

## Activitatea IV.1 Proiectarea si realizarea unui demonstrator la scara redusa pentru sistemul de protectie antiexplozie - Partea II

### Date privind conceptul analizat

În cadrul etapei de execuție din anul 2016 în cadrul activității Proiectarea si realizarea unui demonstrator la scara redusa pentru sistemul de protectie antiexplozie, SC STIMPEX SA, partener industrial în cadrul proiectului, a propus integrarea sistemului de protecție la explozie în conceptul de mașină blindată TERRADYNE GURKHA RPV-STX DRACO.

Conceptul TERRADYNE GURKHA RPV-STX DRACO reprezintă un vehicul blindat 4x4, cu o masă totală de 8,845 tone, dezvoltat pe un șasiu TERRADYNE GURKHA RPV, care oferă ocupanților următoarele nivele de protecție:

-nivel 2a/2b conform STANAG 4569 AEP-55 (C) Vol. 2, Anexa "A".

În vederea realizării nivelului de protecție 2 la acțiunea minelor, s-a studiat posibilitatea echipării vehiculului cu un scut suplimentar, în formă de V cu dublă înclinare, din oțel ARMOX 500 de 12 mm, dispus sub șasiul mașinii.

În cadrul activității de modelare a acțiunii undelor de șoc asupra configurației propuse pentru conceptul TERRADYNE GURKHA RPV-STX DRACO s-a avut în vedere reproducerea condițiilor specifice testelor impuse prin STANAG. Întrucât nivelul de protecție țintă al conceptului DRACO este 2, simulările s-au realizat pentru nivelele 2a și 2b.

La finalul simulării nivel 2b s-a analizat starea blindajului. Simularea a indicat faptul ca scutul suplimentar va fi spart în zona de muchie, iar șasiul va fi deformat în zona exploziei, dar fără a afecta integritatea carcasei blindate și a podelei vehiculului.

Ca urmare a acestor observații în etapa de execuție din 2017 au fost realizate alte două demonstratoare virtuale. Față de varianta inițială a scutului de blindaj suplimentar cu înclinare dublă, pentru care simulările au arătat că este vulnerabilă datorită riscului de fisurare pe muchia centrală, în aceste variante s-au adus următoarele modificări:

Varianta II – zona centrală a scutului suplimentar a fost prevăzută cu un strat de poliuree gros de 30 mm și lat de 150 mm în vederea reducerii riscului fisurării pe muchia centrală

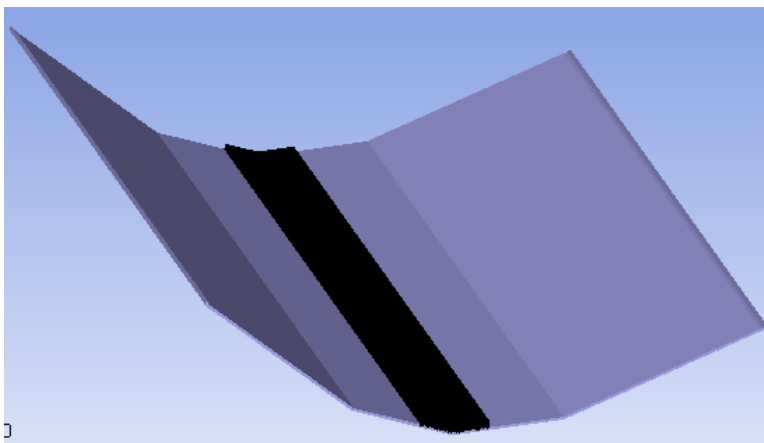


Fig. IV.1.3 Scutul în Varianta II

Varianta III – scutul suplimentar a fost înlocuit cu o structură profilată cu rigiditate crescută

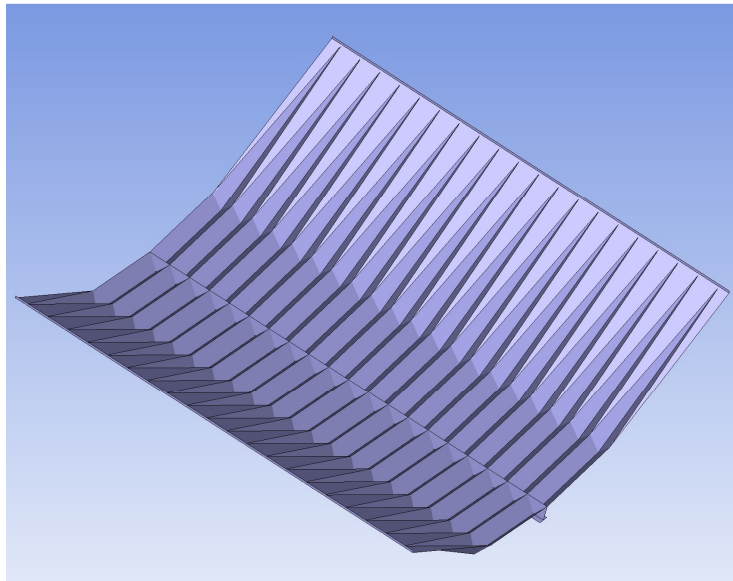


Fig. IV.1.4 Scutul în Varianta III

Strategia de lucru adoptată s-a bazat pe aceleași elemente fundamentale utilizate în etapa de execuție 2016:

- Realizarea unui model simplificat a vehiculului care să permită o judicioasă dimensionare a modelului și timpului de lucru necesar
- Reproducerea cu fidelitate a încărcăturii surogat NIVEL 2
- Simularea scenariului NIVEL 2b

Pentru reproducerea condițiilor în care se realizează testarea pentru nivelul 2b s-a modelat un volum Euler care interacționează cu modelul simplificat. Volumul de aer luat în considerare este de 2 m x 2 m x 2,2 m și a fost discretizat uniform cu 8.800.000 de elemente cu dimensiunea de 10 mm x 10 mm x 10 mm. Modul de dispunere a volumului de aer în raport cu modelul simplificat este redat în imaginea 3.5. Această dispunere permite ca datele obținute în modelul axial 2D pentru încărcătura surogat să fie importate în modelul 3D în zona centrală a scutului vehiculului. Înainte de importarea datelor din modelul axial 2D, volumul de aer definit este încărcat cu aer aflat la presiunea de 1 bar. În acest mod, momentul inițial al simulării coincide cu momentul în care începe interacțiunea dintre undă de șoc și structura vehiculului, fig. IV.1.10. Granițele volumului de aer, cu excepția cele de la bază, sunt astfel definite încât se comportă ca limite permeabile ce nu produc reflexii ale undelor.

Suplimentar, în model a fost adăugat un part de tip Lagrange care definește suprafața de așezare a vehiculului.

Volumul Euler este păstrat în model până la momentul în care accelerarea vehiculului pe verticală s-a încheiat. Eliminarea volumului are ca scop reducerea timpului necesar pentru desfășurarea calculului.

Simularea urmărește fenomenul până la momentul revenirii mașinii pe sol. Cu ajutorul traductorilor virtuali se urmărește modul în care se deplasează elementele care simulează prezența scaunelor.

