

Proiectul: PN-III-P2-2.1-PTE-2019-0256-LOVITURĂ PERFORANT TERMOBARICĂ PENTRU ARUNCĂTORUL DE GRENADE AG 9 – 16PTE/2020 (ACRONIM EXPierce)

RELEVANȚA PROIECTULUI

Scopul proiectului îl reprezintă dezvoltarea **capacității de fabricare, la nivel industrial, a munițiilor cu efect perforant termobaric destinate aruncătorului de grenade AG-9**, prin transferul tehnologic și de know-how de la Centrul de Cercetare Științifică pentru Apărare CBRN și Ecologie (P1) la CN ROMARM SA în scopul asigurării **necesarului de înzestrare** al Forțelor Terestre Române cât și pentru beneficiari externi. Prin atingerea acestui deziderat se va asigura **creșterea capacității și competitivității economice**, cât și creșterea investițiilor în cercetare a agentului industrial, asimilând în fabricație un produs de **importanță strategică** și cu un potențial de piață ridicat, la momentul actual munițiile termobarice fiind produse de un număr restrâns de producători mondiali, iar cele în configurația propusă a se realiza în cadrul proiectului - **perforant-termobarică** - neaflându-se la această dată, în fabricație de serie sau pe lista de export a celor mai mari producători de armament din lume.

Față de munițiile convenționale, noua soluție **de muniție termobarică cu efect perforant, lansată dintr-un tun fără recul, reprezintă o noutate absolută pe plan mondial**, și posedă următoarele **avantaje și caracter inovativ**:

- Muniția prezintă **efect combinat** de schije și efect termobaric, fiind letală atât în spații închise cât și împotriva personalului neadăpostit;
- Spre deosebire de lovitură anti-tanc pentru aruncătorul AG-9, această muniție funcționează după străpungerea obstacolului sau blindajului, efectul exploziv-termobaric manifestându-se **în interior**, prin distrugerea clădirii sau mijlocului de luptă lovit;
- Datorită **încărcăturii termobarice**, efectul distructiv raportat la masa de exploziv transportată la țintă este **net superior** munițiilor cu încărcătură clasică;
- Prin organizarea interioară și mecanismul de funcționare s-a obținut o muniție **ce nu poate fi contracarată** de sistemele de autoprotecție utilizate de mijloacele blindate (Slat armor, Explosive reactive armor – ERA, Spaced armor);

Muniția va avea o eficacitate **sporită în lupta urbană**, fiind proiectată pentru a fi utilizată cu un sistem de **armament portabil**, aflat în dotarea unităților de infanterie, pentru distrugerea clădirilor **nemaifiind necesar** suportul de artilerie sau aviație.

DATE IDENTIFICARE PROIECT

► **AUTORITATE CONTRACTANTĂ** - Unitatea Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior, a Cercetării, Dezvoltării și Inovării;

► **PROGRAM** - P2-Creșterea competitivității economiei românești prin cercetare, dezvoltare, inovare;

► **SUBPROGRAM** - Subprogramul 2.1. - Competitivitate prin cercetare, dezvoltare și inovare – **PROIECT DE TRANSFER LA OPERATORUL ECONOMIC**;

► **DIRECTIA DE CERCETARE** - Spațiu și Securitate;

► **TITLUL PROIECTULUI** - Lovitură perforant termobarică pentru aruncătorul de grenade AG-9;

► **COD DE IDENTIFICARE** - PN-III-P2-2.1-PTE-2019-0256;

► **CONTRACT** – 16 PTE/ 08.06.2020;

► **ACRONIM** - ExPierce;

► **COORDONATOR PROIECT** – Compania Națională ROMARM SA – CN ROMARM SA;

► **PARTENER 1** - MINISTERUL APĂRĂRII NAȚIONALE prin Centrul de Cercetare Științifică pentru Apărare CBRN și Ecologie;

► **DIRECTOR PROIECT** – Ec. Tiberiu Alexandru PÎRVU;

► **FINANTARE** - Bugetul national prin P2-Creșterea competitivității economiei românești prin cercetare, dezvoltare, inovare, Subprogramul 2.1. - Competitivitate prin cercetare, dezvoltare și inovare – **PROIECT DE TRANSFER LA OPERATORUL ECONOMIC – Competiția 2019**;

► **COFINANTARE** – Surse proprii;

► **VALOAREA TOTALĂ A CONTRACTULUI** -1.515.866 lei, din care:

- Sursa 1 – de la bugetul de stat – 990.000 lei;
- Sursa 2 – din alte surse (cofinanțare) – 525.866 lei;

PREZENTAREA CONSORTIULUI

I. ORGANIZAȚIILE PARTENERE ÎN PROIECT

COORDONATOR PROIECT: Compania Națională ROMARM SA – CN ROMARM SA;

DIRECTOR PROIECT: Ec. Tiberiu Alexandru PÎRVU;

PARTENER 1: În MINISTERUL APĂRĂRII NAȚIONALE prin Centrul de Cercetare Științifică pentru Apărare CBRN și Ecologie;

RESPONSABIL DE PROIECT: Cpt. Ing. Ovidiu IORGA;

II. DURATA PROIECTULUI - 24 luni;

DATE DESPRE PARTENERI



CO-Compania Nationala ROMARM SA, cu sediul în București, Bulevardul Timisoara nr. 5B, Sector 6, Cod 061301, tel: +4-021-3171971, fax: +4-021-3171984, <http://www.romarm.ro>, e-mail: office@romarm.ro, înregistrata la Registrul Comertului nr. J40/10841/2000, Cod

fiscal 13554423, cont bancar IBAN: RO46TREZ7005069XXX000404, Trezoreria A.T.C.P. Mun. Bucuresti, reprezentata prin **Director General Gabriel TUȚU**, **Director Economic Florentina MICU** și **Director de Proiect Tiberiu Alexandru PÎRVU**, tel: +4-021-3171971, fax: +4-021-3171984, tel. mobil: 0740-313-942 e-mail: tiberiu.parvu@gmail.com;



P1 - Ministerul Apărării Naționale, prin Centrul de Cercetare Științifică pentru Apărare CBRN și Ecologie, cu sediul în București, Șos. Olteniței, nr. 225, sectorul 4, Cod 040309, tel: 021.332.11.99, fax: 021.332.21.15, e-mail: office@nbce.ro, cod fiscal 4193044, cont bancar IBAN: RO20TREZ70420E332000XXXX, Trezoreria Sectorului 4, reprezentata prin **Director col.dr.ing. Gabriel EPURE**, **Contabil șef lt.col. Ionel IVAN** si **Responsabil de proiect cpt.ing. Ovidiu IORGA**, tel. 0721346196, Fax: 021.332.21.15, email: ovidiu.iorga@nbce.ro;

OBIECTIVELE SI ETAPELE DE REALIZARE ALE PROIECTULUI

Obiectiv general

Obiectivul general al proiectului constă în **realizarea** produsului „**Lovitură perforant termobarică pentru aruncătorul de grenade AG-9**” utilizand tehnologii integrate si flexibile pentru aplicatii industriale, sectoriale si intersectoriale.

Obiective specifice

Obiectivul 1. Dezvoltarea, prin transfer tehnologic de la Centrul de Cercetare pentru Apărare CBRN și Ecologie la ROMARM SA a produsului „**Lovitură perforant-termobarică pentru aruncătorul de grenade AG-9 calibru 73mm**”, denumit în continuare „**PGTB-9**”, la nivel **prototip industrial**.

Acest obiectiv va fi realizat prin transferul **specificației de dezvoltare** (valabil model experimental) și adaptarea acesteia la ultimele **evoluții**, în ceea ce privește performanțele și caracteristicile de siguranță ale muniției, prin activități de **cercetare industrială și experimentare**.

Obiectivul 2. Dezvoltarea tehnologiei și realizarea instalației de fabricație a produsului **PGTB-9**, la nivel industrial, pentru o capacitate de producție de **10.000** de bucăți anual, folosind tehnologii cu **grad ridicat de siguranță**, prin dezvoltarea unor **procese industriale moderne**, preponderent automatizate.

Obiectivul 3. Fabricarea și testarea produselor PGTB-9, la nivel industrial – serie 0. Produsele vor fi realizate și testate în conformitate cu ultimele **evoluții și cerințe existente la nivel internațional**, urmărind asigurarea caracteristicilor de **siguranță și performanță** ale produsului, în conformitate cu standardele **NATOSTANAG** și se va urmări validarea tehnologiei industriale de fabricație. Pentru atingerea acestui obiectiv, **lotul industrial-serie 0** va parcurge un amplu **program de testare-evaluare de dezvoltare** ce va cuprinde evaluarea conformității și compatibilității produsului, parcurgerea testelor mecano-climatice, a siguranței în depozitare și în exploatare cât și evaluarea caracteristicilor de performanță (precizie, bătaie, capacitate de perforare și capacitate de distrugere).

Obiectivul 4. Stabilirea unui parteneriat durabil între P1 și CO în vederea desfășurării de activități de transfer tehnologic și de know-how, prin **creșterea investițiilor CO în cercetare-dezvoltare**, în scopul dezvoltării, în colaborare, a unor **produse de înaltă specializare**, aflate în tendințele ultimelor evoluții în sfera **înzestrării armatelor moderne**.

REZULTATE PRECONIZATE SI DISEMINAREA ACESTORA

Rezultate așteptate

Nivelul de maturitate tehnologică la sfârșitul proiectului va fi de nivel **TRL 6**, proiectul finalizându-se cu testarea evaluarea de dezvoltare a unui **lot serie 0**, a câte **200 bucăți PGTB-9**, obținute pe **instalația de fabricație** a produsului dezvoltată în cadrul proiectului. Programul de testare-evaluare de dezvoltare va cuprinde și etapa de testare în condiții **mecano-climatice relevante**, ce simulează condițiile operaționale, după cum urmează:

***Testări climatice** specifice zonelor climatice de utilizare și depozitare (temperaturi pozitive și negative extreme, precipitații, cicluri termice/umiditate diurne/sezoniere) și testarea prin trageri după condiționarea muniției la aceste condiții climatice, conform **NATO AECTP 300 – Climatic environmental tests**;

***Teste mecanice** cu privire la siguranța în depozitare și manipulare (căderi accidentale, vibrații la transport, căderi în lada de transport), conform **NATO AECTP 400 – Mechanical environmental tests**;

***Teste de siguranță privind armarea sigură și distanța de armare a focosului muniției**, în conformitate cu standarde militare tehnice.

