



**ACADEMIA TEHNICĂ MILITARĂ
„FERDINAND I”
ȘCOALA DOCTORALĂ
„INGINERIA SISTEMELOR DE APĂRARE
ȘI SECURITATE”**

TEZĂ DE ABILITARE

***CERCETĂRI ȘI ELEMENTE DE MODELARE A
FENOMENELOR TRANZITORII SPECIFICE
BALISTICII INTERIOARE ȘI FUNCȚIONĂRII
MUNIȚIILOR LA ȚINTĂ***

REZUMAT

Domeniul fundamental: Științe inginerești

Doeniul de doctorat: Inginerie Mecanică

Autor: Prof.univ.dr.ing. ROTARIU Adrian-Nicolae

Departamentul: Ingineria Sistemelor de Armament și Mecatronică

București, 2021

Lucrarea, intitulată „*CERCETĂRI ȘI ELEMENTE DE MODELARE A FENOMENELOR TRANZITORII SPECIFICE BALISTICII INTERIOARE ȘI FUNCȚIONĂRII MUNIȚIILOR LA ȚINTĂ*”, este împărțită în trei părți distincte, evidențiindu-se, prin traseul profesional parcurs și subiectele științifice abordate, apartenența mea la comunitatea de nișă a balisticienilor, aflată sub umbrela domeniului INGINERIEI MECANICE.

În capitolul introductiv sunt prezentate în mod succint etapele de dezvoltare a carierei profesionale, precizându-se programele de pregătire urmate, posturile didactice ocupate, dar mai ales implicarea în activitatea de cercetare, prin proiectele conduse de-a lungul timpului, și de îndrumare a doctoranzilor, prin sprijinul acestora în demersurile lor practice și teoretice.

În partea dedicată realizărilor științifice, profesionale și academice sunt prezentate informațiile și contribuțiile rezultate în urma activității de cercetare, grupate pe cinci direcții principale.

Sub direcția intitulată *Arderea pulberilor de azvârlire și controlul presiunii pe durata fenomenului tragerii* am grupat rezultatele unor demersuri de cercetare teoretice, axate pe dezvoltări de modele și de metode de lucru, care au fost verificate prin compararea cu rezultate experimentale publicate de diferiți autori. De asemenea, utilizând relațiile fundamentale din balistica interioară, scrise în baza unor ipoteze simplificatoare, am determinat expresiile analitice ale caracteristicilor de formă necesare obținerii unui ciclu balistic ideal, caracterizat de o presiune constantă în țevă pe durata deplasării proiectilului.

În temele abordate în perioada postdoctorală prin studiile experimentale, realizate alături de colectivele din ATM FI și ACTTM, am urmărit să stabilesc metode și tehnici de evaluare fiabile a efectelor exploziilor asupra structurilor, bazate pe teste efectuate la scară redusă sau pe configurații simplificate. Rezultatele acestor activități sunt prezentate în cadrul direcției *Studii experimentale privind interacțiunea undelor de șoc propagate prin aer cu structuri de protecție*.

O a treia direcție, *Studii experimentale privind influența prezenței învelișurilor asupra parametrilor undelor de șoc generate prin detonația încărcăturilor explozive*, are la bază nevoia de modernizare și de creștere a performanțelor la țintă a munițiilor. Ca urmare, am studiat noi configurații, în care încărcăturile explozive se află în contact cu învelișuri reactive, care pot potența sau pot reduce intensitatea undelor de șoc prin procesele de ardere sau de recombinație chimică, procese subsecvente detonației și cu timpi specifici mai mari cu câteva ordine de mărime decât cel al detonației. Activitățile experimentale au fost completate de calcule și dezvoltări teoretice. Astfel s-a stabilit o formulă expeditivă de calcul pentru parametrul de scalare al masei fragmentelor, derivată din cea propusă de Mott, aplicabilă în cazul configurațiilor care conțin un strat reactiv/inert dispus între miezul exploziv și învelișul metalic. De asemenea, s-a definit modalitatea în care se poate stabili masa

echivalentă de exploziv pentru încărcăturile explozive învelite, pe baza impulsului specific al fazei pozitive a undelor de șoc.

