

**WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA**  
**WYDZIAŁ MECHATRONIKI**

---

**V**  
**MIĘDZYNARODOWA**  
**KONFERENCJA UZBROJENIOWA**

*NAUKOWE ASPEKTY TECHNIKI UZBROJENIA*



**V<sup>th</sup>**  
**INTERNATIONAL**  
**ARMAMENT CONFERENCE**

*SCIENTIFIC ASPECTS OF ARMAMENT TECHNOLOGY*

**Waplewo - 2004**

**WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA**  
**WYDZIAŁ MECHATRONIKI**

---

**V**  
**MIĘDZYNARODOWA**  
**KONFERENCJA UZBROJENIOWA**  
*NAUKOWE ASPEKTY TECHNIKI UZBROJENIA*



**V<sup>th</sup>**  
**INTERNATIONAL**  
**ARMAMENT CONFERENCE**  
*SCIENTIFIC ASPECTS OF ARMAMENT TECHNOLOGY*

Waplewo - 2004

## KOLEGIUM REDAKCYJNE

Renata Chromik  
Józef Gacek – przewodniczący  
Zbigniew Leciejewski  
Jacek Kijewski

## REDAKCJA

Renata Chromik  
Jacek Kijewski

ISBN 83-921491-0-6

### **Sponsorzy Konferencji:**

*MINISTERSTWO NAUKI I INFORMATYZACJI  
00-529 Warszawa, ul. Wspólna 1/3*

*DEPARTAMENT WYCHOWANIA i PROMOCJI OBRONNOŚCI MON  
00-911 Warszawa, Al. Niepodległości 218*

### **Patronat medialny Konferencji:**

*BROŃ I AMUNICJA. MAGAZYN STRZELECKI*

### **DRUK:**

Promocja XXI Sp. z o.o.  
20-495 WARSZAWA, Al. Jerozolimskie 232A  
tel. (22) 42 43 844, 42 43 892

**PROGRAM KONFERENCJI**

**STRESZCZENIA**

oraz

**PEŁNE TEKSTY REFERATÓW**

(w wersji elektronicznej na płycie CD)

***CONFERENCE PROGRAMME***

***ABSTRACTS***

*and*

***PROCEEDINGS***

*(compact disk)*

---

Waplewo, 06÷08.10. 2004 r.

***RADA NAUKOWO-PROGRAMOWA***  
***SCIENTIFIC & PAPER SELECTION COMMITTEE***

Jiri Balla, Vladimir Bella, Maciej Bossak, Adam Charchalis, Ryszard Dębski,  
Józef Gacek, Roman Iwaszkiewicz, Zygmunt Kitowski, Tomasz Korza,  
Gyula Kalman, Jan W. Kobierski, Ryszard Kostrow, Grzegorz Kowaleczko,  
Franciszek Kuczmarowski, Peter Lisy, Jerzy Maryniak, Zygmuny Mierczyk,  
Jerzy R. Młokosiewicz, Aleksander Nakonieczny, Tadeusz Niezgoda,  
**Aleksander Olejnik –przewodniczący**, Jan W. Osiecki, Andrzej Panas,  
Edward Pawlica, Andrzej Pietrzyk, Lubomir Popelinsky, Wiesław Sobieraj,  
Bogusław L. Smólski, Radosław Trębiński, Waldemar A. Trzciński,  
Edward Włodarczyk

***KOMITET ORGANIZACYJNY***  
***ORGANIZING COMMITTEE***

Renata Chromik, Wojciech Furmanek **Józef Gacek – przewodniczący**,  
Robert Kamiński, Jacek Kijewski, Hanna Kępka,  
Zbigniew Leciejewski – sekretarz, Bronisław Marciniak, Ryszard Woźniak,  
Marzena Żygadło

Komitety Organizacyjne V Międzynarodowej Konferencji Uzbrojeniowej  
*Naukowe Aspekty Techniki Uzbrojenia*  
ul. Kaliskiego 2 (bud.69)  
00-908 Warszawa  
Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Elektromechaniki WMT  
tel. (+48 22) 683 9508, 683 9956, fax (+48 22) 683 9508  
e-mail: [jgacek@wul.wat.edu.pl](mailto:jgacek@wul.wat.edu.pl)

**WYKAZ REFERATÓW – LIST OF PAPERS**  
(pełna treść referatów na CD – CD contains all papers)

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.  | <b>Vladislav ADAMÍK, Waldemar A. TRZCIŃSKI, Jiří VÁGENKNECHT</b> .....                                                                                                                                                                                                  | 1  |
|     | Investigation of the behaviour of steel and laminated fabric plates under<br>blast wave load. Part II – Numerical approach<br><i>Badanie zachowania się płyt stalowych i laminatów włókninowych po<br/>obciążeniu falą podmuchową. Część II – Symulacja komputerowa</i> |    |
| 2.  | <b>Mirosław ADAMSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                                                           | 14 |
|     | Pole walki XXI wieku<br><i>Battlefield in XXI Century</i>                                                                                                                                                                                                               |    |
| 3.  | <b>Mirosław ADAMSKI, Sławomir PICHER</b> .....                                                                                                                                                                                                                          | 19 |
|     | Wielofunkcyjne wskaźniki zobrazowania informacji celowniczej<br><i>Sight data multifunctional displays</i>                                                                                                                                                              |    |
| 4.  | <b>Sorinel BALASOIU, Cristian BARBU</b> .....                                                                                                                                                                                                                           | 29 |
|     | A mathematical model for the inside gun barrel projectile movement study<br>by use of quaternions<br><i>Model matematyczny do analizy ruchu pocisku wewnątrz lufy<br/>z wykorzystaniem kwaternionów</i>                                                                 |    |
| 5.  | <b>Jiri BALLA</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                 | 38 |
|     | Gatling cannon dynamics<br><i>Dynamika działła Gatlinga</i>                                                                                                                                                                                                             |    |
| 6.  | <b>Adam BARTNICKI, Franciszek KUCZMARSKI, Stanisław KONOPKA,<br/>Andrzej TYPIAK</b> .....                                                                                                                                                                               | 46 |
|     | Kształtowanie układu rozpoznania otoczenia dla bezzałogowego pojazdu<br>lądowego<br><i>Study of surrounding's recognition system for unmanned ground vehicle</i>                                                                                                        |    |
| 7.  | <b>Włodzimierz BOROWCZYK</b> .....                                                                                                                                                                                                                                      | 58 |
|     | Metody przygotowania odległości do celu dla potrzeb przelicznika<br>balistycznego<br><i>The methods preparation distance from weapon to target aircraft for<br/>ballistic computer</i>                                                                                  |    |
| 8.  | <b>Kateřina BRABCOVÁ, Martin MACKO</b> .....                                                                                                                                                                                                                            | 66 |
|     | Comparison of rebound theories<br><i>Porównanie teorii odrzutu</i>                                                                                                                                                                                                      |    |
| 9.  | <b>Daniel BUCZKOWSKI, Waldemar A. TRZCIŃSKI, Bogdan ZYGMUNT</b> .....                                                                                                                                                                                                   | 74 |
|     | Badania właściwości energetycznych saletrolu<br><i>The experimental study of energetic properties of ANFO</i>                                                                                                                                                           |    |
| 10. | <b>Adam BULKA, Stanisław CUDZIŁO, Andrzej PAPLIŃSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                           | 83 |
|     | Badanie kinetyki rozkładu termicznego mało wrażliwych materiałów<br>wybuchowych<br><i>Investigation into thermal decomposition analysis of low-sensitivity<br/>explosives</i>                                                                                           |    |