La finalul simulărilor s-a analizat starea blindajului. Simulările au indicat faptul ca scutul suplimentar va fi în continuare spart în zona centrală, iar sașiuul va fi deformat în zona exploziei, dar fără a afecta integritatea carcasei blindate și a podelei vehiculului.

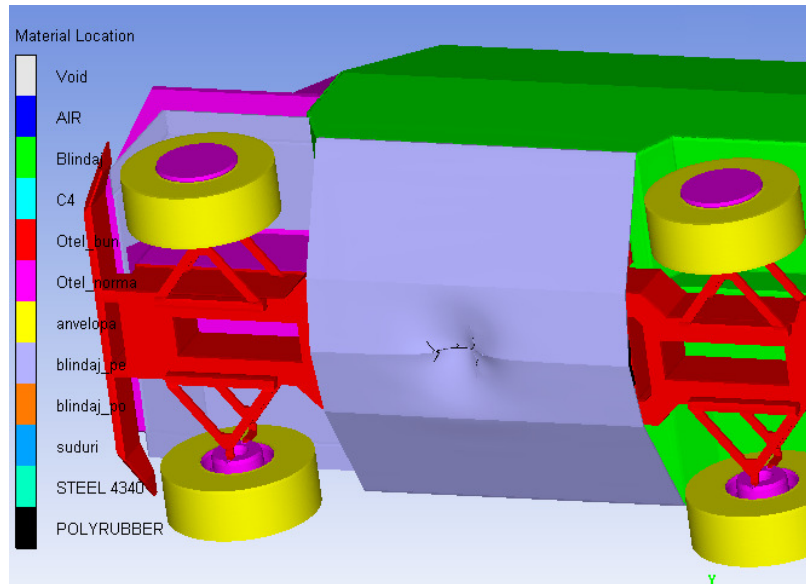


Fig. IV.1.11 Starea scutului în Varianta II la final

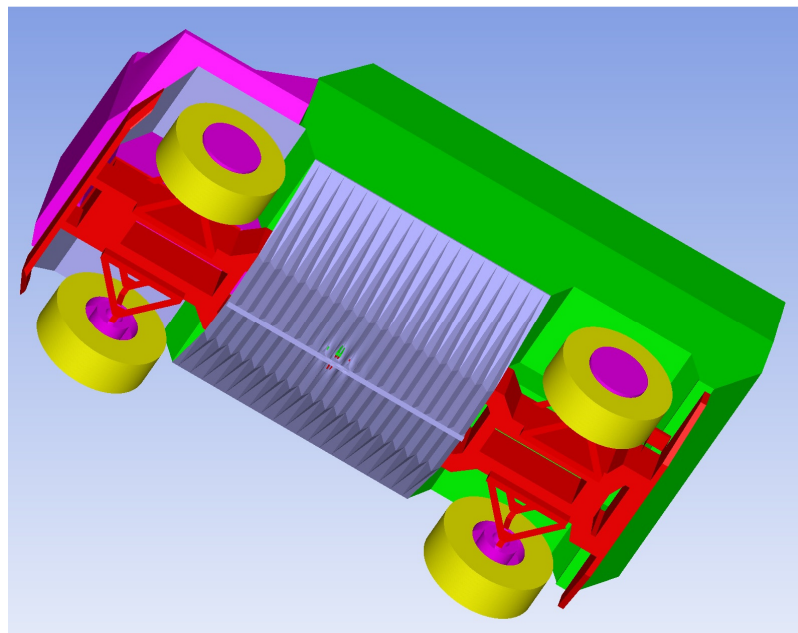
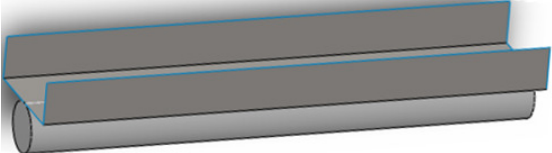

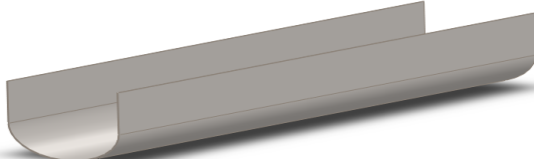


Fig. IV.1.12 Starea scutului în Varianta III la final

Aceste rezultate indică faptul că prezența poliureei în varianta II reduce riscul de fisurare dar eficiența acestei soluții este redusă, fapt ce este confirmat și de seria de rezultate experimentale obținute în cadrul proiectului.

De asemenea, muchiile structurii profilate utilizate în varianta III s-au dovedit a fi cauza cedării structurii, fisurile inițiindu-se și propagându-se de-a lungul acestora.

O concluzie ce se poate trage din aceste rezultate este faptul că existența muchiilor este un factor care sporește riscul apariției fisurilor, motiv pentru care trebuie evitate. De asemenea, se impune adoptarea unor forme și soluții de scut suplimentar care să asigure o reducere mai importantă a impulsului transmis structurii. În acest sens s-au conceput următoarea serie de soluții de scut care au fost verificate experimental:

Placă plană + material granular	2	
Placă în V (120°)	3	
Placă semi-eliptică	1	

### 3.5 Modelul virtual cu manechin

Studiul numeric privind comportamentul conceptului TERRADYNE GURKHA RPV-STX DRACO la acțiunea minelor AT a avut ca scop evaluarea protecției oferită de vehicul ocupanților. Simulările au avut ca obiectiv reproducerea condițiilor de testare specificate în STANAG 4569 pentru nivelul 2a și 2b. Pentru finalizarea analizei capacității de protecție s-a impus evaluarea criteriilor de acceptare IARV trecute în STANAG 4569. O sinteză a fluxului de informații și a etapelor de lucru și analiză ce trebuie parcurse în acest scop se regăsește în schema următoare.

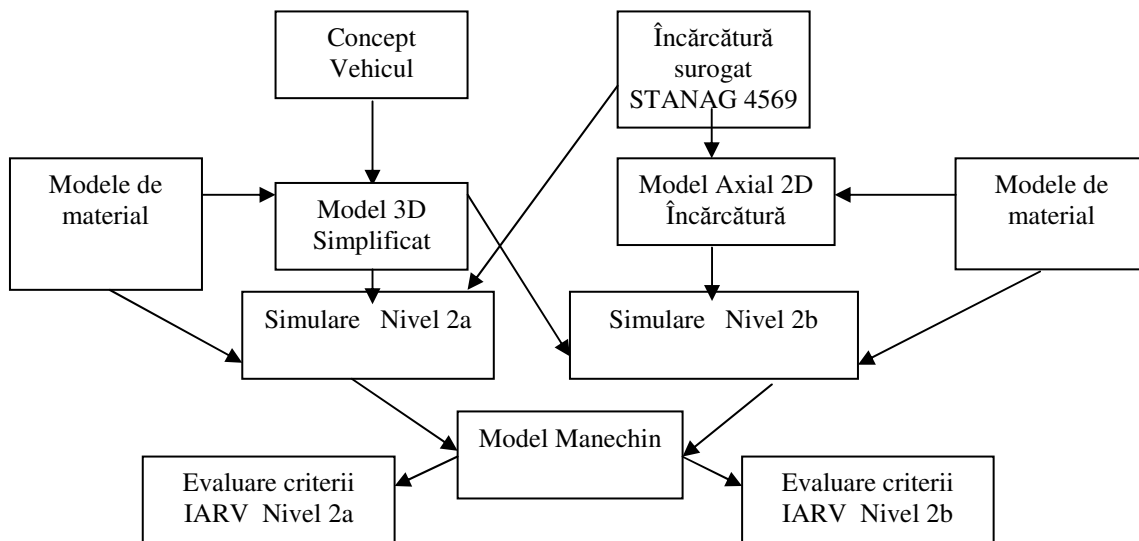


Fig. IV.1.13 Fluxul informației

Din simulările efectuate cu variantele I, II și III ale conceptului TERRADYNE GURKHA RPV-STX DRACO s-au extras datele privind accelerațiile măsurate cu traductorii virtuali. Dintre acestea, pentru fiecare caz în parte, nivel 2b și nivel 2a, s-au selectat cele mai puțin favorabile și au fost procesate în vederea introducerii lor ca date de intrare într-un model simplificat care urmărește reacția unui manechin la solicitările produse de explozia unei mine sub vehicul.

