu utilizarea celulei fotovoltaice GaInP-GaInAS-Ge ($P=50W$, $\eta>25\%$) rezistentă la radiația cosmică. În panourile PV au fost montați senzorii solari Silonex model SLCD-6N18, senzorii de temperatură Maxim Integrated Product model DS18B20 și compatibili cu subsistemul de determinare a atitudinii MS model MAI-200. Într-un spațiu izolat a fost montat pe o fundație fixă **SIMULATORUL** pentru cercetarea experimentală în condiții de laborator a cinematicii și dinamicii MS cu mișcare în sfera spațială cu un punct fix, care reproduce mișcarea de rotație a satelitului în jurul a 3 axe ale sistemului de referință orbital. Simulatorul permite și cercetarea experimentală a intervenției sistemelor de bord asupra orientării MS pe orbită, inclusiv determinarea și calibrarea eforturilor fizice de intervenție dezvoltate de cele două sisteme de bord asupra stabilității și a dinamicii re poziționării MS pe axele sistemului orbital de coordonate. Simulatorul a fost proiectat la UTM și fabricat la uzinele din Chișinău. El permite cercetarea experimentală a MS în condiții de laborator și în mediu vacuumat.

„Platforma proiectare-fabricare-simulare” (PPFS) ca structură autonomă permite proiectarea-fabricarea componentelor subsistemelor de bord ale MS. PPF este dotată cu stații performante de proiectare asistată de calculator în baza softurilor SOLID WORK, CATIA, ANSYS, ABAQUS etc., inclusiv asigură simularea computerizată a proceselor cinematice și dinamice ale MS la stadiile de proiectare, experimentare și în perspectiva de lansare a MS.

Activități imense și multidimensionale au fost desfășurate pentru crearea infrastructurii terestre pentru

Figura 4.

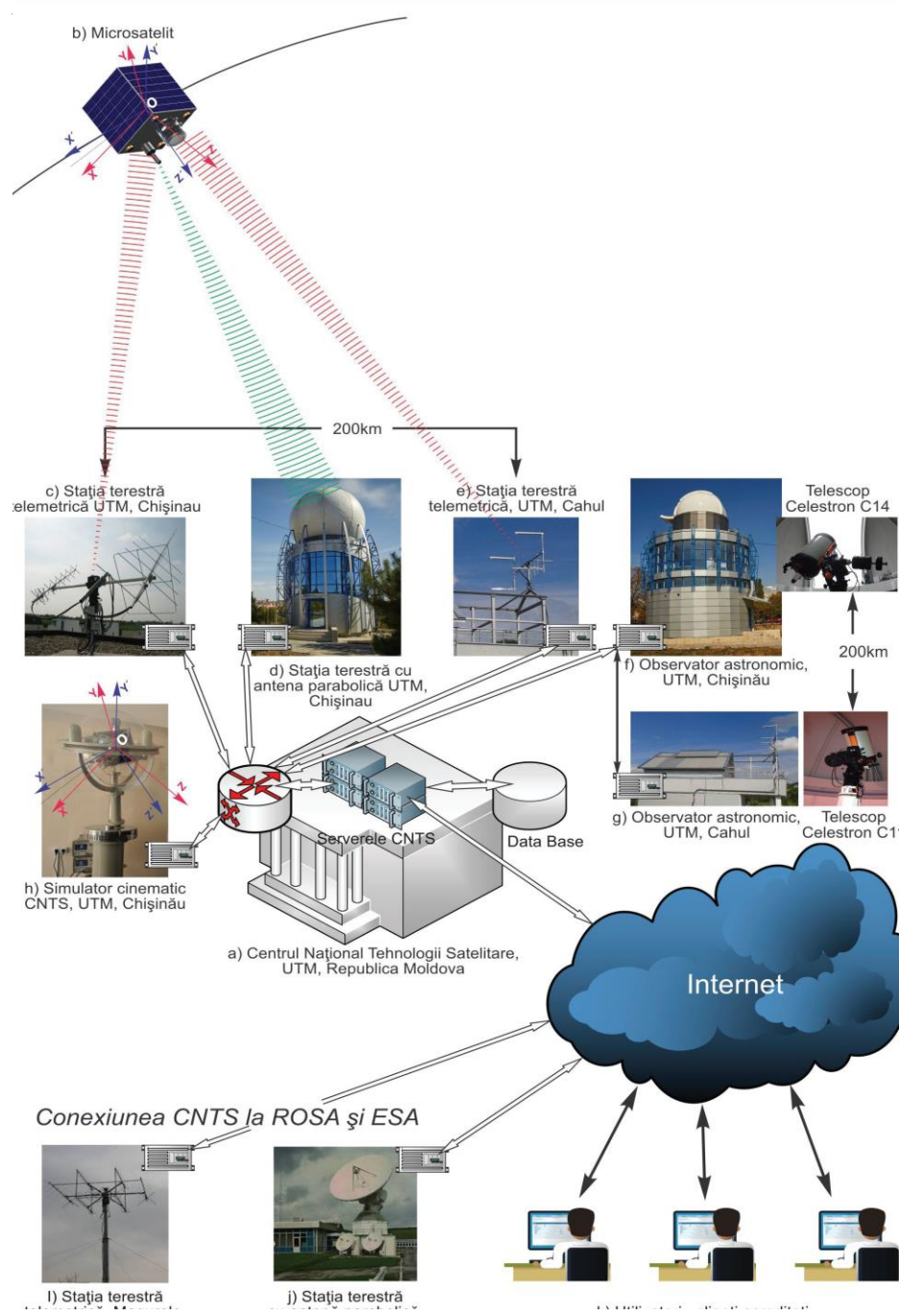


Figura 4. Arhitectura rețelei de stații terestre elaborate la UTM (Chișinău), cu conexiuni la Agenția Spațială Română (ROSA) și Agenția Spațială Europeană (ESA).