|                                                                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>11. Marian BUNEA, Gabriela NEȘTIAN, Roxana NEDELCU, Vasile NASTASESCU .....</b>                                           | <b>94</b>  |
| Analysis of the dynamic equivalent model in superfinishing process of the axles using finite elements method                 |            |
| <i>Analiza ekwiwalentnego modelu dynamicznego w procesie dogładzania osi z wykorzystaniem metody elementów skończonych</i>   |            |
| <b>12. Michał BUREK, Mirosław ADAMSKI, Norbert GRZESIK .....</b>                                                             | <b>102</b> |
| Ocena wykonania wybranego zadania myśliwskiego z wykorzystaniem teorii zbiorów rozmytych                                     |            |
| <i>Evaluation of execution selected counter air mission with using of fuzzy sets theory</i>                                  |            |
| <b>13. Zdzisław CHUDY, Bronisław STEC .....</b>                                                                              | <b>109</b> |
| Radioelektroniczny system obserwacji okrężnej źródeł promieniowania mikrofali w monitoringu środowiska elektromagnetycznego  |            |
| <i>Radioelectronics system of all around observation microwave radiation sources in monitoring of electromagnetic medium</i> |            |
| <b>14. Stanisław CIEPIELSKI, Stanisław CUDZIŁO, Jacek KIJEWSKI, Mirosław ZAHOR .....</b>                                     | <b>118</b> |
| Zastosowanie dwukomorowego układu miotającego w pirotechnicznie rozwijanym zestawie ratownictwa wodnego                      |            |
| <i>Application on high-low pressure launching system in the pyrotechnically deployed water rescue set</i>                    |            |
| <b>15. Artur CYWIŃSKI, Bogusław JAKUBOWSKI .....</b>                                                                         | <b>131</b> |
| Wybrane aspekty szacowania niezawodności zintegrowanego systemu dowodzenia                                                   |            |
| <i>The selected aspects assessing of command, control, communication system reliability</i>                                  |            |
| <b>16. Andrzej DĘBECKI .....</b>                                                                                             | <b>139</b> |
| Techniczne aspekty kontroli rozpowszechniania technologii rakietowych                                                        |            |
| <i>The technical aspects of proliferation controls the technology of ballistic missiles</i>                                  |            |
| <b>17. Andrzej DĘBSKI, Marek GĄSIOROWSKI, Sławomir PIECHNA .....</b>                                                         | <b>146</b> |
| Ocena możliwości zastosowania boroskopu do przeglądania przewodów luf broni małokalibrowej                                   |            |
| <i>Assessment possibility of application boroscope for investigation the bore barrels of the small calibre guns</i>          |            |
| <b>18. Andrzej DŁUGOŁĘCKI, Andrzej FARYŃSKI, Roman KAMIŃSKI, Zbigniew ZIÓŁKOWSKI .....</b>                                   | <b>156</b> |
| Badania elektryzacji pyłów po wybuchach ładunków o średnim wagomiarze                                                        |            |
| <i>Investigation of dust electrization arising after on-ground blowing-up of middle-weight high explosive charges</i>        |            |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 19. | <b>Paweł DOBRZYŃSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                    | 165 |
|     | Metoda śledzenia dyskretnego i algorytm przelicznika dla celów<br>manewrujących w celowniku przeciwlotniczym CP-1<br><i>The method of discrete tracking and the algorithm of the ballistic<br/>computer for manoeuvred targets in the CP-1 new generation<br/>programmed anti-aircraft sight</i> |     |
| 20. | <b>Peter DROPPA, Milan MLYNARČÍK, Peter KÁPOLKA</b> .....                                                                                                                                                                                                                                        | 178 |
|     | The modal analysis of the piston in the combustion engine<br><i>Analiza modalna tłoka w silniku spalinowym</i>                                                                                                                                                                                   |     |
| 21. | <b>Michaël DUBOIS, Marc PIRLOT</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                         | 186 |
|     | Experimental and theoretical study of generic blowback weapons<br><i>Eksperymentalna i teoretyczna analiza broni z zamkiem swobodnym</i>                                                                                                                                                         |     |
| 22. | <b>Jacek DUDZIŃSKI, Dariusz RODZIK, Jacek WARCHULSKI,<br/>Marcin WARCHULSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                            | 195 |
|     | Aparatura KZA do rejestracji parametrów pracy przeciwlotniczego<br>zestawu rakietowego<br><i>KZA device for recording of anti-aircraft missile system operation<br/>parameters</i>                                                                                                               |     |
| 23. | <b>Jacek DUDZIŃSKI, Dariusz RODZIK, Jacek WARCHULSKI,<br/>Marcin WARCHULSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                            | 202 |
|     | Oprogramowanie aparatury KZA do rejestracji parametrów pracy<br>zestawu przeciwlotniczego<br><i>KZA device software for recording of anti-aircraft system operation<br/>parameters</i>                                                                                                           |     |
| 24. | <b>Stanisław DZIK, Stanisław WOLNY</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                     | 209 |
|     | Wpływ sprężania technologicznego na stan naprężenia w dźwigarach<br>skrzynkowych suwnic<br><i>The effect of the technological prestressing on the stress state in box<br/>girders of travelling cranes</i>                                                                                       |     |
| 25. | <b>Zbigniew DZIOPA</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                     | 218 |
|     | Estymacja parametrów zestawu rakietowego posadowionego na<br>samochodzie<br><i>Оценка параметров ракетного состава помещенного на<br/>автомобиле</i>                                                                                                                                             |     |
| 26. | <b>László FECSÓ, Géza GÓRÁSZ</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                           | 226 |
|     | The Hungarian KGP-9 submachine gun<br><i>Węgierski pistolet maszynowy KGP-9</i>                                                                                                                                                                                                                  |     |
| 27. | <b>Wojciech FURMANEK, Józef GACEK, Jacek KIJEWSKI, Antoni SROKA...</b>                                                                                                                                                                                                                           | 230 |
|     | Analiza charakterystyk balistycznych ćwiczebnej amunicji pistoletowej<br>na przykładzie nabojów kalibru 9x19 mm Parabellum<br><i>Analysis of ballistic properties of training ammunition for example of<br/>cartridges 9x19 mm Parabellum</i>                                                    |     |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 28. | <b>Wojciech FURMANEK, Józef GACEK, Jacek KIJEWSKI, Antoni SROKA...</b>                                                                                                                                                                                      | 241 |
|     | Badania balistyczne ćwiczebnej amunicji karabinowej i pośredniej na przykładzie naboju 7,62x51 mm<br><i>The selection of ballistic profiles of machine gun and assault rifle training ammunition for example cartridges 7,62x51 mm</i>                      |     |
| 29. | <b>Józef GACEK, Marek GĄSIOROWSKI, Jan TITONI.....</b>                                                                                                                                                                                                      | 252 |
|     | Koncepcja metodyki wyznaczania stref bezpieczeństwa dla strzelnic garnizonowych<br><i>Conception of methodology of safety zones determination for garrison rifle ranges</i>                                                                                 |     |
| 30. | <b>Józef GACEK, Jacek KIJEWSKI, Zbigniew LECIEJEWSKI, Sławomir PIECHNA, Waldemar A. TRZCIŃSKI, Ryszard WOŹNIAK .....</b>                                                                                                                                    | 262 |
|     | X lat działalności Instytutu Techniki Uzbrojenia – Instytutu Elektromechaniki Wojskowej Akademii Technicznej<br><i>The 10<sup>th</sup> Anniversary of Institute of Armament Technology-Institute of Electromechanics, Military University of Technology</i> |     |
| 31. | <b>Józef GACEK, Jan TITONI, Ryszard WOŹNIAK .....</b>                                                                                                                                                                                                       | 284 |
|     | Badania odporności niektórych materiałów elementów konstrukcyjnych strzelnic na przebicie pociskiem strzeleckim<br><i>Study of resistance of some construction materials used in shooting ranges on penetration by bullet</i>                               |     |
| 32. | <b>Dariusz GAŁĘZOWSKI, Waldemar A. TRZCIŃSKI, Marcin SIWIRSKI .....</b>                                                                                                                                                                                     | 292 |
|     | Badanie ciepła detonacji materiałów wybuchowych w bombie kalorymetrycznej<br><i>Determination of the detonation heat of explosives by the use of a calorimetric bomb</i>                                                                                    |     |
| 33. | <b>Jerzy GARUS, Bogdan ŻAK .....</b>                                                                                                                                                                                                                        | 304 |
|     | Zintegrowany system nawigacji okrętu podwodnego<br><i>Integrated navigation system for submarine</i>                                                                                                                                                        |     |
| 34. | <b>Józef GAWOR, Józef PADUCH, Henryk CIERNIAK, Wiesław GDULA .....</b>                                                                                                                                                                                      | 309 |
|     | Technologia produkcji blach grubych głębokotłocznych na łuski z wlewków ciągłych<br><i>Production technology of plates rolled from continuously cast slabs of deep drawing steel for shells application</i>                                                 |     |
| 35. | <b>Andrzej GIGA, Mariusz GONTARCZYK .....</b>                                                                                                                                                                                                               | 317 |
|     | Koncepcja zaopatrywania jednostek Wojsk Lądowych wydzielonych do Sił Reagowania w amunicję<br><i>Ammunition providing conception of Special Reaction Forces units</i>                                                                                       |     |
| 36. | <b>Jerzy GŁĘBOCKI .....</b>                                                                                                                                                                                                                                 | 323 |