La începutul proiectului vor fi efectuate activități de **cercetare experimentală** pentru a îmbunătăți capacitatea de perforare și pentru **optimizarea efectului distructiv** al componentei de luptă, folosind soluțiile inovative dezvoltate recent de **P1**.

Proiectul se va finaliza cu omologarea produsului de către MapN, în scopul admiterii acestuia la testarea operațională. Considerăm că prin testarea în condiții mecano-climatice și de sistem (teste cu aruncător de luptă) ce simulează condițiile reale de utilizare, folosind pentru testare lotul serie 0 realizat în mediu industrial, proiectul va atinge la sfârșit nivelul de maturitate tehnologică **TRL 6**. Pentru a atinge nivelul de maturitate tehnologică dorit, în cadrul proiectului vor fi găsite soluții pentru următoarele **provocări tehnologice**:

- **Îmbunătățirea capacității de perforare a muniției, prin aplicarea unor tehnologii integrate de fabricație a corpului-proiectil, care permit obținerea unor valori remarcabile de rezistență; se dorește realizarea corpului proiectil dintr-un oțel durificabil prin precipitare - Maraging 300 Mod (care are un conținut de cca. 12% Ni, în loc de 18% Ni - în scopul creșterii temperaturii de tranziție alfa-gama de la cca. 450°C la 650 °C și implicit mărirea stabilității precipitatelor cu limita elastică ridicată (1750 MPa), duritate cca. 600 HB, densitate 4-4.5 g/cm³, porozitate mai mare de 40 %, tendință mică de întărire la deformare $N \approx 0,025$ și capacitate mare de absorbție a energiei cinetice capabilă să asigure disiparea acesteia într-un volum mare de material (datorită realizării pe direcție transversală a unui gradient structural));**

- **Dezvoltarea unei instalații automate de preparare, dozare și încărcare a amestecului termobaric în muniție, acest amestec fiind o compoziție vâscoasă cu proprietăți tixotropice. Acest deziderat va fi atins prin utilizarea unor adaosuri tehnologice de modificare a reologiei compoziției;**

- **Asigurarea securității pirotehnice a activităților întreprinse în cadrul proiectului și a activităților ulterioare de fabricație a muniției. Acest deziderat va fi atins prin realizarea unei incinte spațiale special destinată activităților de preparare și încărcare a amestecului termobaric, dotată cu instalații anti-ex, exhaustoare de pulberi și vapori, suprafețe de lucru și ustensile antistatice și alte echipamente auxiliare necesare, rezultate din studiul de securitate pirotehnică, realizat în cadrul proiectului.**

Drepturile de difuzare a rezultatelor

1. Rezultatele obținute în cadrul proiectului vor fi diseminate de către toți membrii consorțiului prin prezentarea produsului la expoziții tehnico-științifice, publicarea de articole științifice, participarea la conferințe, etc. La nivelul anului 2020 **diseminarea** va consta în publicarea a min.două **articole științifice** în reviste de specialitate **cotate ISI** (International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion; Pyrotechnics, Explosives and Propellants; Journal of Energetic Materials; Central European Journal of Energetic Materials) și o participare cu poster/prezentare/articol la o conferință de specialitate cu participare internațională (New Trends in Research of Energetic Materials – NTREM sau Greener and Safer Energetic and Ballistic Systems – GSEBS).

Brevetarea soluțiilor tehnologice inovative – de către CO în colaborare cu P1, prin elaborarea și depunerea documentației necesare înregistrării în anul 2021 cel puțin a unei cereri de brevet de invenție la OSIM pe tematica proiectului EXPierce.

2. **Coordonatorul proiectului va avea drept de proprietate industrială asupra produsului (drept de fabricație și comercializare a produsului, fără înstrăinarea sau licențierea produsului către terți, fără aprobarea M.Ap.N.).** În relațiile comerciale cu M.Ap.N. privind produsul transferat, coordonatorul proiectului nu va percepe marje de profit mai mari de 5%. În cazul unor comenzi concurente privind produsul transferat, **CN ROMARM SA-Filiala UM Plopeni** se obligă să preia cu prioritate comenzile Ministerului Apărării Naționale, în defavoarea altor clienți.

Rezultate Etapa I

Sinteza cheltuielilor

Naturi cheltuielilor		Cheltuieli Etapa I 16PTE -Lei		
		Buget de stat	Cofinanțare	Total
1	Cheltuieli cu personalul	222.112	30.891	253.003
2	Cheltuieli cu logistica din care:	51.834	55.011	106.845
	2.1. Cheltuieli de capital/Echipamente	0	0	0
	2.2. Cheltuieli privind stocurile	35.714	27.811	63.525
	2.3. Cheltuieli cu serviciile executate de terți	16.120	27.200	43.320
	2.3.1 Cheltuieli de subcontractare	13.800	27.200	41.000
	2.3.2 Alte cheltuieli cu serviciile executate de terți	2.320	0	2.320
3	Cheltuieli de deplasare	4.160	4.590	8.829
4	Cheltuieli indirecte (regia)	38.694	15.813	54.507
TOTAL		316.800	106.305	423.184

Rezumat date științifice și tehnice

Activitatea 1.1- Analiza tehnologiei integrate inovative de fabricatie a modelului experimental de munitie termobarică perforantă pentru aruncătorul AG-9 pentru fabricatia industrială a lotului prototip și transfer tehnologic;

Act.1.1.1.Analiza variantelor tehnologice integrate ale fluxului de fabricatie preliminar, de realizare a elementelor constructive ale munitiei cu efect termobaric;CO-CN ROMARM SA

Pentru alegerea fluxului tehnologic au fost analizate mai multe variante de realizare a muniției termobarice, având în vedere aspecte ce țin de securitatea proceselor de fabricație, optimizarea în considerente de timp și manoperă, rezultând varianta optimă de flux integrat de fabricație, prezentat în schemele următoare:

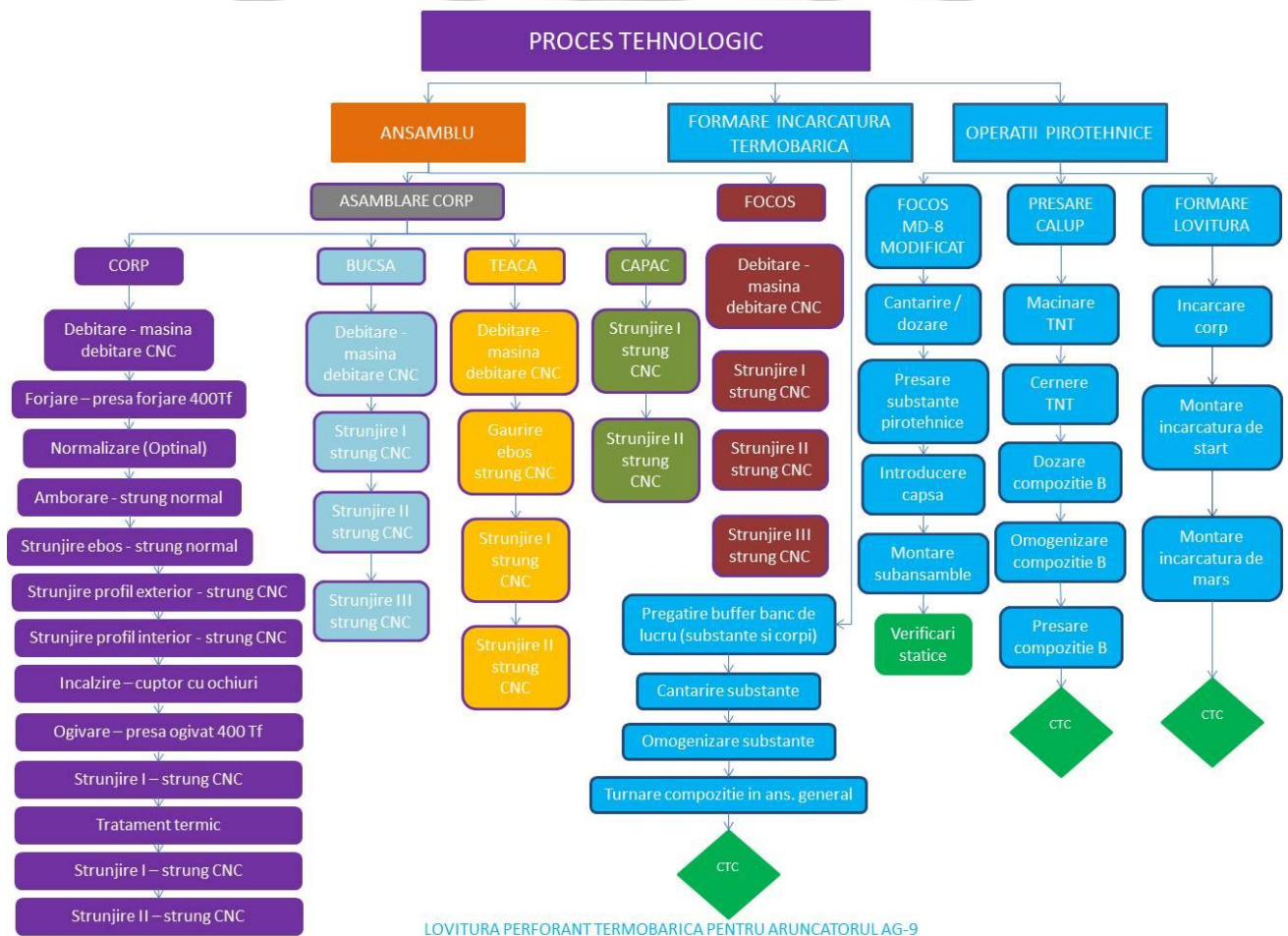


Figura 1-Flux tehnologic integrat de realizare a loviturii perforant termobarice pentru aruncătorul AG-9