Un rol important se atribuie stației terestre cu antena parabolică cu diametrul $D=4,3$ m, pentru recepția imaginilor de la MS aflat pe orbită, care prin intermediul a două mecanisme de acționare distincte, dotate cu drivere, are posibilitatea de a se roti în jurul a două axe (elevație și azimut) în regim individual dirijate pe calculatorul-server. Lanțul cinematic al celor două mecanisme de acționare sunt dotate cu torsiioane mecanice pentru a exclude jocurile din angrenaje, astfel majorând precizia cinematică (unghiulară) de orientare a antenei parabolice la MS în zbor pe orbită.

Pentru montarea și exploatarea stației cu antena parabolică cu mobilitate pe elevație și azimut în zona adiacentă amplasării CNTS (str. Studenților, mun. Chișinău) a fost construită o clădire separată cu fundație din argilă compactată la adâncimea de 16 m, proiectată la UTM sub conducerea arhitectului Sergiu BOROZAN.

Pentru a extinde zona de monitorizare și control a atitudinii zborului MS, infrastructura terestră include un punct de sprijin secundar construit la cca 200 km depărtare în Liceul Teoretic din com. Brânza, r. Cahul. Punctul de sprijin este dotat cu o antenă telemetrică și echipament special, conectată prin fibră optică cu setul de antene și stația terestră cu antena parabolică, amplasate în Chișinău.

Infrastructura terestră mai include un observator astronomic, dotat cu un telescop model Celestron C14 amplasat în Chișinău, și altul - dotat cu un telescop Celestron C11, amplasat în punctul de sprijin din com. Brânza, r. Cahul. Serverele ambelor telescoape Celestron sunt conectate cu CNTS prin fibra optică. Astfel infrastructura creată din două telescoape conectate între ele și CNTS permite înregistrarea practic în timp real poziționarea MS în zbor din două puncte terestre. CNTS are conexiune cu Stația terestră telemetrică din Măgurele, România.

Conceptul de dezvoltare a infrastructurii CNTS cu o rețea de stații terestre interconectate a fost promovat în cadrul proiectului „Conectarea infrastructurii Centrului Național de Tehnologii Spațiale cu Global Network Educațional pentru operațiuni prin satelit”, conformat la cerințele de conectare a centrelor de excelență din Republica Moldova la infrastructura europeană de cercetare. Astfel s-a asigurat conectarea CNTS și a stațiilor terestre din Republica Moldova într-o rețea comună cu conexiune la ROSA și ESA. În consecință, această infrastructură va fi propusă la dispoziția cercetătorilor în parteneriate de cooperare internațională în domeniul tehnologiilor spațiale.

Acest proiect deja s-a înscris în prevederile Contractului de Grant Nr. 2014/346-992 din 24.09.2014 al Comisiei Europene „Suportul financiar pentru participarea Republicii Moldova în Programul Cadru al Uniunii Europene de cercetare-inovare ORIZONT 2020”.

Conectarea CNTS și a rețelei de stații terestre din Republica Moldova la Rețeaua Globală GENSO (*Global Educational Network for Satellite Operations*) oferă premise de extindere a cooperării internaționale în domeniul tehnologiilor satelitare, în special cu ROSA, va stimula dezvoltarea proiectelor educaționale în domeniu cu implicarea studenților, doctoranzilor și cadrelor tinere. Totodată, se vor deschide perspective noi pentru lărgirea diapazonului de cercetări cu caracter interdisciplinar și de elaborare de tehnologii și produse noi, se va aprofunda cooperarea dintre specialiștii din sfera cercetării și sectorul economic, creându-se, astfel, un fundament sigur pentru cooperarea pe plan internațional.

În aceeași perioadă a fost implementat și un proiect de transfer tehnologic privind consolidarea infrastructurii terestre a CNTS pentru dirijarea și monitorizarea zborului sateliților cu control local și teleghidat. În acest context a fost valorificat și un grant acordat de către Ministerul Științei și Educației din Germania pentru procurarea echipamentului de orientare, stabilizare și control al altitudinii microsateleților.

În prezent sunt depuse două oferte de proiecte privind „Monitorizarea poluării Mării Negre” (în parteneriat cu România, Turcia, Grecia, Republica Moldova și Ucraina) și „Deployment from the international Space Station Japanese Experiment Module KiboCUBE”, de la concursul organizat de Biroul Națiunilor Unite pentru Spațiul Exterior (UNOOSA) și Agenția Japoneză de Explorare Aerospațială (JAXA) pentru Programul de Cooperare al Națiunilor Unite / Japonia. Ultimul prevede lansarea în anul 2018 a nanosatelitului UTM tip CubeSat de pe Stația Spațială Internațională (ISS) cu ajutorul modulului experimental japonez KiboCUBE – „The United Nations/Japan Cooperation Programme on CubeSat Deployment from the International Space Station (ISS) Japanese Experiment Module (Kibo) „KiboCUBE” (http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/hsti/kibocube_2017.html).

acad. Ion BOSTAN,
director CNTS