|     | Straty pośrednie spowodowane działaniami minowymi na morzu<br><i>Indirect losses as a result of mines activity on the sea</i>                                                                                                                               |     |
| 37. | <b>Mariusz GONTARCZYK, Jarosław ZELKOWSKI, Andrzej GIGA .....</b>                                                                                                                                                                                           | 330 |
|     | Zestaw HIMARS ( High Mobility Artillery Rocket System) w Siłach Zbrojnych Stanów Zjednoczonych<br><i>HIMARS (High Mobility Artillery Rocket System) in United States Armed Forces</i>                                                                       |     |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 38. | <b>Géza GÓRÁSZ, László FECSÓ</b> .....                                                                                                                                                                                                                                         | 337 |
|     | Система обучения офицера по ремонту вооружения в свете<br>военной реформы<br><i>System kształcenia oficera-inżyniera, specjalisty w zakresie remontu<br/>sprzętu uzbrojenia w świetle zachodzących reform w wojsku</i>                                                         |     |
| 39. | <b>Henryk GRUCHAŁA, Mirosław CZYŻEWSKI, Adam SŁOWIK</b> .....                                                                                                                                                                                                                  | 341 |
|     | Analiza struktury wewnętrznej sygnałów z kluczowaniem częstotliwości<br>i fazy za pomocą odbiornika natychmiastowego pomiaru częstotliwości<br><i>The internal signal structure analysis of the FSK and PSK signals using<br/>instantaneous frequency measurement receiver</i> |     |
| 40. | <b>Henryk GRUCHAŁA, Mirosław CZYŻEWSKI, Adam SŁOWIK</b> .....                                                                                                                                                                                                                  | 348 |
|     | Źródła niedokładności pomiaru w systemach natychmiastowego<br>pomiaru częstotliwości<br><i>Sources of measurement inaccuracies in the instantaneous frequency<br/>measurement system</i>                                                                                       |     |
| 41. | <b>Hristo HRISTOV, Ivan GABROVSKY, Juliana KARAKANEVA,<br/>Plamen TASHKOV, Kosta SARAJDAROV</b> .....                                                                                                                                                                          | 356 |
|     | V50 determination of armour materials for Bulgarian Army<br><i>Określenie współczynnika V50 materiałów ochronnych przeznaczonych<br/>dla armii bułgarskiej</i>                                                                                                                 |     |
| 42. | <b>Zdzisław IDZIASZEK</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                | 365 |
|     | Zarys metody szacowania części zapasowych w szybkostrzelnych<br>armatach automatycznych w przypadku przedłużania ich resursu<br><i>Outline of method of estimating of spare parts in fast-shooting<br/>automatic in chance of lengthening of them service life</i>             |     |
| 43. | <b>Karol JACH, Krzysztof JAMROZIAK, Krzysztof RUTYNA,<br/>Marek SZUDROWICZ, Robert ŚWIERCZYŃSKI</b> .....                                                                                                                                                                      | 371 |
|     | Teoretyczno-eksperymentalna analiza penetracji płyty laminatowej<br>przez pocisk 9 mm napędzony do prędkości 350 m/s<br><i>Theoretical and experimental analysis of penetration of laminate<br/>panel by 9-mm projectile driven to velocity of 350 m/s</i>                     |     |
| 44. | <b>Adam JACKOWSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                    | 379 |
|     | Badanie wytwarzania spieków miedzi o kontrolowanej porowatości<br>przeznaczonych na wkładki kumulacyjne<br><i>Investigation of the manufacturing process of the copper sinters on<br/>monitoring porosity for shaped charge liners</i>                                         |     |
| 45. | <b>Adam JACKOWSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                    | 394 |
|     | Wpływ warunków przygotowania mieszanki proszkowej W-Sn na<br>wybrane właściwości wyprasek<br><i>Influence of the conditions of the W-Sn powder mixture preparation<br/>on selected characteristics of the greens</i>                                                           |     |
| 46. | <b>Jacek JANISZEWSKI, Wojciech FURMANEK, Jacek KIJEWSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                              | 407 |
|     | Badania technologiczne fragmentującego się pocisku pistoletowego<br><i>Technological investigations of the frangible pistol bullets</i>                                                                                                                                        |     |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 47. | <b>Michał JASZTAŁ, Henryk TOMASZEK</b> .....                                                                                                                                                                                                                    | 417 |
|     | Metoda oceny trwałości resztkowej elementów konstrukcji statku<br>powietrznego uszkodzonych pociskami penetrującymi<br><i>The method of estimation reminder durability of aircraft's structure<br/>elements impaired by penetrator projectile</i>               |     |
| 48. | <b>Marek JAWOROWICZ, Grzegorz KOWALECZKO</b> .....                                                                                                                                                                                                              | 431 |
|     | Problemy modelowania dynamiki śmigłowca jako celu pozornego dla<br>potrzeb symulatora celownika<br><i>Modelling problems of helicopters dynamics for the sight simulator CP-1</i>                                                                               |     |
| 49. | <b>Peter KÁPOLKA, Michal SEMÁNEK, Peter LISÝ</b> .....                                                                                                                                                                                                          | 440 |
|     | The analysis of the sealing ring of the chamber gun using finite<br>elements method<br><i>Analiza pierścienia uszczelniającego komory naboju<br/>z wykorzystaniem metody elementów skończonych</i>                                                              |     |
| 50. | <b>Pavel KONEČNÝ</b> .....                                                                                                                                                                                                                                      | 449 |
|     | Design of rocket motor charged with solid propellant star grain<br><i>Projekt silnika rakietowego na paliwo stałe elaborowanego ziarnem<br/>z kanałem w kształcie gwiazdy</i>                                                                                   |     |
| 51. | <b>Zbigniew KORUBA, Konrad STEFAŃSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                                  | 458 |
|     | Wpływ sterowania platformami giroskopowymi na dynamikę obiektów<br>latających<br><i>Навигация летательным аппаратом с использованием<br/>управляющих гироскопических платформ</i>                                                                               |     |
| 52. | <b>Leopold KRUSZKA, Mariusz MAGIER, Edward WŁODARCZYK</b> .....                                                                                                                                                                                                 | 468 |
|     | Doświadczalne badania lepkoplastycznych właściwości stopu<br>aluminium PA9<br><i>Experimental investigations of visco-plastic properties of PA9<br/>aluminium alloy</i>                                                                                         |     |
| 53. | <b>Leopold KRUSZKA, Tomasz MAJEWSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                                   | 475 |
|     | Badania zachowania się spieków ciężkich podczas próby<br>dynamicznego ściskania<br><i>The investigations of dynamic hardening curves of heavy metal<br/>alloy with various strain rate and loading methods</i>                                                  |     |
| 54. | <b>Izabela KRZYSZTOFIK</b> .....                                                                                                                                                                                                                                | 483 |
|     | Analiza odruchów strzelca krótkiej broni ręcznej<br><i>Анализ рефлексов стрелка ручного оружия</i>                                                                                                                                                              |     |
| 55. | <b>Andrzej KSIĄŻCZAK, Teresa KSIĄŻCZAK, Henryka BONIUK<br/>Wojciech PAWŁOWSKI, Andrzej RADOMSKI</b> .....                                                                                                                                                       | 491 |
|     | Fizykochemiczne właściwości łuski spalającej<br><i>Physicochemical properties of the combustible containers</i>                                                                                                                                                 |     |
| 56. | <b>Adam KUBECKI, Andrzej MARANDA, Jerzy NOWACZEWSKI<br/>Andrzej ORZECZOWSKI, Dorota POWAŁA</b> .....                                                                                                                                                            | 500 |
|     | O niektórych problemach otrzymywania wysokoenergetycznych<br>mieszanin wybuchowych o obniżonej wrażliwości na bodźce zewnętrzne<br><i>On some problems of preparation of high-energetic explosive mixtures<br/>with reduced sensitivity to external stimuli</i> |     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>57. Wojciech KUCHARCZYK, Wojciech ŻUROWSKI .....</b>                                                                                                                                                                                                                         | <b>509</b> |
| Badanie ablacyjnego zużycia kompozytów fenolowo-formaldehydowych<br><i>Ablation waste of phenol-formaldehyde composites</i>                                                                                                                                                     |            |
| <b>58. Franciszek KUCZMARSKI, Waldemar PŁOCHARZ .....</b>                                                                                                                                                                                                                       | <b>518</b> |
| Badania wytrzymałościowe i trwałościowe kolein mostu towarzyszącego MS-20. Cz. I - Stanowisko badawcze<br><i>Strength and fatigue life tests of MS20 – Support Bridge sections. Part I: Stand</i>                                                                               |            |
| <b>59. Franciszek KUCZMARSKI, Paweł MARECKI, Waldemar PŁOCHARZ .....</b>                                                                                                                                                                                                        | <b>526</b> |
| Badania wytrzymałościowe i trwałościowe kolein mostu towarzyszącego MS-20. Cz. II. Wyniki badań modelu wytrzymałościowego koleiny<br><i>Strength and fatigue life tests of MS 20 – Support Bridge sections. Part II. Test results of a strength model bridge sections tests</i> |            |