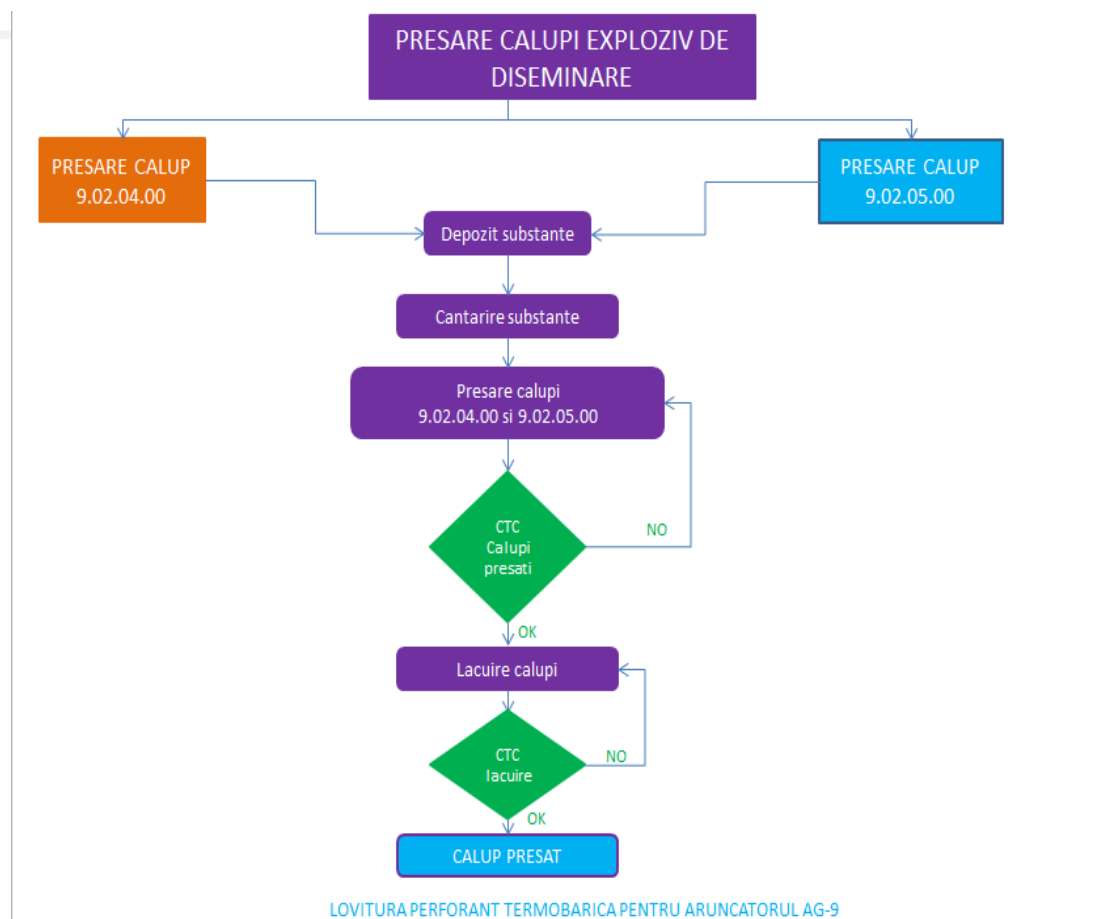


Figura 2-Flux tehnologic de realizare a calupilor de exploziv de diseminare

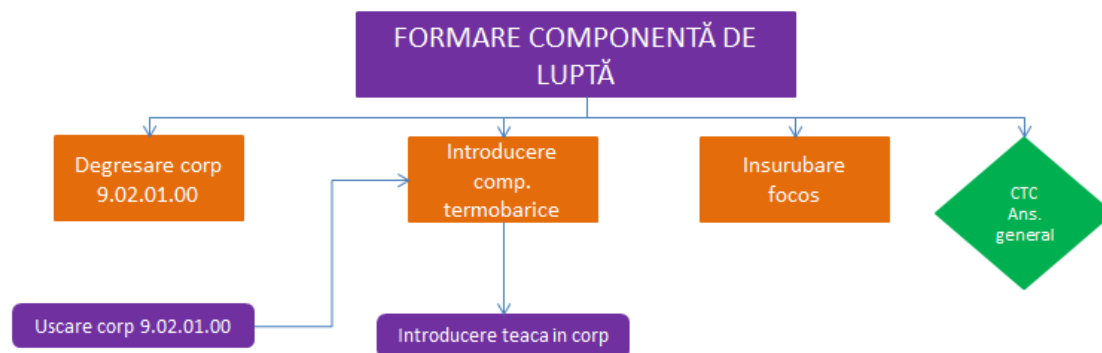
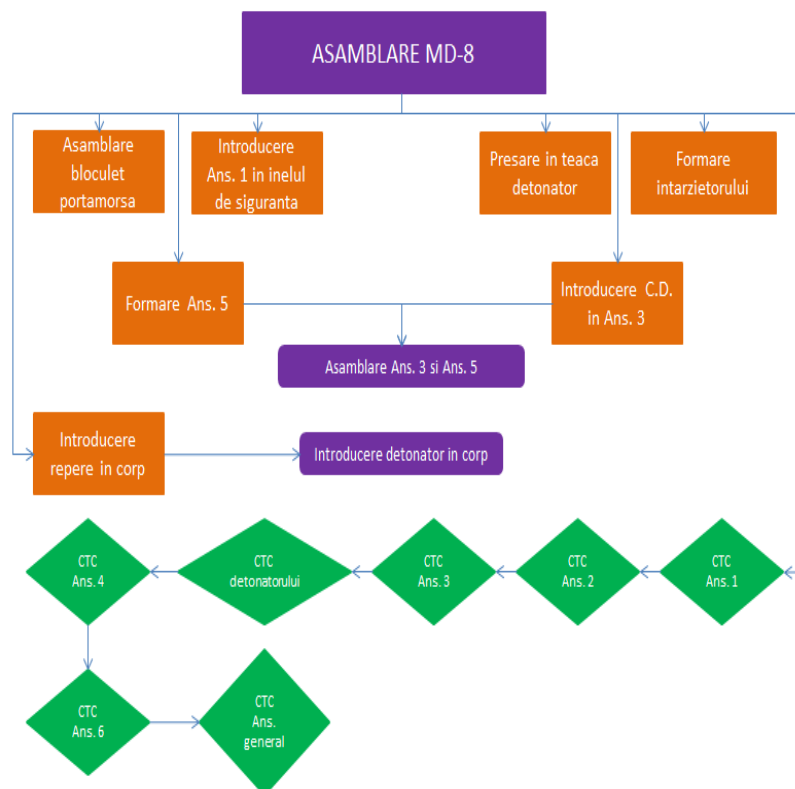
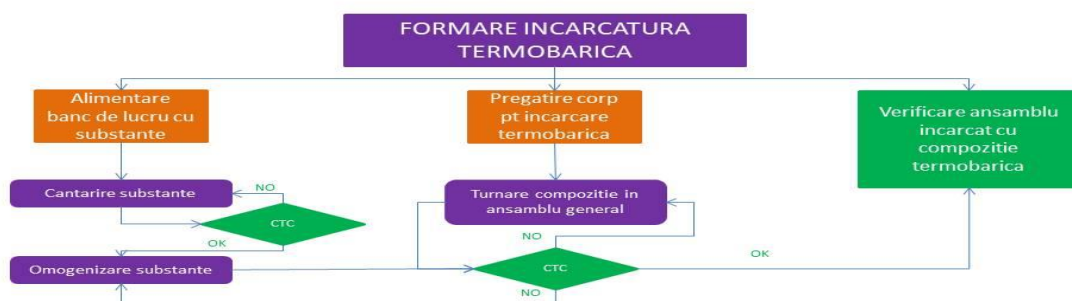


Figura 3-Flux tehnologic de realizare a componentei de luptă



LOVITURA PERFORANT TERMOBARICA PENTRU ARUNCATORUL AG-9

Figura 4-Flux tehnologic de realizare a focosului de fund



LOVITURA PERFORANT TERMOBARICA PENTRU ARUNCATORUL AG-9

Figura 5 - Flux tehnologic de formare a încărcăturii termobarice

Act. 1.1.2. Elaborare documentatie tehnologica de fabricatie a componentelor de lupta a munitiei cu efect termobaric; Elaborare documentatie tehnologica de fabricatie a retetei amestecului termobaric, cu stabilitate chimica ridicata P1-CCSACBRNE;

În cadrul activității, a fost elaborată schema divizată de lucru pentru realizarea produsului ExPierce, în baza **specificației de dezvoltare nr. A₂S 1405** din **27.05.2019** (transferată de la P1 la CO) și a fost elaborată tehnologia de fabricație a componentelor muniției cu efect termobaric, parcurgând următoarele etape:

1. Analiza desenelor tehnice ale produsului
2. Solutie tehnica in vederea stabilirii solutiei constructive optime
3. Proiectare scule si dispozitive necesare.
4. Realizarea desenelor de executie SDV-uri.
5. Trimitere in productie.

S-au stabilit următoarele operații specifice secțiilor de producție:

SECTIA FORJA

Operatii pregatitoare operatiei de presare:

- Debitare material pe masina de debitata cu comanda numerica – sectia uzinaj (functie de greutatea mentionata in documentatia tehnica emisa de serviciul proiectare);
- Trasport calup materie prima către sectia forjare.

Presare

- Incalzire materie prima - în cuptor la o temperatură constanta de 820°C;
- Mentinere si uniformizare temperatura material timp de 5-6 minute (cuptor electric) sau 10-15 minute (cuptor pe gaz);
- Verificare a temperaturii cu ajutorul pirometrului;
- Se elimina zgura;
- Introducere material incalzit in oala de presare – presa forjare;
- Efectuare presare – presa forjare;
- Eliminare forma din presa;
- Verificari dimensionale-constructive si vizuale;
- Racire forma in nisip sau optional normalizare (la cel mult 700°C);
- Transport forma catre sectia uzinaj.

Ogivare

- Incalzire formă strict pe zona necesară ogivarii (lungime 150-200mm maxim) – în cuptor la o temperatură constantă de 820°C;
- Mentinere si uniformizare temperatura material timp de 5-6 minute (cuptor electric) sau 10-15 minute (cuptor pe gaz);
- Verificare a temperaturii cu ajutorul pirometrului;
- Introducere material încălzit în coafa de ovigare – presa forjare;
- Efectuare ogivare – presa forjare;
- Eliminare piesa din coafa de ogivare;
- Verificari dimensionale-constructive și vizuale;
- Se depoziteaza în containere special amenajate în vederea racirii;
- Se realizeaza sablarea piesei;
- Transport forma către sectia uzinaj.

