

Identyfikacja zagrożeń załogi pojazdów specjalnych podczas wybuchu

Edyta KRZYSTAŁA
Sławomir KCIUK
Arkadiusz MEŻYK

Identyfikacja zagrożeń załogi pojazdów specjalnych podczas wybuchu

*Autorzy monografii pragną złożyć podziękowanie zespołowi w składzie:
Dom Samochodowy GERMAZ Sp. z o.o., Politechnika Wroclawska,
Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im. generała Tadeusza Kościuszki
za współpracę i umożliwienie przeprowadzenia badań doświadczalnych.*

Gliwice, 2012

Edyta KRZYSTAŁA, Sławomir KCIUK, Arkadiusz MEŻYK

Identyfikacja zagrożeń załogi pojazdów specjalnych podczas wybuchu

**Recenzenci: prof. dr hab. inż. Eugeniusz RUSIŃSKI
prof. dr hab. inż. Eugeniusz ŚWITOŃSKI**

Monografia zawiera wyniki badań realizowanych w ramach projektu badawczego Nr O N501 625 39 oraz środków statutowych Katedry Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej finansowanych z budżetu państwa

© Copyright by Politechnika Śląska, Gliwice 2012

ISBN 978-83-7789-161-2

Opracowanie wydawnicze: Marta Pobereszko, Joanna Iwanowska

Projekt okładki: Marta Pobereszko



2365

Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
26-600 Radom, ul. K. Pułaskiego 6/10, tel. centr. (48) 364-42-41, fax (48) 3644765
e-mail: instytut@itee.radom.pl <http://www.itee.radom.pl>

SPIS TREŚCI

| | |
|---|-----------|
| 1. WPROWADZENIE..... | 7 |
| 2. TENDENCJE ROZWOJOWE W PROJEKTOWANIU POJAZDÓW WOJSKOWYCH..... | 9 |
| 2.1. Wymagania stawiane nowoczesnym pojazdom specjalnym..... | 9 |
| 2.2. Zagrożenia współczesnego pola walki..... | 13 |
| 2.3. Dokumenty normalizujące wymagania projektowo-konstrukcyjne nowych pojazdów wojskowych | 16 |
| 2.4. Projektowanie pojazdów specjalnych w ujęciu mechatronicznym | 18 |
| 3. ANALIZA WPŁYWU FALI UDERZENIOWEJ WYBUCHU NA POJAZDY SPECJALNE I ICH ZAŁOGĘ | 23 |
| 3.1. Podstawowe pojęcia dotyczące zjawiska fali uderzeniowej | 23 |
| 3.2. Analiza wpływu fali uderzeniowej na konstrukcje pojazdów wojskowych..... | 29 |
| 3.2.1. Miny lądowe współczesnego pola walki | 29 |
| 3.2.2. Analiza uszkodzeń pojazdów klasy MRAP podczas wybuchu min lądowych i IED | 32 |
| 3.2.3. Analiza uszkodzeń pojazdów typu KTO Rosomak podczas wybuchu min lądowych i IED | 34 |
| 3.2.4. Analiza uszkodzeń pojazdu klasy M-ATV będącego na wyposażeniu polskiego kontyngentu | 35 |
| 3.3. Analiza wpływu fali uderzeniowej wybuchu na załogę pojazdów specjalnych..... | 36 |
| 3.4. Kryteria oceny urazów wywołanych wybuchem | 39 |
| 3.4.1. Ocena zagrożenia załogi poprzez pomiar przyspieszenia... | 40 |
| 3.4.2. Ocena zagrożenia załogi na podstawie ciśnienia..... | 43 |
| 3.4.3. Wskaźniki oceny stopnia zagrożenia głowy oraz odcinka szyjnego kręgosłupa..... | 45 |
| 3.4.4. Wskaźniki oceny stopnia zagrożenia odcinka lędźwiowo- piersiowego kręgosłupa | 46 |
| 3.4.5. Dynamic Response Index | 47 |
| 4. TENDENCJE ROZWOJOWE ŚRODKÓW OCHRONY PRZECIWMINOWEJ | 49 |
| 4.1. Kierunki rozwoju nowoczesnych środków ochrony przeciwminowej | 49 |
| 4.2. Przegląd wybranych zewnętrznych środków ochrony przeciwminowej | 50 |
| 4.3. Przegląd wybranych wewnętrznych środków ochrony przeciwminowej | 58 |