Cercetările dedicate *Testării în regim dinamic a materialelor și a structurilor*, cea de-a patra direcție cuprinsă în teză, au fost motivate de faptul că materialele, indiferent dacă discutăm de metale, materiale plastice, țesături, compozite sau materiale ceramice, pot să manifeste comportamente diferite în cazul solicitărilor dinamice, iar determinarea caracteristicilor mecanice la solicitări statice se dovedește a fi insuficientă, atunci când se dorește o caracterizare completă a respectivelor materiale. Caracteristici bine cunoscute (modulul de elasticitate, rezistența la tracțiune, compresiune sau forfecare și deformațiile asociate acestor tipuri de solicitări) capătă alte valori și interdependențe. Așadar, pentru realizarea unor modele de calcul fidele realității este nevoie de cunoașterea acestor proprietăți și, practic, de efectuarea unor teste capabile să pună în evidență proprietățile materialelor și comportamentul structurilor, în strictă dependență cu solicitările care pot apărea.

În acest sens am conceput un test ce poate efectuat cu Sistemul de bare Hopkinson pe epruvete lungi și subțiri, combinație de caracteristici care împiedică realizarea stării de echilibru dinamic în epruvetă pe durata testului. Din acest motiv semnalul înregistrat în bara de transmitere se prezintă ca un semnal multi-treaptă. Relațiile matematice care descriu efectele interferențelor bară/epruvetă asupra propagării undelor arată că raportul dintre înălțimile a două astfel de trepte succesive reprezintă informația cheie obținută pe durata experimentului care permite determinarea modulului de elasticitate adiabatic.

Un alt subiect abordat a fost cel al comportamentului mecanic al spumelor polimerice supuse solicitărilor dinamice. În acest scop am conceput un test prin care eșantioane de spume polimerice au fost comprimate dinamic de impactul cu un proiectil cu cap plat. Pentru stabilirea intensității solicitărilor ce au avut loc s-au utilizat un traductor de forță și o cameră ultrarapidă. Pe lângă trasarea diagramei tensiune-deformație volumică, interpretarea imaginilor a permis stabilirea valorilor efective de energie disipată și evidențierea existenței unei stări de dezechilibru dinamic în eșantioanele de spumă, care poate fi explicată prin viteza redusă de deplasare a undelor plastice prin acestea.

Studierea unor fenomene tranzitorii, precum impactul balistic sau interacțiunea undelor de șoc cu structurile, pe lângă abordările de natură practică, se poate face și cu modele virtuale realizate pe baza metodei elementelor finite. Ultima direcție de cercetare abordată, intitulată *Modele virtuale pentru studiul fenomenelor tranzitorii ce implică viteze mari de deformare a materialelor*, este dedicată acestor modele virtuale. Modelele numerice construite și-au dovedit utilitatea ca instrument de analiză și de proiectare, pe baza rezultatelor simulărilor clarificându-se o serie de aspecte aflate în discuție sau observate pe timpul testelor reale. De asemenea, acolo unde a fost cazul, s-au evidențiat avantajele utilizării unor solvere noi, precum solverul Smoothed-Particle Hydrodynamics, în detrimentul celor clasice.

În ultima parte a lucrării, dedicată planurilor de evoluție și de dezvoltare a carierei, am trecut în revistă direcțiile de cercetare identificate până în prezent ca fiind abordabile, din prisma know-how-ului acumulat și a dotărilor existente în cadrul laboratoarelor ATM și care gravitează, în ansamblul lor, în jurul ideii de *inovare în domeniul munițiilor și a protecției balistice*. S-a avut în vedere nu doar perspectiva adoptării unor noi soluții constructive, cu efect asupra performanțelor sistemelor balistice, ci și adoptarea unor noi metode de testare și de studiu pentru determinarea proprietăților de material și a fenomenelor care se produc pe durata lansării sau a funcționării la țintă a munițiilor. Direcțiile au fost punctate cu descrieri succinte de teme și subiecte concrete, aflate în stadii incipiente de analiză. La final am precizat modul în care percep viitoarele colaborări inter-instituționale și transferul de know-how către generațiile viitoare în cadrul instituției în care activez, precum și diseminarea rezultatelor către întreaga comunitate științifică.