SECTIA UZINAJ

Operatii corp – presat

- Amborare –strung normal;
- Strunjire ebos – strung normal;
- Strunjire profil exterior – strung cu comanda numerică;
- Strunjire profil interior – strung cu comanda numerică;

Operatii corp – ogivat

- Strunjire I – strung cu comanda numerica;
- Tratament termic – calire-revenire;
- Strunjire II – strung cu comanda numerica;

Operatii bucsa

- Debitare in bucati – masina de debitat cu comanda numerica;
- Strunjire I – strung cu comanda numerica;
- Strunjire II – strung cu comanda numerica;
- Strunjire III – strung cu comanda numerica;

Operatii teaca

- Debitare in bucati – masina de debitat cu comanda numerica;
- Gaurire ebos – strung normal;
- Strunjire I – strung cu comanda numerica;
- Strunjire II – strung cu comanda numerica;

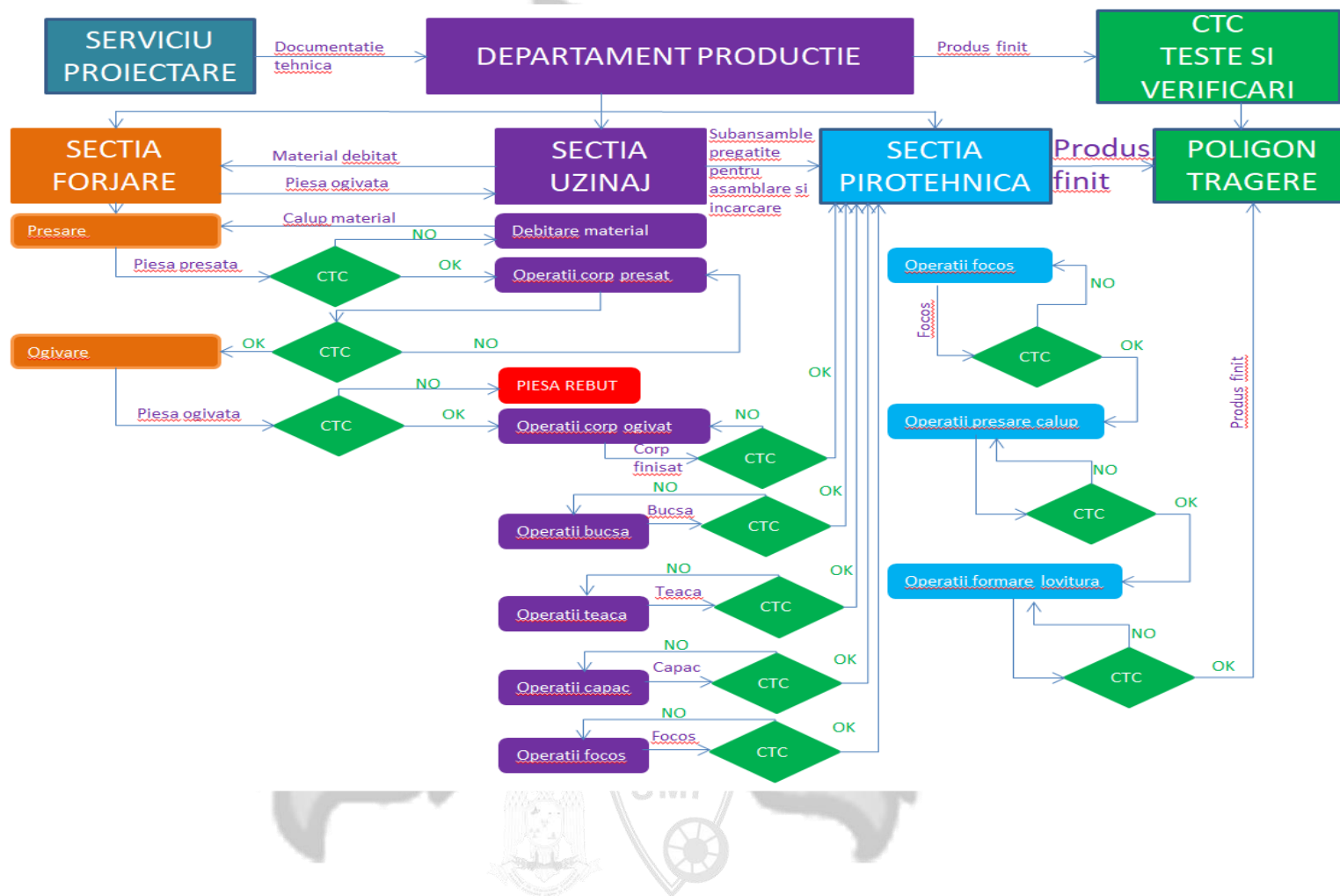
Operatii capac

- Strunjire I – strung cu comanda numerica;
- Strunjire II – strung cu comanda numerica;

Operatii focos

- Debitare materie prima – masina de debitat cu comanda numerica;
- Strunjire ebos – strung normal;
- Strunjire I – strung cu comanda numerica;
- Strunjire profil exterior – strung cu comanda numerica;
- Strunjire profil interior – strung cu comanda numerica;
- Frezare;
- Rectificare;
- Gaurire;





În ceea ce privește activitatea de „*Elaborare documentatie tehnologica de fabricatie a retetei amestecului termobaric, cu stabilitate chimica ridicata*” au fost efectuate următoarele activități:

► **Cercetări experimentale cu privire la stabilitatea chimică și fizică a amestecului termobaric:**

- Au fost evaluate mai multe sisteme de stabilizare fizică a amestecului eterogen, utilizând agenți de gonflare, sub formă de fibre sau pulbere;
- Eficiența de stabilizare fizică a fost evaluată prin determinarea vitezei de sedimentare, pentru sisteme eterogene concentrate (**Navier –Stokes**);
- A fost evaluată stabilitatea chimică a amestecului termobaric, prin proceduri de îmbătrânire accelerată și analiza GC-MS (Gaz cromatografie cuplată cu spectrometrie de masă). Din analizele efectuate s-a constatat o puritate inițială a componentului izopropil nitrat de 95%, puritate care s-a pastrat și după aplicarea procedurilor de îmbătrânire accelerată.

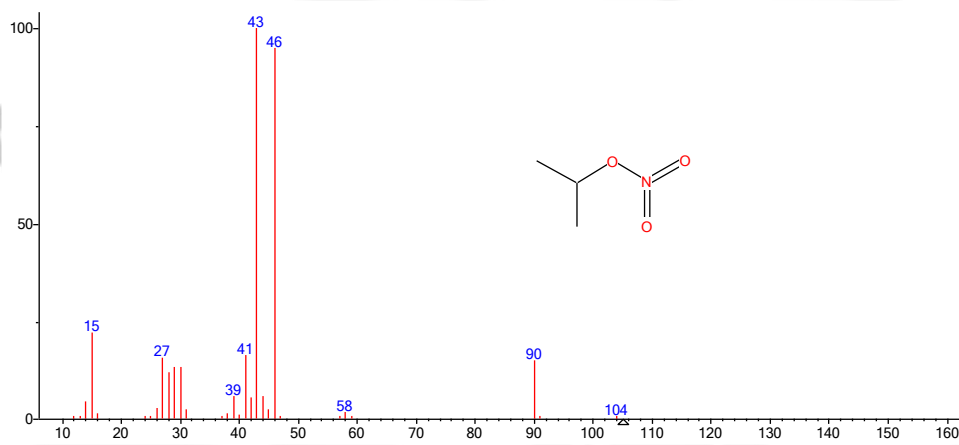


Figura 7-Spectrul de masă al Izopropil nitrat (masă molară 10⁵g/mol)

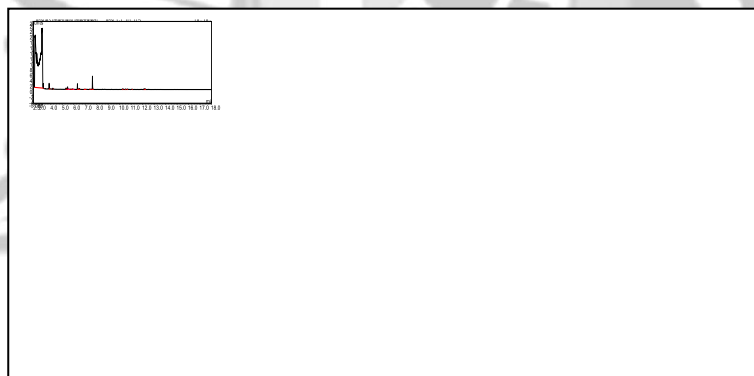


Figura 8- Cromatograma totală de ioni pentru amestecul termobaric (puritate 95%)

A fost realizat **un studiu experimental** ce a cuprins teste prin trageri pentru determinarea rețetei de amestec termobaric cu **performanțe optimizate** din punct de vedere al parametrilor de performanță (suprapresiune în frontul undei de șoc, impulsul undei de șoc, timp de ajungere al undei de șoc, impuls termic dezvoltat de explozia termobarică) atât în spațiu deschis cât și în condiții de confinare (în interiorul puțului de eclatare muniții). **Rezultatele obținute fac obiectul unui articol cotate ISI la revista Propellants, Explosives and Pyrotechnics, articol în curs de acceptare**, motiv pentru care datele experimentale vor fi publicate pe siteul proiectului după publicarea articolului.

A fost realizată **specificația de fabricație a explozivului termobaric**, pornind de la amestecul optimizat din punct de vedere al performanțelor, utilizând la realizarea acestuia materiile prime și utilajele disponibile la Coordonator.

Act. 1.2.1. Elaborare documentatie tehnica de fabricatie a focosului munitiei; Elaborare documentatie tehnica de fabricatie a motorului reactiv; Elaborare documentatie tehnica de fabricatie a incarcaturii de start

a munitiei; Elaborare documentatie tehnica de fabricatie a reperelor auxiliare (corp, ampenaj, etc); Elaborarea documentatiei tehnice de asamblare a munitiei complete cu efect termobaric;

In cadrul acestei activități a fost elaborată **documentația tehnică de fabricație a focosului** muniției cu următoarele cerințe specifice:

- **Focosul utilizat este un focos de fund**, fiind amplasat la partea posterioară a componentei de luptă, în scopul maximizării integrității structurale a varfului perforat;

- **Focosul utilizat are o construcție robustă și etanșă**, fiind înșurubat în bușă de reducere special proiectată. Focosul rezistă la solicitări dinamice atât în țevă cât și la impactul cu ținta. Focosul are rol de închidere etanșă a părții posterioare a componentei de luptă și are rol structural la impactul cu ținta, deoarece motorul de marș se rupe de componenta de luptă;

- **Focosul asigură o durată de întârziere specifică timpului de perforare a țintelor de tip beton cu grosime de 400mm, respectiv 3-10ms**. Această întârziere este realizată pirotehnic și are rolul de a introduce un timp de întârziere între momentul impactului cu ținta și explozia componentei de luptă, pentru a obține efectul exploziv în interiorul țintei.