| | |
|--|------------|
| 5. METODY IDENTYFIKACJI OBCIĄŻENIA ZAŁOGI W WYNIKU EKSPLOZJI ŁADUNKU POD POJAZDEM | 67 |
| 5.1. Poligonowe badania eksperymentalne | 67 |
| 5.2. Badania typu drop-test | 72 |
| 5.3. Badania modelowe | 73 |
| 5.4. Czynniki wpływające na stopień zagrożenia załogi..... | 77 |
| 6. MODELOWANIE ODDZIAŁYWANIA FALI UDERZENIOWEJ NA STRUKTURĘ POJAZDU | 79 |
| 6.1. Metoda badań | 79 |
| 6.2. Podstawowe założenia | 81 |
| 6.3. Modelowanie kadłuba | 81 |
| 6.4. Algorytm CONWEP..... | 83 |
| 6.5. Symulacje numeryczne | 84 |
| 6.5.1. Geometria 1..... | 84 |
| 6.5.2. Geometria 2..... | 85 |
| 6.5.3. Geometria 3..... | 86 |
| 6.5.4. Badania porównawcze | 87 |
| 7. EKSPERYMENTALNE BADANIA POLIGONOWE..... | 91 |
| 7.1. Badania odporności na wybuchy kołowego pojazdu minoodpornego | 93 |
| 7.1.1. Metodologia badań eksperymentalnych | 93 |
| 7.1.2. Przykładowe wyniki badań doświadczalnych | 97 |
| 7.2. Weryfikacja eksperymentalna bezpieczeństwa załogi wewnątrz pojazdu | 100 |
| 7.2.1. Metodologia badań eksperymentalnych | 100 |
| 7.2.2. Prototypowe stanowisko badawcze | 103 |
| 7.2.3. Przykładowe wyniki badań..... | 105 |
| 7.2.4. Badania porównawcze | 109 |
| 7.3. Pomiar ciśnienia oddziałującego na załogę wewnątrz pojazdu | 110 |
| 7.3.3. Pomiar ciśnienia oddziałującego na klatkę piersiową | 110 |
| 7.3.4. Pomiar ciśnienia oddziałującego na aparat słuchu | 112 |
| 8. OCENA POZIOMU ZAGROŻENIA ZAŁOGI..... | 113 |
| 8.1. Autorski program do oceny zagrożenia załogi..... | 113 |
| 8.2. Ocena urazu odcinka lędźwiowo-piersiowego kręgosłupa | 114 |
| 8.3. Porównanie wartości wskaźnika DRI | 116 |
| 9. PODSUMOWANIE..... | 119 |
| 10. LITERATURA | 123 |
| STRESZCZENIE | 135 |



Podstawowym kierunkiem prac badawczo-rozwojowych dotyczących współczesnych pojazdów wojskowych jest ograniczenie masy pojazdów przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiego poziomu ochrony załogi i wysokich parametrów eksploatacyjnych. Wymagania te podyktowane są przez charakter współczesnych działań bojowych związanych z udziałem mobilnych oddziałów w misjach stabilizacyjnych, bądź działaniach zbrojnych w różnych częściach świata. W celu poprawy zdolności obronnych UE oraz przygotowywania i unowocześnienia wyposażenia odpowiednio dostosowanego do konkretnych zagrożeń, wspierania badań jak i koordynowania zamówień rządów krajów członkowskich w zakresie uzbrojenia i przemysłu obronnego UE w czerwcu 2003 roku powstała Europejska Agencja Obrony (EDA). Agencja jest organizacją międzyrządową a do jej działań należy m.in. wspieranie badań, których celem jest opracowanie technologii strategicznych dla obronności i bezpieczeństwa, kluczowych dla potencjału przemysłowego Europy. Analizując technologie dotyczące rozwoju przyszłych pojazdów opancerzonych, eksperci EDA jako priorytetowe kierunki rozwoju wskazują m.in. następujące technologie: napędy hybrydowe, aktywne zawieszania pojazdów, aktywna ochrona, lekkie pancerze, elektronizacja pojazdu, modułowa budowa pojazdów i integracja systemów.

Kwestia ochrony załóg pojazdów wojskowych zaczęła dominować w krajach NATO wraz z pojawieniem się pierwszych analiz i skutków działań zbrojnych w Iraku i Afganistanie. Na podstawie statystyk obecnych konfliktów zbrojnych oszacowano, że w około 60% przypadków miny oraz improwizowane urządzenia wybuchowe (tzw. IED *imprvised explosive devices*) stanowią główną przyczynę śmierci bądź poważnych urazów żołnierzy, w tym polskich, uczestniczących w obecnych działaniach zbrojnych lub misjach stabilizacyjnych. Na tej podstawie powstały dokumenty określające kryteria i zakres wymagań, jakie powinny spełniać nowoczesne pojazdy wojskowe projektowane dla na zapewnienia ochrony żołnierzy.

To właśnie ten typ zagrożenia wpłynął na rozwój nowych rozwiązań konstrukcyjnych pojazdów wojskowych mających chronić przed skutkami fali uderzeniowej wybuchu. Korzystając z wcześniejszych doświadczeń RPA, powstały pojazdy o specyficznym ukształtowaniu dna, w tzw. „V-shape”, powodującym rozpraszanie fali uderzeniowej wybuchu i zmniejszenie jej oddziaływania na