Răspunsul manechinului la solicitările produse la explozia încărcăturilor surogat în condițiile de nivel 2a și 2b s-a simulat cu ajutorul unui model ce încorporează Modelul Manechinului Hybrid III, ce a fost pregătit în vederea extragerii datelor necesare evaluării conform STANAG 4569. Astfel s-au identificat nodurile și elementele care au o poziție similară cu accelerometrele și traductorii de forță cu care se accesorizează manechinul. Aceste sunt urmărite pe întreaga durată a simulării iar curbele rezultate au fost procesate conform instrucțiunilor din STANAG 4569. Modelul a fost completat cu elemente structurale care simulează în mod schematizat scaunul și podeaua vehiculului. În plus modelul este dotat și cu o centură de fixare în 3 puncte.

Pentru reproducerea solicitărilor produse la explozie în model se introduce o curbă cu deplasare scaunului pe verticală. Curba s-a obținut prin procesarea curbelor ce descriu deplasarea traductorilor virtuali ce corespund poziției scaunului șoferului din simulările cu vehiculul simplificat.



Fig. IV.1.22 Manechinul așezat pe scaun

Pentru fiecare tip de test, nivel 2a și nivel 2b, s-a efectuat câte o simulare cu manechinul ATD III. În fiecare caz în parte s-a luat în considerare poziția cea mai puternic solicitată. Selecția s-a făcut pe baza accelerațiilor suportate de elementele care simulează scaunele. Pentru nivelul 2b simularea cu manechinul s-a efectuat pentru scaunul șoferului. Pentru nivelul 2a simularea cu manechinul s-a efectuat pentru scaunul din dreapta șoferului.

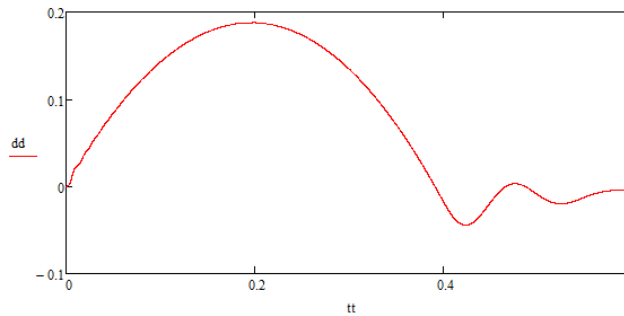


Fig. IV.1.23 Curba descrisă de scaunul șoferului obținută prin procesarea rezultatelor simulării pentru nivelul 2b

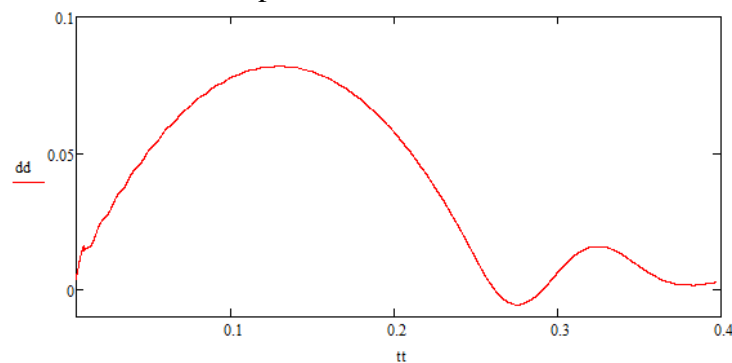


Fig. IV.1.24 Curba descrisă de scaunul ocupantului din dreapta șoferului obținută prin procesarea rezultatelor simulării pentru nivelul 2a



Fig. IV.1.25 Manechinul în faza de urcare pentru simularea de nivel 2b



Fig. IV.1.26 Manechinul în faza de coborâre pentru simularea de nivel 2b

### **Evaluarea și aprecierea supraviețuirii ocupanților pe baza rezultatelor simulărilor**

Clasificarea vehicule blindate în niveluri de protecție specifice se bazează pe protecția de vehicul ocupanților. Cerințele de protecție a vehiculului împotriva minelor includ o evaluare a efectelor asupra ocupanților la detonarea sub o roată sau punte și/sau sub caroseria vehiculului complet reprezentat.

Evaluarea riscului de accidentare ocupanților la detonarea unei mine sub vehicul se bazează pe efectele care le au deformațiile locale și mișcarea globală a vehiculului asupra ocupanților.

Dispozitivul de testare antropomorfa (ATD), mai bine cunoscut sub numele de manechin dezvoltat pentru evaluarea siguranței pasagerilor auto, este folosit ca un surogat pentru ocupanți. Hybrid-ul III se folosește în scenarii în care mina se află sub vehicul. Valorile de referință ale evaluării vătămarilor ATD-urilor (IARVs) sunt folosite pentru a evalua riscul de accidentare la funcționarea minelor. Pentru evaluarea suprapresiunilor induse în interiorul vehiculului se poate folosi un dispozitiv tubular cu dimensiunile specificate în standard sau un traductor de presiune montat pe pieptul manechinului.

Pentru fiecare simulare cu manechinul s-au extras curbele care definesc accelerațiile capului, accelerația pelvisului, forțele exercitate la nivelul gâtului, forțele de compresie de la nivelul femurului și tibiei. Aceste curbe au fost procesate cu filtre digitale conform specificațiilor din STANAG 4569. În situațiile în care s-a impus, datele înregistrate au fost procesate conform ecuațiilor date în STANAG 4569. Pentru fiecare criteriu specificat în STANAG 4569 datele obținute prin simulare au evaluate și comparate cu valorile limită ale criteriilor.

Rezultatele simulărilor 3D cu modelul simplificat al conceptului TERRADYNE GURKHA RPV-STX DRACO indică faptul că zona de habitacul, carcasa blindată, nu cedează în zona podelei, nici în condițiile specifice nivelului 2b și nici în condițiile specifice nivelului 2a. Pentru nivelul 2b, simulările indică faptul că scutul suplimentar cu o formă în V cu înclinație dublă se va fisura pe zona muchiei centrale.