- **Focosul asigură prin mecanismul de siguranță o armare a acestuia exclusiv la solicitări dinamice la tragere (expulzarea cu viteză la gura țevii de $270 \pm 20 \text{ m/s}$)**, lanțul de foc fiind aliniat doar în afara țevii aruncătorului. Sistemul de siguranță este constituit dintr-un cilindru debitat ce se testează static înainte de constituirea focosului.

In cadrul acestei activități a fost elaborată **documentația tehnică de fabricație a motorului** reactiv, cu următoarele caracteristici:

- **Motorul reactiv este dimensionat constructiv** pentru a rezista fără deformări elastice sau plastice la solicitările dinamice specifice fazei de balistică interioară cât și la solicitările mecanice și termice pe timpul duratei de combustie a acestuia;

- **Motorul reactiv este prevăzut cu un brau director la partea posterioară, cu rol de centrare a muniției în țevă**, în conjuncție cu cele două braie directoare aflate pe proiectil;

- **Motorul reactiv are, pe ansamblul ajutorului, degajări orientate gazodinamic** pentru a imprima muniției mișcare lentă de rotație (în lipsa tragerii cu țevă ghintuită);

- **Motorul reactiv este prevăzut cu mecanism de acuplare a încărcăturii de start**, și a fost calculat pentru a ceda la o presiune de amorsare impusă de gura de foc, astfel încât fenomenul dezacuplării de încărcătura de start și debutul mișcării muniției în țevă să fie controlabil;

- **Motorul reactiv este prevăzut cu un mecanism de etanșare a ajutorului**, pentru a preveni aprinderea pulberii reactive de la gazele de ardere provenite de la încărcătura de start;

- **Motorul reactiv este prevăzut cu mecanism inerțial de aprindere**, folosind accelerația în țevă pentru angrenarea unui mecanism de percuție, ce inițiază o capsă pirotehnică cu întârziere. Motorul reactiv este proiectat să se aprindă doar în afara țevii, la distanțe cuprinse între 8 și 12 m de aceasta.

- **Motorul este proiectat la partea posterioară cu un ansamblu stabilizator cu aripioare extensibile, pentru stabilizarea aerodinamică a proiectilului** pe traiect prin deplasarea către înapoi a centrului de presiune al muniției și imprimarea unei mișcări de rotație lentă.

In cadrul acestei activități a fost elaborată documentatia tehnica de fabricatie a **încărcăturii de start a muniției**, cu următoarele caracteristici:

- Încărcătura de start a fost proiectată pentru a fi compatibilă atât cu aruncătorul AG-9 cât și cu sistemul de acuplare aflat pe ajutorul motorului rachetă;

- A fost aleasă o pulbere dublă baza lamelară drept propellant, prin asimilare de la muniția antitanc cumulativă;

- Încărcarea muniției se face prin spate și după tragere, ansamblul suport al încărcăturii de start se extrage tot prin spate;

- Încărcătura de start este inițiată de două capse electro pirotehnice, contactul electric fiind asigurat de un inel izolat electric pe partea posterioară a încărcăturii de start;

- Încărcătura de start a fost proiectată, în relație cu masa muniției, astfel încât deflagrația acesteia să asigure o viteză a ansamblului componentă de luptă-motor de reactiv cât mai mare, cu respectarea presiunii maxime admisibile în țevă (790 kgf/cm^2).

În cadrul acestei activități a fost elaborată documentația tehnică de **fabricație a reperelor auxiliare** (corp, ampenaj, etc), cu următoarele caracteristici:

- Pentru realizarea reperelor auxiliare s-au adoptat procese de fabricație cu grad înalt de automatizare, care să permită realizarea reperelor cu abateri sub limitele admise în specificația de dezvoltare;
- Materialele alese pentru fabricație sunt disponibile în stocurile Coordonatorului, fiind utilizate în producția curentă de muniție;

În cadrul acestei activități a fost elaborată **documentația tehnică de asamblare a muniției** complete cu efect termobaric, cu următoarele caracteristici:

- Procesul de asamblare are în vedere securitatea tuturor operațiilor de asamblare;
- Încărcarea în muniție a amestecului termobaric se realizează în încăperi special destinate pentru activități pirotehnice, prevăzute cu exhaustoare pentru eliminarea acumulării de vapori explozivi;
- Încărcarea tecii de exploziv de diseminare, montarea focoaselor și a motorului rachetă se desfășoară pe bancuri de lucru antiex, cu respectarea consemnului pirotehnic particularizat pentru fiecare operație în parte.

Act. 1.2.2. Elaborarea procedurilor tehnice de fabricație, montare și asamblare finală a componentelor principale și auxiliare de luptă a muniției termobarice.; 2. Stabilirea tehnologiei inovative optimizate de realizare a focosului, motorului racheta și încărcăturii de start.; 4. Proiectarea și definitivarea tehnologiei integrate de realizare a lotului prototip de muniție termobarică perforantă pentru aruncătorul AG-9; 5. Elaborarea documentației tehnice de asamblare finală a muniției, marcare și livrare; 6. Elaborarea documentației tehnice de ambalare a muniției; 7. Elaborarea unui studiu tehnic de securitate pirotehnică pentru reglementarea în conformitate cu prevederile legislației în vigoare a caracteristicilor de siguranță ale materiilor prime, amestecului termobaric și asamblare a muniției cu efect termobaric.; 8. Definitivarea documentației tehnologice de fabricație a întregului ansamblu de muniție termobarică pentru aruncătorul AG-9.

Activitățile planificate au fost realizate integral, prin definitivarea documentațiilor aferente tuturor etapelor de fabricație, procedurilor de verificare tehnică calitativă pe fluxul de fabricație. Pentru verificarea și validarea tehnologiei integrate de fabricație, au fost întreprinse teste de casă pentru fabricația elementelor componente ale muniției cât și teste prin trageri pentru funcționalității și conformității produsului obținut prin fabricație la model industrial.

Testele și verificările au fost realizate în baza **planului de experimentare nr. 3902 din 18.11.2020, Anexa I** la prezentul raport.

Datele studiului de securitate pirotehnică au stat la baza definitivării documentației tehnologice de fabricație, iar activitățile pentru realizarea lotului experimental realizat în mediu industrial au fost desfășurate respectând reglementările și consemnele de securitate impuse în prezentul document.

Lotul model experimental realizat în mediu industrial (la Coordonator, în baza transferului tehnologic) a fost constituit din următoarele muniții:

- **15 lovituri cu încărcătură de start reală, motor reactiv complet echipat și componentă de luptă lestată cu focos real.**
- **3 componente de luptă încărcate cu teacă de exploziv de diseminare și încărcate cu exploziv termobaric.**



Figura 9-Componente de luptă încărcate (15 lestate cu focos real și 3 încărcate cu amestec termobaric și teacă de diseminare)



Figura 10-Încărcături de start și motoare reactive în ambalaj, pregătite pentru asamblarea muniției



Figura 11-Muniție pregătită pentru realizarea tragerilor (fără încărcătura de start acuplată)

Figura 12-Lovitura complet echipată, înainte de încărcare în tunul de luptă

Obiectivele testelor de casă și simulărilor numerice efectuate în cadrul proiectului au urmărit **determinarea parametrilor de balistică interioară, exterioară și terminală**, astfel:

- Realizarea unui studiu de balistică interioară a loviturii nou proiectate;
- Determinarea prin trageri a presiunii maxime dezvoltate în țeavă;
- Determinarea prin trageri a vitezei la gura țeavii a muniției nou proiectate;
- Determinarea prin trageri a caracteristicilor de balistică exterioară a loviturii;
- Determinarea prin trageri a stabilității și integrității pe traiect a loviturii;
- Determinarea prin trageri a distanței minime de siguranță pentru inițierea motorului rachetă.
- Determinarea prin trageri a armării focosului și funcționarea corectă, după penetrarea unei ținte de oțel blindaj de 15mm.
- Determinarea funcționării complete și corecte a componentei de luptă.

Realizarea unui studiu de balistică interioară a loviturii nou proiectate

Printre sistemele de armament utilizate de către armatele moderne se numără și aruncătoarele (tunurile) fără recul. Avantajele utilizării acestui tip de armament este legat de viteza la gura țeavii, precizia, multitudinea de tipuri de muniții care se pot trage, manevrabilitatea, portabilitatea și lipsa reculului acestui sistem de armament. Datorită construcției tunurilor fără recul, o parte din producții de combustie ai pulberii de azvârlire sunt ejectați prin ajutorul anterior al țeavii (de Laval), creând o forță de reacție menită să anuleze reculul indus în tun de propulsia către înainte a loviturii.

În mai multe lucrări, legea geometrică de ardere, propusă de Vielle și Saint Robert a fost extrapolată ulterior la tunuri fără recul de către Serebryakov și este utilizată pentru a descrie performanțele balistice ale diverselor tipuri de pulberi de azvârlire. [1,3] Alte lucrări propun un model matematic unificat bazat pe modelarea bidimensională a curgerii prin țeavă și ajutorul a gazelor de ardere, utilizând modelul arbitrar Lagrange-Euler (ALE)[2.] Abordări similare au fost adoptate utilizând algoritmi bazați pe modelul lui Resal de conservare a energiei, extins pentru modele de ardere a pulberilor sferice și a celor perforate, model în care transformarea adiabatică este guvernată de echilibrul energetic dintre energia fracției năse de pulbere și energia gazelor de ardere.[4] Modele mai complexe au fost prezentate recent [5], precum modelul balistic pentru densități mari de încărcare pentru pulberi simple sau mixte, precum și modele unidimensionale cu curgere în fază duală. Ecuațiile de conservare a masei, momentului și energiei pentru ambele faze sunt modelate într-un sistem Euler-Euler.