| <b>60. Franciszek KUCZMARSKI, Piotr SPRAWKA .....</b>                                                                                                                                                                                                                           | <b>536</b> |
| Badania poligonowe statycznego oddziaływania na atrapę miny przeciwpancernej<br><i>Field-tests of loads' effectiveness applied to experimental model of anti-tank mines</i>                                                                                                     |            |
| <b>61. Franciszek KUCZMARSKI, Jarosław ZELKOWSKI .....</b>                                                                                                                                                                                                                      | <b>545</b> |
| Wykorzystanie wybranych metod do oceny techniki wojskowej na przykładzie mostów towarzyszących i szturmowych<br><i>Application of chosen methods to estimation of military technique on example of mechanized bridges</i>                                                       |            |
| <b>62. Franciszek KUCZMARSKI, Jarosław ZELKOWSKI, Mariusz GONTARCZYK .....</b>                                                                                                                                                                                                  | <b>553</b> |
| Współczesne mosty towarzyszące i szturmowe – wymagania i rozwiązania<br><i>Contemporary mechanized bridges – requirements and solutions</i>                                                                                                                                     |            |
| <b>63. Mariana KUFFOVÁ, Vladimír BELLA .....</b>                                                                                                                                                                                                                                | <b>563</b> |
| Fatigue crack propagation and life of Mg-alloy AZ63HP under high-frequency cyclic loading<br><i>Rozprzestrzenianie się pęknięcia zmęczeniowego i trwałość zmęczeniowa stopu magnezu az63hp pod wpływem obciążenia cyklicznego o dużej częstotliwości</i>                        |            |
| <b>64. Zbigniew LECIEJEWSKI, Zbigniew SURMA .....</b>                                                                                                                                                                                                                           | <b>568</b> |
| Theoretical investigations of behaviour of gun-propulsion system with travelling-charge set<br><i>Analiza teoretyczna warunków pracy prochowego układu miotającego z ładunkiem wędrującym</i>                                                                                   |            |
| <b>65. Zbigniew LECIEJEWSKI, Ryszard WOŹNIAK .....</b>                                                                                                                                                                                                                          | <b>577</b> |
| Karabinek maszynowy wz.2003 jako element polskiego przyszłościowego systemu broni strzeleckiej kalibru 5,56 mm<br><i>Light machine gun type 2003 as an element of the Polish future small arms system calibre 5,56 mm</i>                                                       |            |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 66. | <b>František LUDVÍK</b> .....                                                                                                                                                                                                                                 | 589 |
|     | Solid propellant charges with divided grains<br><i>Ładunki stałego paliwa raketowego z ziarnami dzielonymi</i>                                                                                                                                                |     |
| 67. | <b>František LUDVÍK</b> .....                                                                                                                                                                                                                                 | 600 |
|     | Solid propellant grains burning on outer surface<br><i>Ziarna stałego paliwa raketowego palące się na powierzchni zewnętrznej</i>                                                                                                                             |     |
| 68. | <b>Zbigniew LUDYŃSKI, Leszek PASZKOWSKI, Dionizy BIAŁO, Waldemar WIŚNIEWSKI, Leszek CYBULA, Mirosław RAFALSKI</b> .....                                                                                                                                       | 609 |
|     | Wstępne badania możliwości zastosowania kompozytów i spieków wolframowych w konstrukcji amunicji ekologicznej<br><i>Preliminary investigation of using composites and tungsten alloys to environmentally friendly penetrators of small calibre ammunition</i> |     |
| 69. | <b>Marian ŁOPATKA</b> .....                                                                                                                                                                                                                                   | 618 |
|     | Możliwości eksploatacji układów hydraulicznych maszyn inżynierskich w skrajnych warunkach klimatycznych<br><i>The operation possibility of hydraulic power system in extreme climatic conditions</i>                                                          |     |
| 70. | <b>Marian ŁOPATKA</b> .....                                                                                                                                                                                                                                   | 629 |
|     | Ocena zdolności pokonywania terenu o niskiej nośności przez most samochodowy o masie całkowitej 40 t<br><i>The assessment of soft soil performance of support bridge total weight 40 t mounted on tractor-semi-trailer unit</i>                               |     |
| 71. | <b>Janusz ŁOPATKA, Tomasz MUSZYŃSKI, Tadeusz PRZYCHODZIEN</b> .....                                                                                                                                                                                           | 638 |
|     | Badania doświadczalne możliwości poprawy stabilności kierunkowej maszyn przegubowych<br><i>The empirical investigations of directional stability improvements possibility of articulated tractors</i>                                                         |     |
| 72. | <b>Edyta ŁADYŻYŃSKA-KOZDRAŚ, Jerzy MARYNIAK</b> .....                                                                                                                                                                                                         | 646 |
|     | Modelowanie fizyczne i matematyczne naddźwiękowej rakiety przeciwpancernej „KSENON” naprowadzanej wiązką<br><i>Mathematical and physical modelling of a beam-guided supersonic anti-tank missile of the “KSENON” type</i>                                     |     |
| 73. | <b>Bogdan MACHOWSKI, Krzysztof MOTYL</b> .....                                                                                                                                                                                                                | 664 |
|     | Wpływ impulsu siły sterującej na tor lotu pocisku wirującego<br><i>The influence of control force impulse on the rotary missile flight trajectory</i>                                                                                                         |     |
| 74. | <b>Georgi MARINOV, Hristo HRISTOV</b> .....                                                                                                                                                                                                                   | 672 |
|     | The Bulgarian program ‘Future Soldier’ in period of accession of Bulgaria to NATO’s member<br><i>Bułgarski program „Żołnierz Przyszłości” realizowany w okresie akcesji Bułgarii do struktur NATO</i>                                                         |     |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 75. | <b>Łukasz MATYJASEK, Aldona POLICHA, Adam MAZUREK<br/>Wojciech PAWŁOWSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                  | 679 |
|     | Nowoczesne metody badania i identyfikacji nadtlenków organicznych<br>używanych w zamachach terrorystycznych<br><i>Modern methods in examination of organic peroxides used in terrorist<br/>attacks</i>                                                                              |     |
| 76. | <b>Wiesław MILEWSKI, Krzysztof SIBILSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                                                   | 696 |
|     | System automatycznego śledzenia celów latających na podstawie<br>obrazu wideo<br><i>Video based autotracking system for flying targets</i>                                                                                                                                          |     |
| 77. | <b>Krzysztof MOTYL</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                        | 705 |
|     | Analiza wpływu charakterystyk dodatkowego napędu na tor lotu<br>pocisku wirującego<br><i>The influence of additional booster features on the gas-dynamic<br/>controlled mortar missile range</i>                                                                                    |     |
| 78. | <b>Bogusław MROZEK</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                        | 712 |
|     | Konstrukcje przekładkowe stosowane w lotnictwie – cechy szczególne<br>i specyfika obliczeń<br><i>Sandwich structures application in air vehicles – main features and<br/>calculations</i>                                                                                           |     |
| 79. | <b>Vasile NĂSTĂSESCU, Marian BUNEA</b> .....                                                                                                                                                                                                                                        | 721 |
|     | About some material models used in finite element analysis<br>of the impact problems<br><i>Uwagi o kilku modelach materiałowych zastosowanych w analizach<br/>problemu zderzenia wykorzystujących metodę elementów skończonych</i>                                                  |     |
| 80. | <b>Ioan NICOLAESCU, Iulian Constantin VIZITIU, Adrian STOICA</b> .....                                                                                                                                                                                                              | 730 |
|     | Target camouflage using radar absorbing materials<br><i>Maskowanie celu z wykorzystaniem materiałów pochłaniających<br/>sygnał radarowy</i>                                                                                                                                         |     |
| 81. | <b>Czesław NIŻANKOWSKI, Paweł STANOWSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                                                   | 739 |
|     | Symulacja numeryczna sygnatury cieplnej min bojowych w aspekcie<br>ich wykrywania przez miniśmigłowcowe systemy rozpoznawcze<br><i>The numerical simulation of hot stream signature of battle mines in order<br/>of finding them while using of mini helicopters search systems</i> |     |
| 82. | <b>Andrzej ORZECOWSKI, Dorota POWAŁA, Andrzej MARANDA,<br/>Jerzy NOWACZEWSKI</b> .....                                                                                                                                                                                              | 753 |
|     | Badanie właściwości plastycznych materiałów wybuchowych<br>o obniżonej wrażliwości na bodźce mechaniczne<br><i>The research of properties of plastic explosives with lower sensitivity<br/>to mechanical stress</i>                                                                 |     |