Procesarea datelor din simulările 3D cu modelul simplificat a permis evaluarea efectelor asupra manechinului ATD H III în simulări separate, pentru fiecare caz în parte. Accelerațiile suportate și forțele exercitate asupra elementelor manechinului determinate în acest mod au fost comparate cu criteriile IARV prevăzute în STANAG 4569. Rezultatele simulărilor indică faptul că vehiculul TERRADYNE GURKHA RPV-STX DRACO nu depășește niciuna din valorile prag corespunzătoare criteriilor de acceptare IARV prevăzute în STANAG 4569.

## Activitatea IV.2 Proiectarea si realizarea unui stand de testare la scara redusa pentru sistemul de protectie antiexplozie - Partea II

### Standul de testare la scară redusă pentru testări în poligon

Standul de testare este realizat pe structură metalică pe baza proiectului realizat în faza de execuție 2016, astfel încât să suporte efectele unei cantități de 100 g de TNT și să susțină înainte/pe durata/după test o structură care să simuleze o masă de până 11 t la o scară de 1:6. Structura va permite prinderea sistemului de protecție antiexplozie pentru testare. Standul de testare va permite măsurarea impulsului transmis structurii prin măsurarea înălțimii maxime la care este aruncată structura pe durata testului.

În figura IV.2.1 este prezentat standul de testare cu detaliu pe zona extensibilă (zona activă de testare reglabilă ce poate ajunge de la 200 mm la 350 mm).



Figura IV.2.1 Stand de testare

Placa este încastrată prin prinderea în câte 10 șuruburi (M10) pe fiecare latură exterioară a suportului de testare. Câte o margine suplimentară prinsă în aceleași șuruburi este folosită pe fiecare latură pentru a asigura o fixare suplimentară a plăcii.

Pentru realizarea efectului de distrugere prin explozie, s-a optat pentru dispunerea încărcăturii explozive surogat în recipient de oțel conform standardului 4569.

Recipientul de oțel (steel-pot) pentru dispunerea încărcăturii explozive (figura IV.2.2) este fabricat dintr-un oțel cu duritate ridicată având la bază configurația geometrică conform STANAG 4569 la scară 1:6.

Recipientul este fabricat cu o cavitate pentru introducerea capsei electrice detonante.

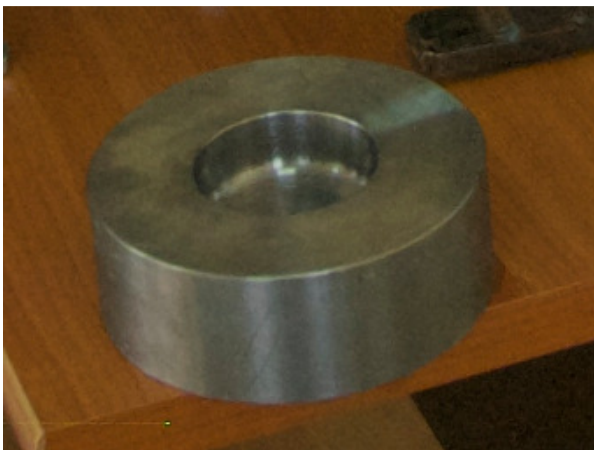


Figura IV.2.2 Recipient pentru dispunerea încărcăturii explozive

Tije pentru măsurarea înălțimii. Pentru realizarea unor măsurători privind înălțimea maximă pe care o atinge standul de testare pe durata saltului, au fost confecționate două tije de

măsurare. Pe tije s-au fixat fire din cupru deformabile pe o lungime de 100 mm la o distanță de 10 mm.

De asemenea, pentru măsurarea suplimentară a deformației rezultate în urma acționării suflului exploziei, au fost concepute două dispozitive. Dispozitivul numărul 1 (figura IV.2.3a) a fost executat din mici tije cilindrice cu vârf ascuțit de dimensiuni descrescătoare lipite de un cadru metallic de cornier și a fost folosit pentru testele cu poliuree pe partea dorsală. Dispozitivul numărul 2 (figura IV.2.4b) a fost confecționat din fâșii de tablă de oțel de 0.2 mm cu vârful ascuțit la 45° și a fost folosit pentru restul testelor. Aceste două dispozitive au fost montate prin înșurubare pe suport în zona centrală a standului.

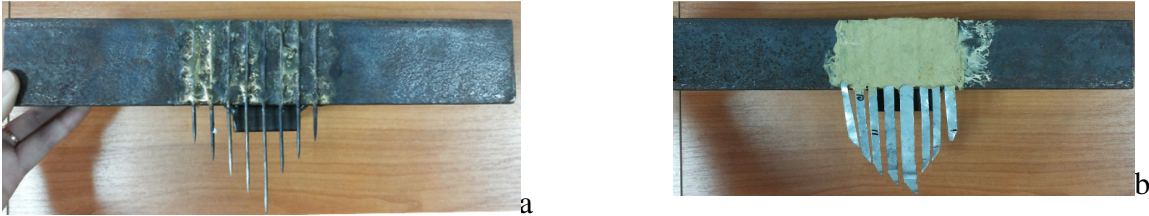


Figura IV.2.3 Dispozitive de măsurat

## Testarea în condiții de laborator a comportamentului plăcilor bistrat în regim dinamic

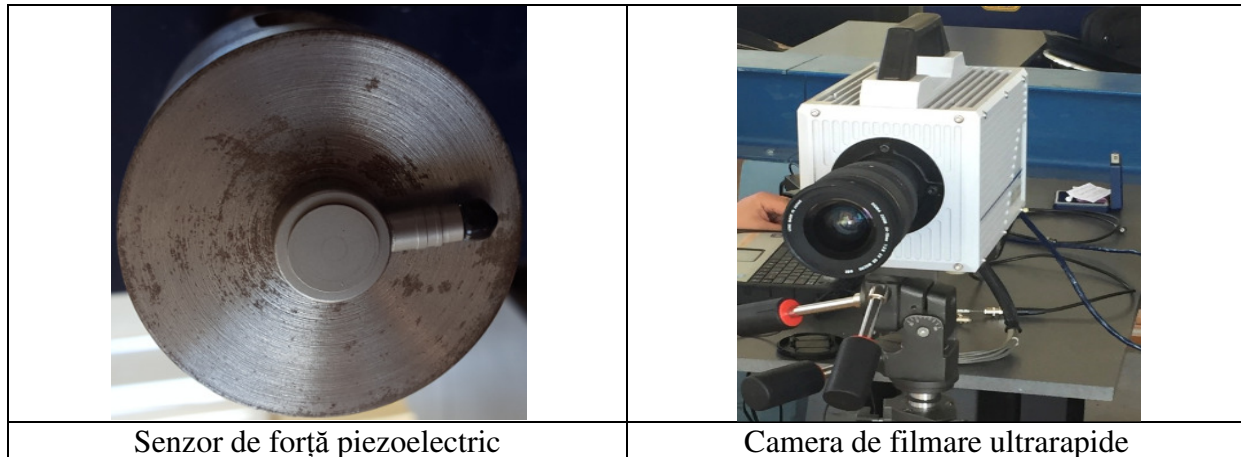
### 1) Scop

Această procedură stabilește metodologia de utilizare sistemului de propulsie pneumatică a Sistemului Bare Hopkinson din Academia Tehnică Militară pentru determinarea forței de rezistență rezultată la impactul dintre proiectilele cu cap sferic asupra unor esantioane cu aceeași formă geometrică dar structuri diferite: cu un singur strat și bistrat. Aceste esantioane au ca strat principal o placă de aluminiu pe care a fost depus un strat de poliuree cu diferite compozitii : poliuree simplă și poliuree ce conține nanotuburi de carbon în diferite concentrații.