Modelul utilizat pentru prezentul studiu este inspirat din lucrările [6,7] și se bazează pe următoarele ipoteze simplificatoare:

- **Energia cinetică este neglijată;**
- **Covolumul pulberii este neglijat;**
- **Presiunea de amorsare este considerată 0.**

Masa proiectilului este 3700 ± 75 g. Variațiile de masă apar în cadrul fabricării în urma procesului de forjare și din cauza faptului că proiectilul nu este prelucrat ulterior la interior. Valoarea masei proiectilului considerată în calculele ulterioare este de 5500 g, suplimentată masei motorului rachetă de 1800 g. Balistica interioară studiază fenomenele fizice și chimice ce au loc din momentul inițierii amorsei până la momentul părăsirii țevii de către proiectil. Aceasta permite determinarea proceselor ce au loc în interiorul țevii și calculul vitezei maxime a proiectilului, a presiunii maxime în interiorul camerei de ardere și a accelerației proiectilului. [8]

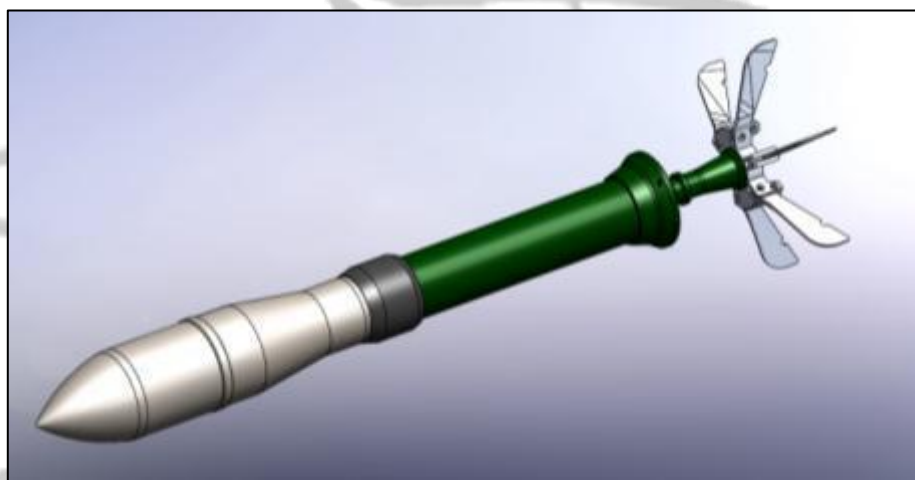


Figura 13 - Modelul 3D al proiectilului

În vederea descrierii proceselor și a modelului matematic, anumite ipoteze simplificatoare sunt necesare:

- Legea de ardere a propergolului este liniară și proporțională cu presiunea.
- Se va considera covolumul gazelor ca fiind independent de temperatură.
- Deformările țevii sunt neglijabile.
- Nu există pierderi sub formă de propergol neardut evacuat prin ajutoraj. Cu toate acestea, se va ține cont de existența pierderilor cu ajutorul unui coeficient.
- Tranziția de la arderea izocoră la momentul începerii curgerii gazelor prin ajutoraj este instantanee, curgerea putând fi considerată cvasi-staționară.

Spre deosebire de modelele ce descriu fenomenele clasice de balistică interioară a unei guri de foc, lansatoarele fără recul pot fi analizate prin intermediul modelului balisticii interioare a țevelor cu scurgeri de gaze. [9] Acest model matematic este folosit pentru o multitudine de sisteme de armament, ce pot varia de la guri de foc fără recul la aruncătoare; în același timp poate fi utilizat pentru descrierea variației caracteristicilor de performanță ce pot apărea la armamentul uzat.

Atunci când se proiectează un nou tip de lovitură pentru o gură de foc existentă, este necesar a se lua în considerare anumite aspecte, precum rezistența țevii și gradul de uzură pe care noua lovitură îl poate determina acesteia. Factorii ce influențează fenomenul de uzură sunt energia cinetică a proiectilului, impulsul și valoarea maximă a presiunii.

Datorită specificității lansatorului și ținând cont de variațiile presiunii pe toată perioada corespunzătoare balisticii interioare, s-a observat că presiunea maximă este obținută la valori mici ale deplasării proiectilului (sub 10% din lungimea țevii). Acest aspect pus în corelație cu volumul camerei de ardere mult mai mare în comparație cu o gură de foc clasică (și astfel, o lungime fictivă mărită a camerei de ardere) prezintă o influență mică asupra presiunii ce se datorează creșterii masei proiectilului. Prin urmare, folosirea aceleiași cantități de propergol, precum în cazul proiectilelor mai ușoare, nu prezintă o creștere a presiunii până la un nivel critic. Din calculele numerice și măsurătorile experimentale se pot determina valorile efective ale presiunii și vitezei.

Propergolul este reprezentat de pulberea lamelară dublă-bază NBL-62, cu o grosime de ardere de 0,62 mm. Masa încărcăturii propergolice este de 780-790 g. Inițierea se realizează prin intermediul unei amorse de pulbere neagră și a doi inflamatori electrici. Acești inflamatori electrici sunt inițiați prin intermediul a două contacte electrice dispuse în secțiunea critică a ajutorajului.

În vederea folosirii modelului matematic, arderea încărcăturii propergolice este împărțită în trei perioade principale. Arderea preliminară începe din momentul inițierii inflamatorilor electrici, se continuă cu arderea pulberii negre și cu faza inițială în care încărcătura propergolică principală arde până se obține o presiune suficientă ruperii celor două capace ce obturează ajutorajul și a legăturii dintre proiectil și încărcătura propergolică. Se consideră că aceste fenomene se petrec simultan, capacele de obturare și legătura fiind proiectate pentru a ceda la o anumită valoare a presiunii.

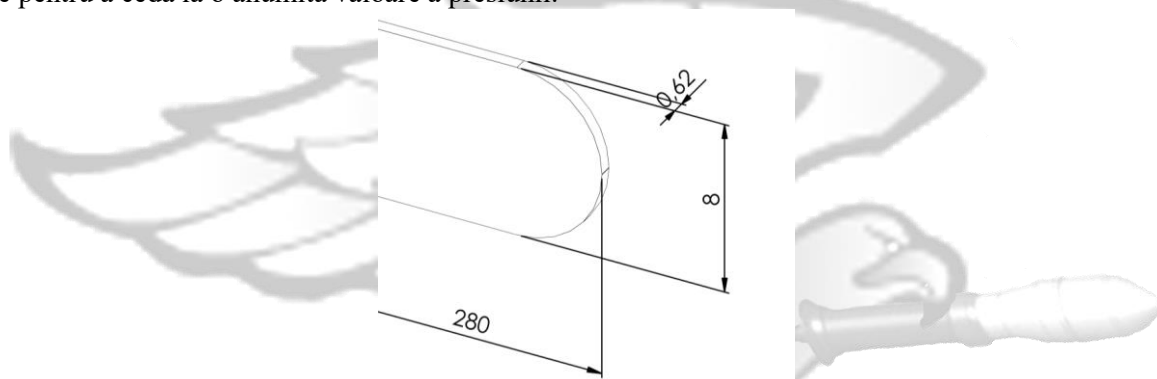


Figura 14-Reprezentare schematică în detaliu a pulberii lamelare cu dimensiunile corespunzătoare

Presiunea rezultă din arderea pulberii negre reprezintă presiunea de amorsare a pulberii propergolice dublă-bază. Pentru a determina această presiune, vom scrie ecuația globală de reacție. Chiar dacă formula chimică a cărbunelui folosit la fabricarea pulberii negre variază, o aproximare empirică este C_7H_4O . Prin utilizarea acesteia, ecuația reacției de combustie este:



Din masa totală a produșilor de reacție, se consideră numai produșii gazoși. Volumul acestor produși se distribuie într-un volum egal cu cel al camerei de ardere din care scădem volumul propergolului. Acest volum este considerat constant, iar temperatura inițială a gazelor este apropiată de 2200 K (temperatura de ardere a pulberii negre). Valoarea inițială a presiunii rezultă din ecuația prezentată mai jos și este aproximativ egală cu $6,923 \times 10^6$ Pa.

Această fază inițială se continuă cu arderea încărcăturii propergolice principale, considerată ca fiind un proces izocoric. Finalul fazei este marcată de ruperea capacelor de obturare ale ajutorajului. Această fază este scurtă în comparație cu timpul total ce rezultă din cadrul modelului de balistică interioară, având o durată de 7×10^{-4} s și în care se consumă $\approx 0,5\%$ din masa totală a încărcăturii.

Faza I - Această fază este marcată de începerea mișcării proiectilului în țeavă. Creșterea presiunii este menținută prin arderea propergolului. În această fază se atinge valoarea maximă a presiunii.

Mișcarea proiectilului în țeavă determină creșterea volumul de ardere. Presiunea accelerează proiectilul și mărește viteza de ardere. Curgerea gazelor prin ajutoraj este considerată cvasi-statică și supersonică. Valoarea totală a fracției de gaze ce se pierde din camera de ardere pe timpul acestei perioade poate fi calculată prin integrarea debitului și este egală cu $\approx 60\%$ la terminarea fazei. Evacuarea gazelor prin ajutoraj anulează reculul prin crearea unei forțe de reacție.

O consecință a acestei curgeri, pe lângă scăderea de presiune, o constituie scăderea temperaturii gazelor în comparație cu cea a gurilor de foc clasice. Datorită acestor fenomene, un model matematic ce consideră o ardere inițială la volum constant nu mai este aplicabil. În acest caz, se recurge la folosirea unui alt set de ecuații în care se utilizează o temperatură de ardere medie, a cărei valori reprezintă media temperaturilor specifice unor combustii izocore și izobare. Sfârșitul acestei faze este marcat de arderea completă a propergolului. Valoarea maximă a presiunii este aproximativ 697 kgf/cm^2 .

Faza 2-Această fază începe cu sfârșitul arderii și se termină cu momentul părăsirii țevii de către proiectil. Alte fenomene relevante pe parcursul acestei perioade nu mai există.

Ecuatiile folosite sunt cele prezentate de **J. Corner** în cartea “*Theory of the interior ballistics of guns*”. [1]
Sistemul de ecuații este complet atunci când ajutorul este deschis, lovitura este în mișcare și propergolul nu este ars complet. Prin considerarea anumitor variabile ca fiind nule, se pot descrie diferitele faze.

$$P\left(U + Ax - \frac{C}{\delta}\right) = NCRT\left(1 + \frac{kCN}{6W}\right) \quad (1)$$

$$W_1 \frac{d^2x}{dt^2} = AP \quad (2)$$

$$W_1 = W + \frac{1}{2}kCN \quad (3)$$

$$D \frac{df}{dt} = -\beta P^\alpha \quad (4)$$

$$\phi = (1 - f)(1 + \theta f) \quad (5)$$

$$\frac{dN}{dt} = \frac{d\phi}{dt} - \frac{\psi SP}{C(RT)^{1/2}} \quad (6)$$

$$\frac{d(NT)}{dt} = -(\gamma - 1) \frac{AP}{CR} \frac{dx}{dt} + T_0 \frac{d\phi}{dt} - \frac{\gamma \psi SP(RT)^{1/2}}{CR} \quad (7)$$

unde:

P - Presiunea camerei de ardere;	D - Grosimea de ardere inițială;
U - Volumul camerei de ardere;	β - Coeficientul de ardere al propergolului;
A - Aria secțiunii transversale a țevii;	ϕ - Frația de propergol ars;
C - Masa propergolului;	θ - Coeficientul de formă al elementului de pulbere;
δ - Densitatea propergolului;	S - Aria secțiunii transversale a ajutorului;
N - Frația de produși gazoși evacuați prin ajutor;	ψ - Factor ce descrie influența curgerii ;
W - Greutatea efectivă a loviturii;	γ - Raportul căldurilor molare a produșilor gazoși;
k - Factor numeric;	f - Frațiunea de pulbere arsă.