|            |                                                                                                                                                 |            |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>83.</b> | <b>Andrzej PAPLIŃSKI, Tadeusz PIOTROWSKI, Andrzej MARANDA, Michał FRĄCZAK, Tomasz SAŁACIŃSKI .....</b>                                          | <b>760</b> |
|            | Integralna ocena zagrożenia pożarowo-wybuchowego i zagrożenia dla środowiska stwarzanego przez materiały wybuchowe według metodyki "TEMCLEV-EX" |            |
|            | <i>Evaluation of fire and explosion hazard and risk of environment injury for condensed explosives by the method of "TEMCLEV-EX"</i>            |            |
| <b>84.</b> | <b>Józef PASZULA, Mariusz SOLTYS .....</b>                                                                                                      | <b>771</b> |
|            | Badanie wpływu geometrycznego położenia zapalnika i masy jego ładunku wtórnego na wyniki testu wybuchu podwodnego                               |            |
|            | <i>Investigation of detonators explosive charges and geometric position on underwater test result</i>                                           |            |
| <b>85.</b> | <b>Sławomir PLATA, Jerzy MIŁOSZ, Marek NAŁĘCZ .....</b>                                                                                         | <b>781</b> |
|            | Wykrywanie obiektów ruchomych radarem pola walki                                                                                                |            |
|            | <i>Moving targets detection by battlefield surveillance radar</i>                                                                               |            |
| <b>86.</b> | <b>Witold PŁECHA, Grzegorz MACIAK .....</b>                                                                                                     | <b>790</b> |
|            | Broń pneumatyczna – doświadczalne aspekty jej certyfikacji w świetle ustawy i rozporządzeń                                                      |            |
|            | <i>Pneumatic weapon – experimental aspects of her certification in new law</i>                                                                  |            |
| <b>87.</b> | <b>Maciej PODCIECHOWSKI, Konrad SIENICKI, Stanisław ŻYGADŁO .....</b>                                                                           | <b>799</b> |
|            | Koncepcja modernizacji heterodyny urządzenia odbiorczego SNR 125SC dla potrzeb układu SCR                                                       |            |
|            | <i>Conception of SNR 125SC receiver heterodyne modernized for MTI system purposes</i>                                                           |            |
| <b>88.</b> | <b>Maciej PODCIECHOWSKI, Konrad SIENICKI, Stanisław ŻYGADŁO .....</b>                                                                           | <b>807</b> |
|            | Wykorzystanie celownika telewizyjnego w przeciwlotniczym zestawie raketowym                                                                     |            |
|            | <i>Usage of television sight in ant-aircraft missile system</i>                                                                                 |            |
| <b>89.</b> | <b>Lubomír POPELÍNSKÝ .....</b>                                                                                                                 | <b>814</b> |
|            | Revolver cannon dynamics                                                                                                                        |            |
|            | <i>Dynamika działa rewolwerowego</i>                                                                                                            |            |
| <b>90.</b> | <b>Jarosław POPIK, Ewa BŁOK, Piotr CIUNEL, Tomasz RUTKOWSKI, Piotr URUSKI .....</b>                                                             | <b>822</b> |
|            | Techniczne możliwości symulacji radarowego wykrywania i lokalizacji obiektów artyleryjskich                                                     |            |
|            | <i>Technical aspects of software simulation of artillery projectiles detection and localization</i>                                             |            |
| <b>91.</b> | <b>Janusz POTOCKI, Zbigniew SŁUGOCKI .....</b>                                                                                                  | <b>831</b> |
|            | Modernizacja transportera opancerzonego SKOT pod zabudowy specjalne – przykłady zastosowań                                                      |            |
|            | <i>Modernization of armoured personnel carrier vehicle SKOT for special development</i>                                                         |            |
| <b>92.</b> | <b>Tadeusz PRZYCHODZIŃ, Piotr SPRAWKA .....</b>                                                                                                 | <b>840</b> |
|            | Badania poligonowe dynamicznych obciążeń atrap min                                                                                              |            |
|            | <i>Field-tests of dynamic loads' to experimental model of anti-tank mines</i>                                                                   |            |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 93.  | <b>Marek RADOMSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                                     | 847 |
|      | Uproszczona metoda objętości skończonych w zastosowaniu do<br>rozwiązania problemu głównego balistyki wewnętrznej<br><i>Simplified method of finite volumes in use to solutions of internal<br/>ballistics problems</i>                         |     |
| 94.  | <b>Oleg ROSENBERG, Anatoliy MAYSTRENKO, Vitaliy KULICH,<br/>Sergey SHESTAKOV</b> .....                                                                                                                                                          | 856 |
|      | Особенности получения и свойств высокоплотной броневой<br>керамики на основе карбида кремния<br><i>Specyfika wytwarzania i właściwości zbrojonej ceramiki o dużej<br/>gęstości na podstawie węglika krzemu</i>                                  |     |
| 95.  | <b>Adam K. RUTKOWSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                                  | 871 |
|      | Przenośne urządzenie określania kierunku nadejścia i pomiaru<br>parametrów sygnałów mikrofalowych<br><i>The portable device for the angle of arrival determination and<br/>for the microwave signals parameters measurement</i>                 |     |
| 96.  | <b>Tomasz RUTKOWSKI, Mirosław SANKOWSKI, Wiesław KLEMBOWSKI</b> .....                                                                                                                                                                           | 880 |
|      | Możliwości wykorzystania rozwiązań technicznych radarów obrony<br>powietrznej w projekcie radaru rozpoznania artylerii<br><i>Application of components from air defence radar to design of<br/>counter-battery radar</i>                        |     |
| 97.  | <b>Mirosław SANKOWSKI, Piotr URUSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                   | 889 |
|      | Wykorzystanie radaru obserwacyjnego do wykrywania taktycznych<br>pocisków balistycznych<br><i>Application of air surveillance radar to detection of tactical ballistic<br/>missiles</i>                                                         |     |
| 98.  | <b>Krzysztof SANTAREK, Rafal HARMOZA</b> .....                                                                                                                                                                                                  | 898 |
|      | Nowoczesne metody zarządzania w badaniach i produkcji systemów<br>uzbrojenia<br><i>A new management of R&amp;D and production methods for weapon systems</i>                                                                                    |     |
| 99.  | <b>Krzysztof SANTAREK, Rafal HARMOZA</b> .....                                                                                                                                                                                                  | 908 |
|      | Technologie podwójnego zastosowania: mity i fakty, możliwości<br>wykorzystania<br><i>The dual use technologies: myths and facts, the possibility of application</i>                                                                             |     |
| 100. | <b>Jakub ŠELEŠOVSKÝ, Jiří PACHMÁŇ</b> .....                                                                                                                                                                                                     | 916 |
|      | Calculation of relaxation modulus of composite propellant from<br>dynamical mechanical analysis data<br><i>Wyznaczenie modułu relaksacji kompozytowych materiałów miotających<br/>na podstawie analizy właściwości dynamiczno-mechanicznych</i> |     |
| 101. | <b>Wiesław STAREK</b> .....                                                                                                                                                                                                                     | 926 |
|      | Doświadczalna modernizacja układu miotającego naboju specjalnych<br><i>Experimental modernization of special ammunition</i>                                                                                                                     |     |