Acest lucru va face posibilă evidențierea rezistenței probei la un șoc dinamic în cazul utilizării unor structuri bistrat.

### 2) Mijloace de măsurare

- Camera de filmare ultrarapidă pentru a determina viteza proiectilului
- Senzor de forță piezoelectric



### 3) Esantion

Esantionul folosit pentru aceste teste este reprezentat de o placă metalică cu grosimea de 0,5 mm și diametrul liber de 100 mm.



### 4) Date de intrare

- Presiunea compresor
- Greutatea proiectilului

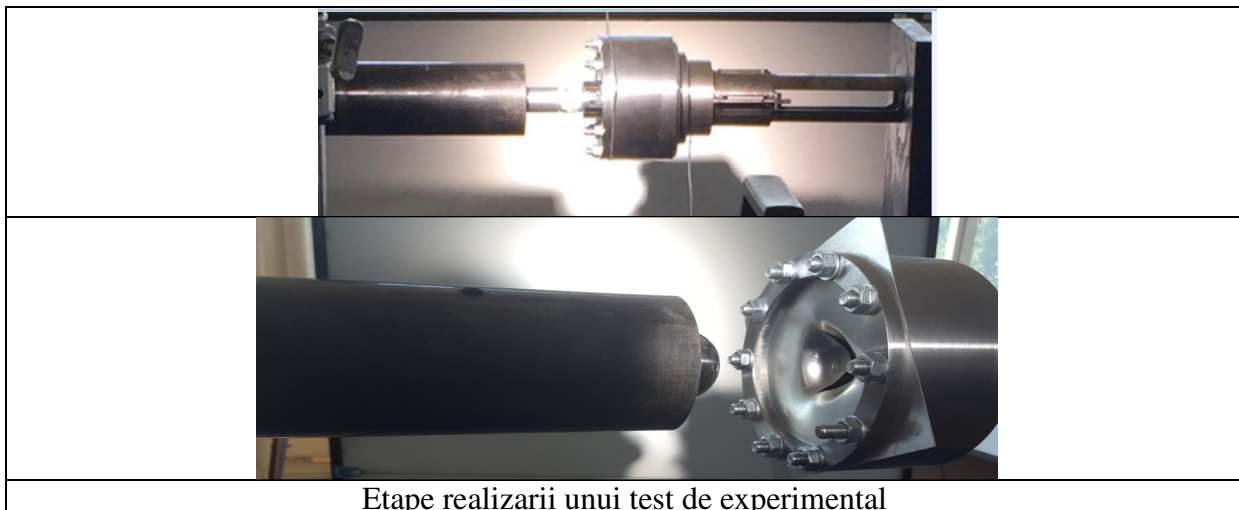
### 5) Datele de ieșire

- Aspectul plăcii (pattern-ul de deformarea după absorbția energiei transmise de proiectil)
- Viteza proiectilului
- Forța proiectilului
- Energia cinetică a proiectilului

### 6) Rezultate

Testele experimentale au cuprins 4 serii de teste :

- placa simpla de aluminiu de 0,5 mm grosime – 7 teste + 1 test final
- placă bistrat : placa de aluminiu cu grosimea de 0,5 mm + strat suplimentar de poliuree simpla - 5 teste
- placa bistrat : placă de aluminiu cu grosimea de 0,5 mm + poliuree neagra + nanotuburi de carbon in procent de 0,1 % ( 5 teste), 0,2 % (6 teste), 0,3% (6 teste).
- placă bistrat : placa de aluminiu de 0,5 mm+ placa de aluminiu de 0,5 mm (6 teste)



Se constata ca in cele doua configuratii bistrat ambele materiale au redus deteriorarea placii de aluminiu, iar stratul de poliuree a absorbit energia cinetica a poiectilului si a redus gradul de deformare al plăcilor.

Configurație cu aluminiu + poliuree + nanotuburi de carbon permite placii de metal să reziste la o presiune de aproape trei ori mai mare.

Se observă ca se obtine un pattern de deformare identic în următoarele cazuri :

- presiune de 0,2 bar pe o placa simplă de Al- fără găurire sau fisuri
- presiune de 0,5 bar pe placa bistrat: aluminiu + poliuree simplă- fără găurire sau fisuri
- presiune de 0,8 bari pe placa bistrat: aluminiu + poliuree cu nanotuburi de carbon- fara gaurire sau crestaturi

Astfel putem spune ca acet material suplimentar in cele doua compozitiitii, foarte util pentru a creste rezistența plăcii de aluminiu inițiale.

### **Activitatea IV.3 Testarea demonstratorului la scara redusa si demonstrarea functionalitatii**

#### **Derularea de teste la scară redusă în poligon**

##### ***Concepția generală a planului de experimentare***

Pentru instrumentarea testelor s-au utilizat SDV-uri, dispozitive, instalații și echipamente din dotarea Academiei Tehnice Militare și UM 02512C.

Programul de testare propus are ca scop estimarea eficacității sistemului de atenuare al undelor de șoc în diferite configurații și urmărește analizarea cantitativă și calitativă a modificărilor aduse în comportamentul unei plăci supuse acțiunii unei unde de șoc, atât prin schimbarea geometriei acesteia cât și prin interpunerea între o undă șoc și o placă metalică omogenă a unui strat protectiv de natura compozită - poliuree sau a unui strat de material granular - perlit.

Rezultatele obținute pentru aceste configurații s-au comparat cu rezultatele obținute cu o placă de referință realizată din aceeași marcă de oțel. Pentru testele la explozie s-au evaluat deformațiile maxime și remanente ale plăcilor cu diferite geometrii, precum și modul în care prezența straturilor de poliuree și perlit afectează distribuția deformațiilor plastice suferite de plăci.

Testul a prevăzut dispunerea unei plăci plane multistrat sau simplă cu diferite geometrii la o anumită distanță de sol, cu o greutate echivalentă cu greutatea scalată a vehiculului, asupra căreia va acționa unda de șoc produsă de o încărcătură explozivă dispusă pe sol/îngropată, situată sub centrul configurațiilor pentru testat.

S-au executat teste care au simulat condițiile de funcționare ale unei mine dispuse în sol. Cu ajutorul traductorilor s-au înregistrat presiunile și accelerațiile, evaluându-se atât reducerea valorii suprapresiunii, a impulsului specific, accelerației suferite de structură cât și modificarea deformațiilor suferite de plăci.

Modul de reducere a efectelor distructive ale exploziei, urmărit prin soluțiile propuse, constă în modificarea undei de șoc, în sensul atenuării suprapresiunii maxime care acționează asupra podelei și distribuția suprapresiunii pe o perioadă mai lungă de timp, însoțită de o

reducere a impulsului specific. De asemenea, s-a considerat că prezența stratului de poliuree și a straturilor de perlit va conduce la întârzierea momentului în care placa metalică cedează.