Graficele evoluției presiunii și a vitezei proiectilului în funcție de timp și distanța parcursă în interiorul gurii de foc sunt prezentate în Fig. 5.

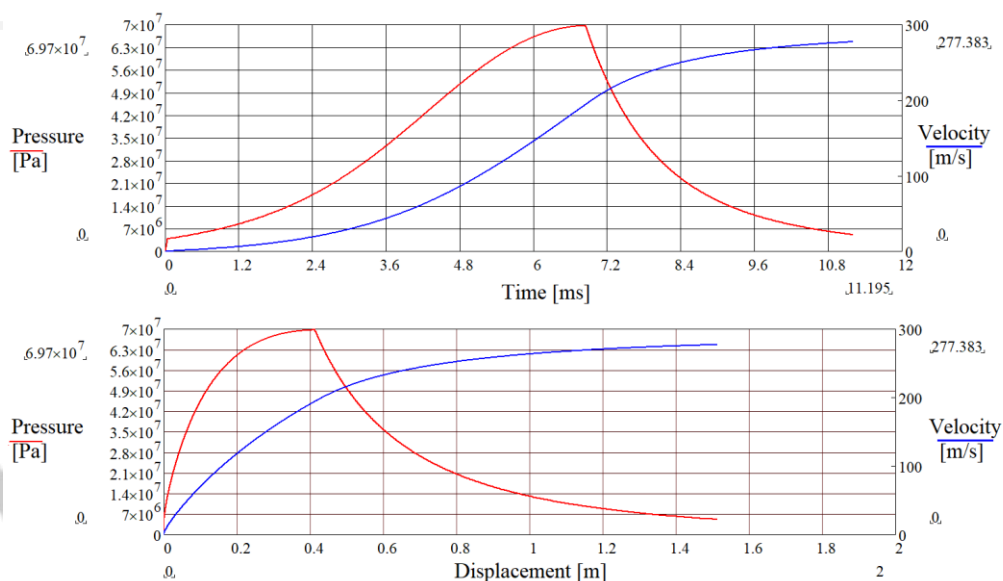


Figura 15- Graficul presiunii și a vitezei în funcție de timp (sus) și de distanța parcursă de proiectil în țeavă (jos)

Determinarea prin trageri a presiunii maxime dezvoltate în țeavă

O serie de trageri experimentale au fost realizate, atât cu lansatorul aflat în dotarea forțelor armate, cât și cu țeava balistică. Presiunea interioară a fost măsurată prin intermediul crușerilor (**Fig.16**). Constructiv, acești crușeri au în compunere un cilindru de cupru ce se deformează sub o presiune aplicată axial. Crușerii se introduc în niște locașuri speciale amplasate în camera de ardere.

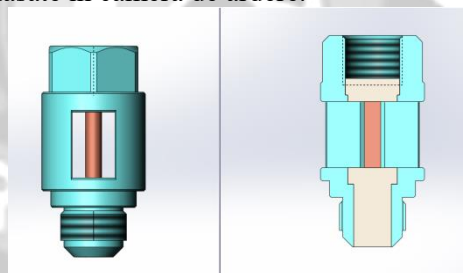


Figura 16- Ansamblul traductor în interiorul căruia se află crușerul cu cilindru de cupru (vedere din lateral și secțiune)

Presiunea din interiorul camerei de ardere acționează direct asupra unor pistoane ce sunt în contact cu cilindrii, determinând astfel deformarea acestora. Deformarea obținută corespunde unei anumite forțe aplicate. Astfel, se poate determina presiunea interioară maximă. Măsurătorile realizate prin această metodă sunt prezentate în **Tabelul 1**.

Viteza proiectilului a fost determinată cu ajutorul radarului Doppler cu un detector de flacără folosit ca declanșator pentru începutul măsurătorilor. Au fost folosite atât proiectile cu motor reactiv real, cât și inert. Pentru estimarea timpului în care proiectilul se află în țeavă, o cameră de filmare ultrarapidă a fost utilizată, începutul fiind considerat din momentul apariției flăcării în dreptul ajutorului. Chiar dacă acest moment este numai o aproximare a începutului arderii, diferența dintre timpul de inițiere și începutul evacuării gazelor prin ajutoraj este sub o milisecundă.

Tabelul 1-Presiunea măsurată de crușerii cu cilindri de cupru

Nr. crt.	Presiunea măsurată de primul crușer [kgf/cm ²]	Presiunea măsurată de al doilea crușer [kgf/cm ²]	Media presiunilor măsurate [kgf/cm ²]
1	667	669,5	668,25
2	697	697	697
4	729	729	729
5	700	700	700
6	681	664	672,5
7	667	675	671
8	709	709	709
9	700	683	691,5
10	642	668	655
11	709	709	709

Valorile ilustrate în graficele viteză - timp (**Fig.17**) corespund traiectoriei complete a proiectilului între gura țevii și punctul de impact cu ținta. O valoare relevantă a vitezei ce poate fi măsurată cu precizie este la momentul de timp $t = 27,13$ ms, în timp ce, datele rezultate înainte de acest moment sunt divergente și nu corepund unor valori reale. Valorile medii pentru presiunile măsurate sunt indicate în **tabelul 1**. Valoarea medie a presiunii măsurată cu cilindrii crușer este 690 kgf/cm^2 . Valoarea presiunii ce rezultă din modelul matematic este de $69,7 \text{ MPa}$.

Determinarea prin trageri a vitezei la gura țevii a muniției nou proiectate

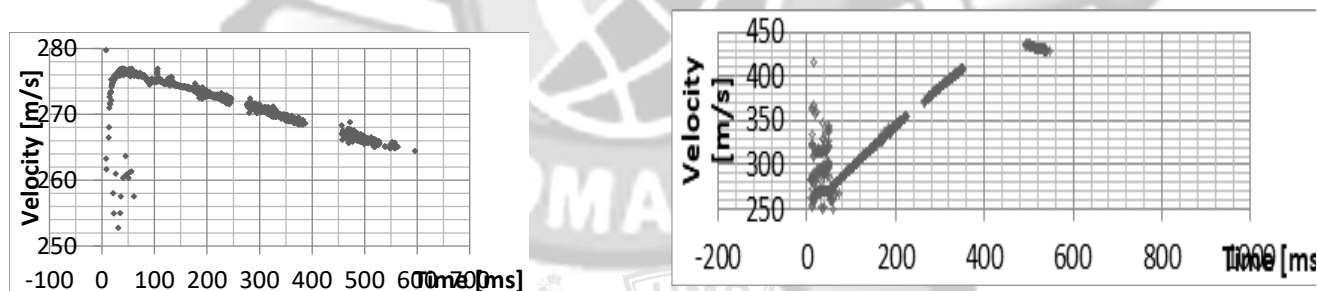


Figura 17-Viteza proiectilului pentru un motor reactiv inert (sus) și unul real (jos), (radar Doppler)

Valorile vitezelor măsurate corespunzătoare acestui moment de timp sunt $276,06 \text{ m/s}$ pentru motorul rachetă inert și $267,45 \text{ m/s}$ pentru motorul rachetă real. Rezultatele numerice ale modelului matematic oferă o valoare maximă a vitezei proiectilului de $277,38 \text{ m/s}$ la $t = 10 \text{ ms}$. Comparativ, valoarea rezultată din calcule este cu $1,32 \%$ mai mare decât viteza proiectilului cu motor rachetă inert și cu $3,71 \%$ mai mare decât viteza proiectilului cu motor rachetă inert.

Determinarea prin trageri a balisticii exterioare a loviturii

Balistica exterioară a loviturii a fost determinată cu ajutorul radarului Doppler, cu țeava aruncătorului reglată în direcție pe axul poligonului și bătaia reglată la 9 miimi . Cu acest reglaj s-a putut obține lovirea țintei (placă de blindaj) la distanța de 200 m , cu x_{med} al seriei de lovituri egal cu înălțimea de amplasare a țevii. În **figurile 19-25** sunt prezentate seriile de trageri cu motor lestat și motor real.

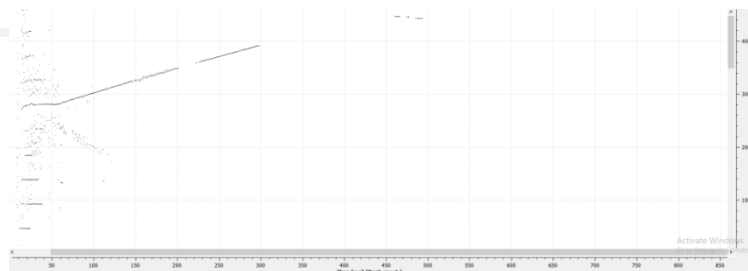


Figura 18 -Înregistrare cu Radarul Doppler, caracteristică pentru balistica exterioară a loviturii perforant-termobarice pentru AG-9

Din analiza spectrelor radar se pot extrage următoarele observații:

- ▶ *Viteza medie inițială (la gura țeavii) pentru seria de lovituri cu motoare inerte este de 278,33 m/s cu o abatere standard de 3,40 m/s;*
- ▶ *Decelerația aerodinamică a loviturii cu motor lestat este de 21,33 m/s² calculată pentru primele 500 ms de evoluție pe traiect, cu o abatere standard de 2,50 m/s²;*
- ▶ *Viteza medie inițială (la gura țeavii) pentru seria de lovituri cu motoare inerte este de 278,33 m/s cu o abatere standard de 3,40 m/s;*
- ▶ *Viteza medie inițială (la gura țeavii) pentru seria de lovituri cu motoare reale este de 277,28 m/s cu o abatere standard de 4,65 m/s;*
- ▶ *Durata medie de întârziere a intrării în funcțiune a motorului rachetă este de 54,5 ms de la momentul deplasării inițiale în țeavă, cu o abatere standard de 4,81 m/s;*
- ▶ *Viteza maximă estimată, determinată prin interpolare liniară este de 445±5 m/s.*

Determinarea prin trageri a stabilității și integrității pe traiect a loviturii

Determinarea prin trageri reale a stabilității și integrității pe traiect a loviturii a fost determinată prin filmare ultrarapidă a traiectoriei muniției. Datorită limitărilor tehnice, având la dispoziție o singură cameră de filmare ultrarapidă, înregistrările au fost făcute pentru unele muniții, de la gura țeavii până la aproximativ 20-30 m iar pentru alte muniții (cu componentă de luptă lestată) s-a filmat balistica terminală. Pentru estimarea stabilității pe traiect s-a făcut o estimare a preciziei la distanța de 200 m. Înregistrările efectuate sunt prezentate în imaginile din **figurile 19-25**.