|                                                                                                                                                                                                                                    |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>102. Konrad STEFAŃSKI .....</b>                                                                                                                                                                                                 | <b>939</b>  |
| Układ skanowania przestrzeni dla identyfikacji i śledzenia celów powietrznych<br><i>Система сканирования для идентификации и наблюдения воздушных целей</i>                                                                        |             |
| <b>103. Jerzy STĘPIEŃ .....</b>                                                                                                                                                                                                    | <b>944</b>  |
| Wyroby hutnicze na łuski wysokociśnieniowe<br><i>Steel products for high-pressure cartridge-case</i>                                                                                                                               |             |
| <b>104. Jerzy STĘPIEŃ, Zdzisław KACZMAREK, Jan MATERNIAK .....</b>                                                                                                                                                                 | <b>952</b>  |
| Polska stal na okucie łuski naboju 120 mm<br><i>Polish steel for cartridge-case 120 mm</i>                                                                                                                                         |             |
| <b>105. Wiesław STĘPNIAK .....</b>                                                                                                                                                                                                 | <b>961</b>  |
| Analiza odporności balistycznej i odporności na przebicia ostrymi narzędziami indywidualnych osłon zabezpieczających<br><i>Ballistic and resistance analysis of personal body armours</i>                                          |             |
| <b>106. Zbigniew SURMA, Stanisław TORECKI, Ryszard WOŹNIAK .....</b>                                                                                                                                                               | <b>973</b>  |
| Badania symulacyjne wpływu charakterystyk konstrukcyjnych broni z odprowadzeniem gazów na napęd pocisku i suwadła<br><i>Simulation investigations of influence of gas operated weapon properties on motion of bullet and slide</i> |             |
| <b>107. Zbigniew SURMA, Stanisław TORECKI, Ryszard WOŹNIAK .....</b>                                                                                                                                                               | <b>983</b>  |
| Podrzut broni działającej na zasadzie odprowadzenia gazów prochowych<br><i>Jump up of gas operated weapon</i>                                                                                                                      |             |
| <b>108. Zbigniew SURMA, Stanisław TORECKI, Ryszard WOŹNIAK .....</b>                                                                                                                                                               | <b>991</b>  |
| Specyfika odrzutu swobodnego broni z odprowadzeniem gazów prochowych<br><i>Free recoil specificity of the propellant gases outflow weapon</i>                                                                                      |             |
| <b>109. Paweł SZCZEPAŃSKI .....</b>                                                                                                                                                                                                | <b>1000</b> |
| Zagrożenia dwuetapowego diagnozowania złożonych obiektów technicznych<br><i>Let us not divide diagnosis into recognition and fault finding</i>                                                                                     |             |
| <b>110. Leszek SZYMAŃCZYK, Waldemar A. TRZCIŃSKI .....</b>                                                                                                                                                                         | <b>1008</b> |
| Wrażliwość na bodźce mechaniczne i podstawowe charakterystyki detonacyjne mieszanin NTO-HMX<br><i>Impact sensitivity and detonation performances of mixtures NTO/HMX</i>                                                           |             |
| <b>111. Tadeusz ŚWIĘTEK, Zbigniew PANEK, Wojciech GRUSZECKI .....</b>                                                                                                                                                              | <b>1019</b> |
| Szkolno-treningowe zestawy moździerzowe<br><i>Training mortar systems</i>                                                                                                                                                          |             |
| <b>112. Andras TAMAS .....</b>                                                                                                                                                                                                     | <b>1030</b> |
| Возможные перспективы развития полевой артиллерии в Венгерской Армии<br><i>Perspektywy rozwoju artylerii polowej w Armii Węgierskiej</i>                                                                                           |             |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 113. | <b>Henryk TOMASZEK, Mariusz WAŻNY</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1037 |
|      | Metoda oceny wpływu błędów celowania na zmianę skuteczności<br>zastosowania systemu uzbrojenia lotniczego<br><i>Method of opinion of influence mistakes sight in relays the effectiveness<br/>of use of system the air-equipment</i>                                                                         |      |
| 114. | <b>Stanisław TORECKI, Mirosław ZAHOR</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                               | 1046 |
|      | Wybrane wyniki obliczeń balistycznych dwukomorowych układów<br>miotających (DUM)<br><i>Some results of ballistics' estimation of high-low pressure launching<br/>system</i>                                                                                                                                  |      |
| 115. | <b>Waldemar A. TRZCIŃSKI, Radosław TRĘBIŃSKI, Stanisław CUDZIŁO ....</b>                                                                                                                                                                                                                                     | 1055 |
|      | Investigation of the behaviour of steel and laminated fabric plates under<br>blast wave load. Part I – Experimental approach<br><i>Badanie zachowania się płyt stalowych i laminatów włókninowych po<br/>obciążeniu falą podmuchową. Część I – Eksperyment</i>                                               |      |
| 116. | <b>P-H VANCATER, LBASTIN, M. PIRLOT, J.VANTOMME</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                    | 1065 |
|      | Finite element modelling of the heat transfer in a gun barrel during shots<br><i>Modelowanie procesu wymiany ciepła podczas strzału w lufie broni<br/>palnej z wykorzystaniem metody elementów skończonych</i>                                                                                               |      |
| 117. | <b>Titica VASILE, Doru SAFTA, Cristian BARBU</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                       | 1079 |
|      | Regarding the mathematical modelling of firing phenomenon using the<br>gasdynamics equations<br><i>O matematycznym modelowaniu zjawiska strzału z wykorzystaniem<br/>równań gazodynamiki</i>                                                                                                                 |      |
| 118. | <b>Iulian Constantin VIZITIU, Ioan NICOLAESCU</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                      | 1087 |
|      | The VTTRNS system: structure, implementation and applications<br><i>System VTTRNS: struktura i zastosowanie</i>                                                                                                                                                                                              |      |
| 119. | <b>Jerzy WALENTYNOWICZ</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1096 |
|      | Hybrydowe i elektryczno-spalinowe napędy wozów bojowych<br><i>Hybrid and electro-combustion propulsion systems for fighting vehicles</i>                                                                                                                                                                     |      |
| 120. | <b>Karol WILK, Wojciech GRUSZECKI, Tadeusz ŚWIĘTEK</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                 | 1110 |
|      | Uzbrojenie i wyposażenie indywidualne żołnierza XXI wieku<br><i>Individual equipment and weapon for XXI Century soldier</i>                                                                                                                                                                                  |      |
| 121. | <b>Adam WIŚNIEWSKI, Paweł PODGÓRZAK</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                | 1117 |
|      | Technical aspects of the use of high energetic explosives in tandem<br>shaped charges<br><i>Techniczne problemy użycia wysokoenergetycznych materiałów<br/>wybuchowych w tandemowych ładunkach kumulacyjnych</i>                                                                                             |      |
| 122. | <b>Edward WŁODARCZYK, Zbigniew GŁODOWSKI</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                           | 1128 |
|      | O pewnym modelu dla szacowania dynamicznego współczynnika tarcia<br>poślizgowego w procesie penetracji sztywnego pocisku w metalową tarczę<br><i>On some model for the estimating of the mean dynamical sliding friction<br/>coefficient at the process penetration rigid projectile into a metal target</i> |      |