Astfel, prin introducerea stratului suplimentar reprezentat de poliuree sau de perlit și prin schimbarea formei plăcii se estimează următoarele efecte:

- reducerea suprapresiunii maxime care interacționează cu podeaua în vederea atenuării undei de șoc produse în interiorul vehiculului, reducerea accelerațiilor inițiale înregistrate în podea și eliminarea riscului fisurării podelei;

- reducerea valorilor accelerațiilor înregistrate în întregul vehicul și a impulsului transmis de gazele de detonație.

### Procedeul de scalare

Programul de testare a avut la bază proiectarea unei structuri de protecție la scară redusă 1:6 care să ofere o protecție de nivel 3B conform standardelor NATO.

Odată terminată realizarea demonstratorului pentru sistemului de protecție al vehiculelor, s-a încercat realizarea unui design a structurii de protecție, pornind de la o placă metalică simplă, considerată configurație de referință.

Deoarece tendința în domeniul este de a scădea greutatea autovehiculelor, s-a optat pentru analiza unui prototip care să aibă o greutate de 11000 kg.

### Echipamentul de cercetare

Pentru desfășurarea programului de cercetări experimentale au fost folosite o serie de resurse experimentale ce vor fi prezentate în continuare pe categorii.

### Materiale explozive

Încărcăturile explozive folosite au fost pregătite sub formă de calupi dintr-un exploziv plastic C-4 furnizate de către UM 02512C.

Explozivul C-4 sau compoziția explozivă C-4 reprezintă un tip de exploziv plastic des folosit, compus din exploziv, liant, plastifiant și, de obicei, un marker sau un marker chimic odorizator. Compoziția explozivului plastic utilizat conține 90% RDX (nitroamină explozivă) liat cu 10% cauciuc nitrilic.

C-4 este foarte stabil și insensibil la majoritatea șocurilor mecanice și nu poate fi detonat de un foc de armă sau prin scăparea acestuia pe o suprafață dură. Nu explodează când arde sau când este expus la radiații de microunde. Detonarea poate fi inițiată numai printr-o combinație de căldură extremă și o undă de șoc, cum ar fi un detonator introdus în acesta și activat. Când detonează, C-4 se descompune rapid pentru a elibera oxizi de azot și carbon, precum și alte gaze. Gazele se extind cu o viteză de explozie de 8092 m/s (26550 ft/s).

O proprietate importantă a C-4 este reprezentată de textura asemănătoare cu lutul folosit la modelare și astfel poate fi ușor modelat în orice formă dorită pentru a schimba direcția exploziei rezultate.




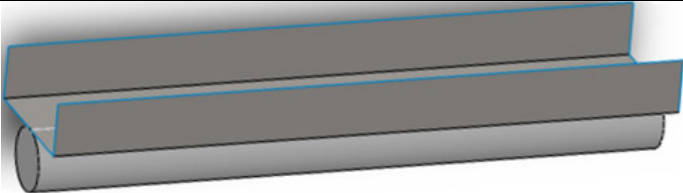

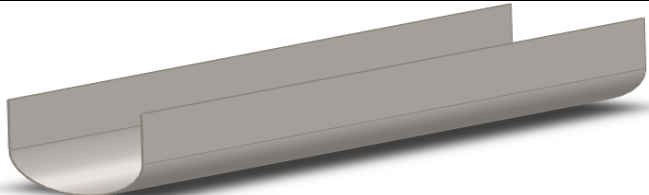
Calupul de exploziv C4, cu o masă de 30 g (rezultată în urma procedurii de scalare) va fi dispus într-un recipient de oțel situat la același nivel cu nivelul solului.

### Dispozitive de testare:

- plăci metalice cu configurații diferite;
- stand de testare de concepție proprie;
- margine suplimentară pentru fixare;
- recipient pentru dispunerea încărcăturii explozive (steel pot);
- rigle și dispozitive de măsurare de concepție proprie.

Cercetarea experimentală a cuprins testarea mai multor plăci metalice cu configurații geometrice diferite. Pe lângă configurațiile propuse la Activitatea IV.1 au fost adăugate și placa simplă și placa cu strat de poliuree. Configurațiile de testare pentru podeaua autovehiculelor sunt prezentate în tabelul IV.1.

**Tabelul IV.1** Configurațiile de testare propuse pentru podeaua autovehiculelor

Nr. crt.	Configurații de testare	Număr teste	Reprezentare 3D
S1	Placă plană de referință	3	
S2-1	Placă plană + material compozit dorsal	2	
S2-2	Placă plană + material compozit frontal	2	
S3	Placă plană + material granular	2	
S4	Placă în V (120°)	3	
S5	Placă semi-eliptică	1	

Fiecare *placă de testare* modelează scutul exterior al autovehiculului. Pentru plăcile propuse pentru testare am folosit oțelul de clasă medie OL50.

Pentru realizarea structurii bistrat oțel-poliuree pe toată lungimea plăcii pe partea frontală sau pe partea dorsală a fost pulverizat un strat de poliuree în grosime de 1,5 mm.

În ceea ce privește structura bistrat oțel-perlit pe placa metalică s-a adăugat pe partea expusă exploziei un tub cilindric din folie de plastic pe toată lungimea ei (1000 mm), cu diametrul de 100 mm.

Sacii din folie de plastic au fost confecționați astfel încât să conțină o cantitate de material granular egală cu masa de poliuree adăugată în configurațiile anterioare (400 g) (figura IV.3.1). Aceștia au fost lipiți cu material adeziv înainte de executarea testelor pe partea acțiunii directe a suflului exploziei.



*Figura IV.3.1 Saci de perlit pentru realizarea structurii bistrat oțel-perlit*

### Locația de testare

Efectuarea de teste și încercări cu ajutorul materialelor și dispozitivelor explozive este întotdeauna asociată cu riscurile de distrugeri materiale, vătămări corporale sau chiar pierderea de vieți omenești. În consecință, efectuarea de studii și cercetări experimentale nu se putea executa decât în condițiile în care sunt controlate riscurile și aduse la valori acceptabile.

Locația de testare a îndeplinit cerințele de siguranță atât pentru operatori și personalul asociat testării, dar și pentru mediul exterior.

Testele și verificările efectuate au fost activități periculoase, fapt ce a impus ca personalul participant, responsabil cu efectuarea activităților și/sau observarea desfășurării acestora să fie nominalizat prin OZU, cu luarea la cunoștință a riscurilor asociate.

La efectuarea testelor a participat doar personalul prevăzut în procedurile operaționale.

Pentru îndeplinirea unor condiții propice filmării cu camera ultrarapidă terenul pentru efectuarea testului a fost curățat de vegetație/cosit și stropit cu apă înainte de fiecare probă.

### Instrumentarea testelor

Măsurarea caracteristicilor undelor de șoc și a efectelor sale are la bază „captarea” semnalelor electrice de la traductori specializați, amplasați în diferite „puncte” față de placa de testare și de acțiunea undei de șoc.

În ceea ce privește instrumentarea testelor am conceput un lanț de măsurare constând în: sistem de filmare cu camera ultrarapidă și sisteme de achiziție și măsură a semnalelor înregistrate de accelerometri și traductori de presiuni amplasați conform situațiilor operaționale.