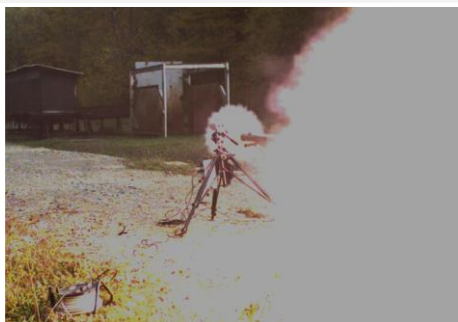


Figura 19-Expulzarea din țeavă a loviturii cu motor lestat



Figura 20-Lovitură cu motor lestat pe traiect



Figura 21-Lovitură cu motor lestat pe traiect



Figura 22-Lovitură cu motor real pe traiect (se observă funcționarea trasoarelor)



Figura 23-Lovitură cu motor real pe traiect (se observă aprinderea motorului rachetă)



Figura 24-Lovitură cu motor real la țintă (se observă stingerea motorului rachetă, trasorul încă funcționează)

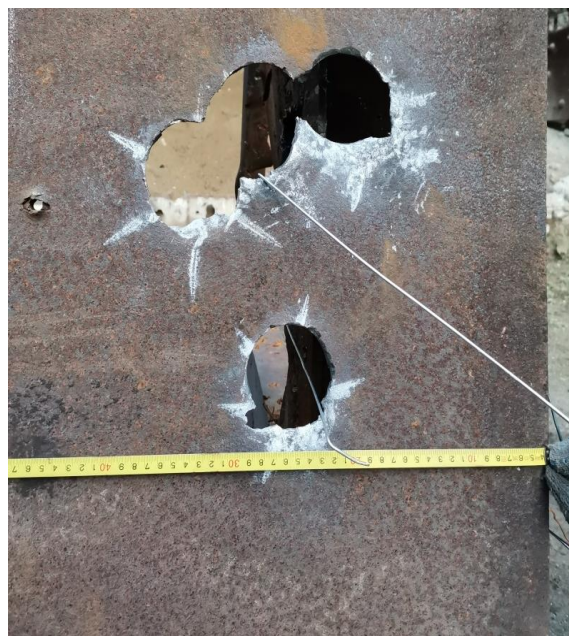


Figura 25-Gruparea obținută la distanța de 200 m

Din analiza înregistrărilor efectuate, se pot desprinde următoarele observații:

This work was supported by a grant of the **Romanian Ministry of Education and Research, CCCDI UEFISCDI**, project number **PN-III-P2-2.1-PTE-2019-0256**, within **PNCDI III**

- Expulzarea loviturii din țevă este similară pentru toate înregistrările efectuate, nu se observă anomalii la arderea încărcăturii de azvârlire și nici deplasarea tunului (efectul de anulare gazodinamică a reculului este evident);
- Deschiderea stabilizatorilor loviturilor este corespunzătoare, având loc în maximum 5 m de la expulzarea din țevă. Deschiderea stabilizatorilor este concomitentă pentru toate elementele acestuia;
- Tangajul loviturii pe traiect nu este sesizabil în cadrul filmărilor efectuate, ceea ce indică o stabilitate crescută a loviturii pe traiect;
- La țintă lovitura este completă, stabilizatorul are elementele complet deschise iar lovitura are o axialitate față de traiect ce se încadrează în balistica acesteia;
- Gruparea foarte strânsă obținută la ținta de oțel blindaj indică o stabilitate ridicată a loviturii pe traiect.

Determinarea prin trageri a distanței minime de siguranță pentru inițierea motorului rachetă

Această determinare are scopul de a verifica funcționarea corectă a elementului piroîntârzietor din motorul rachetă. O distanță de aprindere de minim 5m asigură siguranța trăgătorului în eventualitatea funcționării anormale a motorului de marș sau împotriva acțiunii gazelor de propulsie.

Determinarea s-a efectuat prin plasarea la distanța de 10 m față de gura țevii a unui jalon și filmarea acestuia cu o cameră plasată perpendicular pe direcția de tragere. S-a urmărit locul în care are loc aprinderea motorului, față de jalonul amplasat la distanța de 10 m (**figura 26**).



Figura 26 - Aprinderea motorului rachetă la distanța de siguranță

Distanțele de aprindere a motorului rachetă, determinate prin corecția geometrică a calibrării spațiale față de jalonul martor au fost: 9,233 m, 11,217 m, 9,128 m și 11,608 m față de gura țevii. Din determinările efectuate putem estima o distanță de aprindere a motorului situată între 8 și 12 m față de gura țevii.

Determinarea funcționării complete a componentei de luptă

Pentru a asigura letalitate de 100% prin schije, proba se consideră corespunzătoare dacă se recuperează cel puțin 65x2 - adică 130 - fragmente (schije) cu masa de minim 0.44g (referință AEP 55), configurație care asigură letalitate 100% pe o rază de 5m. Componenta de luptă fără focos s-a amplasat central într-o incintă tip

puț de eclatare cu dimensiunea de 4x4x3m. Produsul s-a funcționat utilizând o capsă detonant-electrică. S-au recuperat fragmentele (schije) rezultate în urma exploziei proiectilului, fiind cântărite și măsurate. S-a constatat detonația completă a componentei de luptă.



Figura 27 - Schije generate de funcționarea unei componente de luptă

Analizând rezultatele obținute în cadrul tragerilor experimentale cât și verificările executate pe flux, considerăm că tehnologia de fabricație este validată și se poate implementa cu succes pentru realizarea lotului serie 0 de muniție, în vederea omologării.

Activitatea 1.3 - Diseminarea pe scara largă, prin comunicarea și publicarea națională/internațională a rezultatelor;

Act.1.3.1.1.Comunicari si/sau prin participări la manifestări tehnico-stiințifice naționale si/sau internaționale;

Lucrările experimentale efectuate în cadrul proiectului de transfer tehnologic 16PTE „Lovitură perforant termobarică pentru aruncătorul de grenade AG-9” au condus la identificarea unor caracteristici de material care conferă munitiei termobarice caracteristici de performanță, siguranță și compatibilitate. Calitățile functionale ale acestora coroborate cu parametrii balistici și tehnico-tactici ai munitiei termobarice au făcut (vor face) obiectul unor lucrări, articole și comunicări științifice prezentate în publicații de specialitate, în cadrul manifestărilor științifice naționale și internaționale.

Astfel, în cadrul Conferinței Internaționale **ICHEAP-15 „15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON CHEMICAL AND PROCESS ENGINEERING”** care va avea loc în **Napoli, Italia**, în perioada **23-26.05.2021**, va fi prezentată lucrarea cu **ID-ul 357, „Some aspects concerning the mechanism of hardening of Maraging 300 steel”**, elaborată de un colectiv de cercetători din cadrul celor doi parteneri implicați în realizarea prezentului proiect de cercetare: **CO-CN ROMARM SA** respectiv **P1 – CBNRE: Irina CARCEANU, Adrian Gavril BOLOJAN, Tiberiu PÎRVU, Ovidiu IORGA, Viorel Tudor TIGANESCU, Alexandru MARIN** - „**Some aspects concerning the mechanism of hardening of Maraging 300 steel**”, **lucrare acceptată pentru a fi prezentată în plenul conferinței, care va fi publicată în proceeding-ul ICHEAP 15.**

Act.1.3.2.2.Elaborarea si publicarea rezultatelor științifice acumulate pe parcursul derulării proiectului in reviste cotate minim B+;

De asemenea, activitățile de diseminare a rezultatelor cercetării au cuprins și publicări ale rezultatelor științifice în cadrul unor **reviste indexate** min. **B+**, **Scopus** și respectiv **ISI**, dintre care amintim:

- I.** Tudor-Viorel Țigănescu, Nicoleta Grigoriu, Raluca Ginghină, Gabriel Epure, Ovidiu Iorga, Ramona-Elena Oncioiu, Florin-Marina Dîrloman - The behavior of unaged and aged composite solid fuel formulations investigated by FTIR and SEM/EDX - lucrare publicată în extenso în lucrările Conferinței: *8th International Conference on Materials Science and Technologies - ROMAT 2020*, fiind totodată publicată și în *UNIVERSITY POLITEHNICA OF BUCHAREST SCIENTIFIC BULLETIN SERIES B-CHEMISTRY AND MATERIALS SCIENCE*, ISSN/eISSN:1454-2331, revistă indexată ISI Thomson Reuters;
- II.** Ovidiu Iorga, Mihail Munteanu, Tudor-Viorel Țigănescu, Alexandru Marin, Andrei Schiopu, Raluca Ginghină, THEORETICAL AND EXPERIMENTAL DETERMINATION OF INTERIOR BALLISTICS PARAMETERS OF RECOILLESS GUN, articol trimis către publicare la revista UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering (Submission ID:10831), revistă indexată de tip B+, indexată SCOPUS;
- III.** Ovidiu Iorga, Tudor-Viorel Țigănescu, Alexandru Marin, Mihail Munteanu, Ionut Simion - Design and testing of a thermobaric piercing projectile for 73 mm recoilless canon - articol acceptat la revista MTA Review, numărul din decembrie (revistă clasificată B+, indexată Google scholar);

Act.1.3.1.2.Crearea paginii WEB a proiectului EXPierce-CO-ROMARM; P1-CBNRE

În cadrul **Activității 1.3** pagina WEB a proiectului a fost realizată la adresa:

<http://romarm.ro/qrfiles/uploads/2014/03/PROIECT-16PTE-ExpPierce.pdf>

Evenimente: Aspecte din timpul tragerilor de determinări executate în cadrul Poligonului Societății Uzina Mecanica Plopeni S.A.



Fig.28 -Parte din echipa de proiect



Fig.29 – Pregătirea activitatii de la Puțul de eclatare

Contact: Ec. Tiberiu Alexandru Pîrvu, e-mail: tiberiu.parvu@gmail.com, Strada Bulevardul Timișoara nr. 5B, București, Sector 6, Telefon: +4-021-317-197, Fax: +4-021-317-194, Mobil: +4-0740-313-942.