|                                                                                                                                                                      |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>123. Edward WŁODARCZYK, Jacek JANISZEWSKI, Mariusz MAGIER .....</b>                                                                                               | <b>1136</b> |
| Niestacjonarne drgania w tylnej części rdzenia wydłużonego pocisku podkalibrowego podczas strzału                                                                    |             |
| <i>Nonstationary vibration rear part of the rod penetrator of subcalibre elongated projectile during firing</i>                                                      |             |
| <b>124. Edward WŁODARCZYK, Jacek JANISZEWSKI, Mariusz MAGIER .....</b>                                                                                               | <b>1146</b> |
| Wstępna analiza pól naprężenia osiowego $\sigma_i(z, t)$ i prędkości masowej $v_i(z, t)$ w tylnej części rdzenia wydłużonego pocisku podkalibrowego                  |             |
| <i>Preliminary analysis of the axial stress and particle velocity fields in rear part of the rod penetrator of the subcalibre elongated projectile during firing</i> |             |
| <b>125. Edward WŁODARCZYK, Jerzy MICHAŁOWSKI, Marcin MICHAŁOWSKI, Jan PIĘTASZEWSKI .....</b>                                                                         | <b>1159</b> |
| Wpływ parametrów procesu technologicznego wytwarzania spieków W-Ni-Fe-Re na ich wybrane właściwości                                                                  |             |
| <i>Influence of technological process parameters of making W-Ni-Fe-Re sinters on their chosen properties</i>                                                         |             |
| <b>126. Edward WŁODARCZYK, Marcin MICHAŁOWSKI, Wojciech KOPERSKI .....</b>                                                                                           | <b>1172</b> |
| Badania eksperymentalne balistyki końcowej pocisków amunicji strzeleckiej o zmniejszonej zdolności do rykoszetowania, wykonanych ze spieków                          |             |
| <i>Terminal ballistic research on projectiles manufactured with powder metallurgy technology</i>                                                                     |             |
| <b>127. Stefan WŁUDYKA, Andrzej WOJCIECHOWSKI .....</b>                                                                                                              | <b>1183</b> |
| Wykorzystanie technologii sieciocentrycznych przy zaopatrywaniu Wojsk Lądowych w amunicję                                                                            |             |
| <i>Applications of NCW technologies in providing Land Forces with ammunition</i>                                                                                     |             |
| <b>128. Bogdan ZYGMUNT .....</b>                                                                                                                                     | <b>1191</b> |
| Ładunki prochowe do silników rakietowych foteli wyrzucanych samolotów bojowych                                                                                       |             |
| <i>Propellant charges for ejection seat rocket motor of aircrafts</i>                                                                                                |             |
| <b>129. Bogdan ŻAK .....</b>                                                                                                                                         | <b>1201</b> |
| Symulator morskiej sytuacji radiolokacyjnej                                                                                                                          |             |
| <i>The simulator of sea radiolocating situation</i>                                                                                                                  |             |
| <b>130. Andrzej ŻYLUK, Zygmunt WINCZURA .....</b>                                                                                                                    | <b>1208</b> |
| Badania własności dynamicznych bomby lotniczej o wagomiarze 100 kg zrzuconej z samolotu                                                                              |             |
| <i>Testing of dynamic properties of 100 kg air-dropped aerial bombs</i>                                                                                              |             |