**Sistemul de Achiziție și Măsurare a datelor Picoscope 6** este compus din: sistem multicanal de achiziție analog-digitală a parametrilor funcționali ai mijloacelor explozive, doi traductori piezoelectrice de presiune și un accelerometru.

#### Traductori piezoelectrice de presiune

Pentru măsurarea presiunii de explozie se utilizează traductori (senzori) de presiune piezoelectrice PCB (PIEZOTRONICS), modele mici din seria 102. Senzorii piezoelectrice de presiune dinamică pot măsura variații mici ale presiunii, au un timp de răspuns foarte mic (de ordinul microsecundelor) și ating frecvențe de până la 100 kHz.

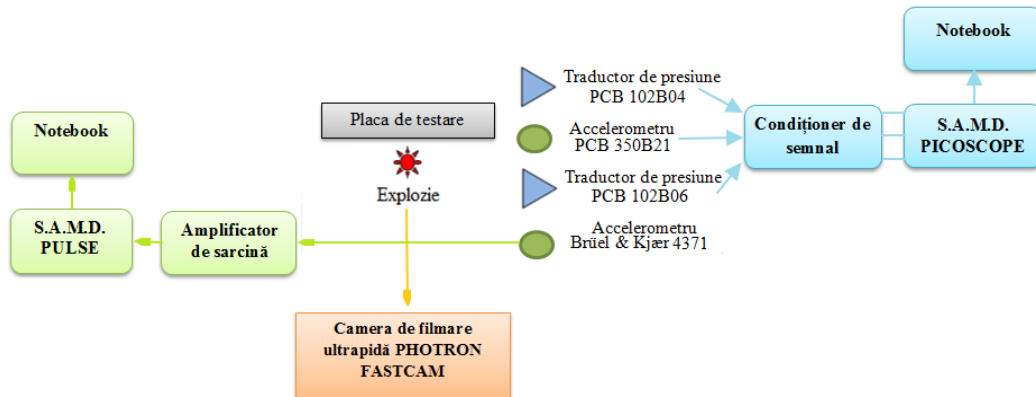
Accelerometrul de șoc de înaltă frecvență model PCB 350B21 este realizat din elemente sensibile de ceramică și elemente ușoare din titan.

Filtrarea electrică și mecanică elimină practic până la zero semnalele parazite. Nivelul de amplitudine maxim este de  $\pm 100$  kg iar domeniul de frecvență de la 1Hz la 10 kHz. Are o sensibilitate de 0,05mV/g și o masă de 4,4 g.

### ***Sistem de filmare ultrarapidă PHOTRON FASTCAM SA3 model 120K-C2***

Camera de filmare FASTCAM SA 3 este o cameră de filmare de mare viteză, care conține un senzor CMOS ce permite funcționarea în regim de declanșare a dublei expunerii, facilitând înregistrarea mișcării la viteze foarte ridicate.

Prezentarea echipamentelor utilizate pentru instrumentarea testelor experimentale se încheie cu ilustrarea configurației generale de amplasare a acestora (figura IV.3.7) conform programului de testare.



*Figura IV.3.2 Configurația generală a echipamentelor utilizate pentru cercetările experimentale*

#### **1. Pregătirea locului de testare și fixarea plăcilor metalice în standul de testare.**

Standul de testare a fost amplasat în locul special amenajat, iar înainte de fiecare test, placa testată a fost fixată pe exteriorul suportului de testare, pentru o mai bună similaritate cu podeaua unui autovehicul militar.

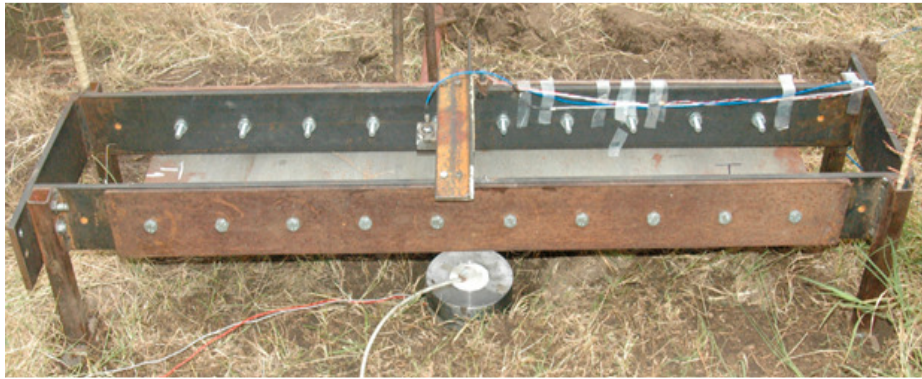


*Figura IV.3.3 Montarea plăcilor studiate în suportul de testare*

### ***Rezultatele obținute***

Programul de verificare a capacității de atenuare a efectelor exploziilor asupra unor configurații de testare pentru scutul exterior al autovehiculelor cuprinde 5 seturi de teste în funcție de geometriile și caracteristicile specifice plăcilor propuse pentru studiu.

În figura IV.3.4 este prezentat standul de testare complet echipat.



*Figura IV.3.4 Stand de testare echipat pentru teste*

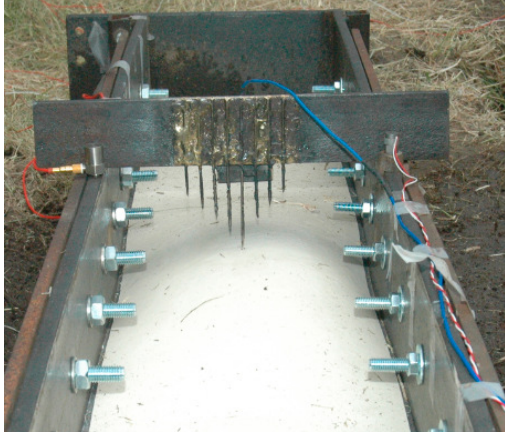
Fenomenul exploziei încărcăturii explozive surprins cu camera de filmare ultrarapidă este ilustrat în figura IV.3.5.



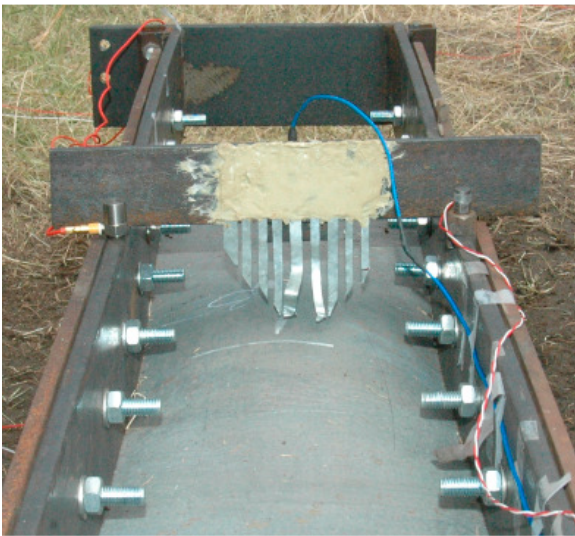
*Figura IV.3.5 Fenomenul exploziei surprins de camera de filmare ultrarapidă*



*Figura IV.3.6 Efectele exploziei asupra plăcii de referință*



*Figura IV.3.7 Efectele exploziei asupra plăcilor cu poliuree depusă pe partea dorsală S2-1*



*Figura IV.3.8 Efectele exploziei asupra plăcilor cu poliuree depusă pe partea frontală*



*Figura IV.9 Efectele exploziei asupra plăcilor bistrat oțel-perlit*



Figura IV.3.10 Efectele exploziei asupra plăcilor cu formă de V la 120°



Figura IV.3.11 Efectele exploziei asupra plăcii cu formă semi-eliptică

**Tabelul IV.2** Analiza soluțiilor testate

Tipul testului	Impuls (kg·m/s)	Înălțimea saltului (m)	Valoarea normalizată a impulsului (%)
Setul 1 (p. standard)	79,7	0,149	1
Setul 2-1 (p. poliuree dorsal)	80,54	0,149	1,01
Setul 2-2 (p. poliuree frontal)	81	0,161	1,016
Setul 3 (p. cu perlit)	62,21	0,089	0,78
Setul 4 (p. cu piramide)	79,5	0,147	0,997
Setul 5 (p. V)	54,24	0,067	0,68
Setul 6 (p. s-e)	71,58	0,115	0,898

Analiza comparativă a parametrilor de interes arată o evidentă atenuare a undei de șoc și a saltului structurii pentru placa cu configurația în V și cea cu material granular atașat, fapt ilustrat din analiza prezentată în tabelul IV.2.

După efectuarea testelor experimentale, datele înregistrate au fost analizate, iar structurile testate au fost măsurate și verificate. Efectele acțiunii undelor de șoc asupra configurațiilor de testare propuse au fost analizate.

**Tabelul IV.3** Analiza comparativă a principalelor rezultate obținute

Setul de teste	Test experimental				Simulare numerică		
	Nr. Testului	Săgeată (transversal) (mm)	Viteză (m/s)	Impuls (kg·m/s)	Săgeată (transversal) (mm)	Viteză (m/s)	Impuls (kg·m/s)
Setul 1 (p. plana)	1	38,2	1,712	78,886	37,43	1,736	79,7
	2	38,66	1,695	78,097			
	3	39,25	1,729	79,675			
Setul 2-1 (p. poliuree dorsal)	1	36,78	1,715	79,718	36,5	1,739	80,54
	2	37,43	1,732	80,515			
Setul 2-2 (p. poliuree frontal)	1	37,07	1,778	82,58	36,7	1,803	81
	2	35,438	1,636	75,973			
Setul 3 (p. cu perlit)	1	34,05	1,322	61,553	34,91	1,341	62,21
	2	34,46	1,362	63,399			
Setul 4 (p. V)	1		1,153	53,663		1,169	54,24
	2		1,154	53,717			
	3		1,191	55,81			
Setul 5 (p.s-e)	1		1,507	70,829		1,528	71,58

În ceea ce privește configurațiile propuse, în urma prelucrării și analizei datelor obținute, se pot formula o serie de recomandări prezentate în cele ce urmează.

Testele pentru stabilirea unei noi configurații geometrice indică faptul că o configurație geometrică în formă de V (unghi la vârf de 120°) prezintă o mai bună comportare decât celelalte trei soluții (variantele standard, placă standard cu piramide patrulatere atașate în zona centrală și placă cu profil semi-eliptic), obținându-se o atenuare de 32% a impulsului transferat structurii.

În ceea ce privește configurațiile bistrat cu poliuree, nu s-a observat o îmbunătățire semnificativă a comportamentului structurii ca urmare a prezenței acesteia în nici una din variantele propuse.

Utilizarea unui material granular de sacrificiu (perlit) pentru interacțiunea inițială cu frontul undei de șoc conduce, prin folosirea lui, la o atenuare cu până la 22% a impulsului transferat structurii.

Simulările numerice arată că, prin utilizarea unui astfel de material se poate obține o creștere a nivelului de protecție a structurii (de la 2B la 3B, respective de la 3B la 4B conform STANAG 4569).

Configurația bistrat metal-material granular permite ca prin utilizarea unei tehnologii simple și ușor de aplicat să se îmbunătățească, cu costuri minime, nivelul de protecție al autovehiculelor militare.

## **Activitatea IV.4 Întocmirea și depunerea documentației de brevetare pentru sistemul de protecție antiexplozie pentru echiparea vehiculelor**

### **SISTEM SUPPLEMENTAR, FLEXIBIL, UȘOR DEMONTABIL, DESTINAT CREȘTERII NIVELULUI DE PROTECȚIE OFERIT DE VEHICULELE BLINDATE OCUPANȚILOR LA ACȚIUNEA MINELOR ȘI DISPOZITIVELOR EXPLOZIVE DISPUSE SUB VEHICUL**

Invenția se referă la o soluție de creștere a nivelului de protecție oferit de un vehicul ocupanților în situația detonării unei încărcături explozive dispuse sub vehicul. Soluția se pretează în special vehiculelor pe roți, de tip transportor blindat pentru trupe, vehicule tactice, mașini de luptă sau vehicule logistice.

Scopul invenției este de a realiza o protecție mărită la acțiunea minelor, fără a utiliza sisteme complexe și fără a crește semnificativ masa vehiculului în condițiile menținerii gărzii la sol și a înălțimii totale a vehiculului, prin reducerea impulsului transmis structurii.

Un exemplu de realizare a invenției, aplicat la un vehicul blindat pe roți, este prezentat în vedere izometrică.

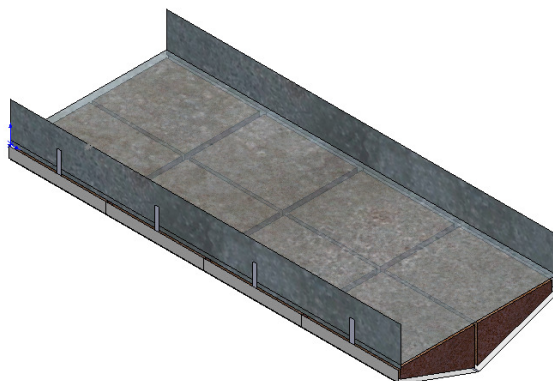


Figura 1 – Vedere izometrică a conceptului sistemului de protecție suplimentar pentru creșterea nivelului de protecție oferit de un vehicul ocupanților în situația detonării unei încărcături explozive dispuse sub vehicul

## **Activitatea IV.5 Diseminarea rezultatelor**

Gabriela Toader, Edina Rusen, Mircea Teodorescu, Aurel Diacon, Paul O. Stanescu, Celina Damian, Traian Rotariu, **Adrian Rotariu**, *New polyurea MWCNTs nanocomposite films with enhanced mechanical properties*, Journal of Applied Polymer Science, ISSN 0021-8995, vol.134, issue 28, 2017, DOI: 10.1002/APP.45061

**Adrian ROTARIU**, Florina BUCUR, Gabriela TOADER, Marin LUPOAE, Alin SAVA, Pamfil ȘOMOIAG, Marius CIRMACHI-MATEI, *Experimental Study on Polyurea Coating Effects on Deformation of Metallic Plates Subjected to Air Blast Loads*, Materiale Plastice, ISSN 0025-5289, vol. 53, no. 4, pp 670-674, 2016