## **SUPLEMENT**

(materiały nadesłane na adres Komitetu Organizacyjnego po 1 sierpnia 2004 r.)

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>131.</b> | <b>Józef GACEK, Wojciech KUROWSKI .....</b>                                                                                                                                                                                                                                        | <b>1216</b> |
|             | Możliwości wykorzystania środowiska MATLAB-SIMULINK<br>w modelowaniu procesu zdalnego naprowadzania rakiet plot na<br>manewrujący cel<br><i>Possibility of applying MATLAB-SIMULINK in modelling the process<br/>remote directing anti-aircraft missiles on manoeuvring target</i> |             |
| <b>132.</b> | <b>Robert KAMIŃSKI, Stanisław TORECKI .....</b>                                                                                                                                                                                                                                    | <b>1227</b> |
|             | Warunki nagrzewania stożka przejściowego lufy we wstępnym<br>okresie strzału<br><i>Condition of heating the forcing cone of barrel in initial period<br/>of shooting</i>                                                                                                           |             |
| <b>133.</b> | <b>Jan W. KOBIERSKI, Michał ADAMSKI .....</b>                                                                                                                                                                                                                                      | <b>1237</b> |
|             | Dowodzenie ogniowe w działaniach na morzu<br><i>Weapon assignment and control in navy operations on the sea</i>                                                                                                                                                                    |             |
| <b>134.</b> | <b>Leszek LOROCH, Konrad MACKIEWICZ, Krzysztof SIBILSKI .....</b>                                                                                                                                                                                                                  | <b>1246</b> |
|             | Śmigłowiec jako platforma przenosząca uzbrojenie<br><i>Helicopter as an armament platform</i>                                                                                                                                                                                      |             |
| <b>135.</b> | <b>Jan MATERNIAK, Alina STARCZEWSKA .....</b>                                                                                                                                                                                                                                      | <b>1263</b> |
|             | Badania modelowe kształtowania dna okucia do pocisku 120mm<br><i>Model investigations of forming the bottom of shell for 120 mm projectile</i>                                                                                                                                     |             |
| <b>136.</b> | <b>Alina STARCZEWSKA .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>1272</b> |
|             | Wpływ trajektorii odkształcania na graniczną krzywą tłoczności blachy<br><i>Influence of deformation trajectory upon the sheet metal forming limit<br/>diagram</i>                                                                                                                 |             |

**RAMOWY PLAN KONFERENCJI**  
*CONFERENCE SCHEME*

**Środa - Wednesday, 06.10.2004**

|                                     |                                      |                                         |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| 6 <sup>00</sup> - 11 <sup>00</sup>  | rejestracja uczestników              | <i>registration of participants</i>     |
| 9 <sup>00</sup> - 10 <sup>00</sup>  | śniadanie                            | <i>breakfast</i>                        |
| 11 <sup>00</sup>                    | otwarcie obrad Konferencji           | <i>opening ceremony</i>                 |
| 11 <sup>15</sup> - 12 <sup>40</sup> | sesja I – plenarna                   | <i>session I - plenary</i>              |
| 12 <sup>40</sup> - 13 <sup>00</sup> | przerwa                              | <i>coffee break</i>                     |
| 13 <sup>00</sup> - 14 <sup>45</sup> | sesja II - obrady w sekcjach         | <i>session II – sectional sessions</i>  |
| 15 <sup>00</sup> - 16 <sup>00</sup> | obiad                                | <i>lunch</i>                            |
| 16 <sup>00</sup> - 17 <sup>50</sup> | sesja III - obrady w sekcjach        | <i>session III – sectional sessions</i> |
| 18 <sup>30</sup> - 24 <sup>00</sup> | uroczysta kolacja<br>Zamek w Nidzica | <i>formal dinner<br/>Nidzica Castle</i> |

**Czwartek - Thursday, 07.10.2004**

|                                     |                             |                                       |
|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| 9 <sup>00</sup> - 10 <sup>00</sup>  | śniadanie                   | <i>breakfast</i>                      |
| 10 <sup>00</sup> - 11 <sup>45</sup> | sesja IV – plenarna         | <i>session IV – plenary</i>           |
| 11 <sup>45</sup> - 12 <sup>15</sup> | przerwa                     | <i>coffee break</i>                   |
| 12 <sup>15</sup> - 14 <sup>45</sup> | sesja V - obrady w sekcjach | <i>session V – sectional sessions</i> |
| 15 <sup>00</sup> - 16 <sup>00</sup> | obiad                       | <i>lunch</i>                          |
| 16 <sup>00</sup> - 17 <sup>45</sup> | sesja VI – plakatowa        | <i>session VI – poster session</i>    |
| 18 <sup>30</sup> - 23 <sup>00</sup> | kolacja przy ognisku        | <i>barbecue</i>                       |

**Piątek - Friday, 08.10.2004**

|                                     |                                        |                                                  |
|-------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 9 <sup>00</sup> - 10 <sup>00</sup>  | śniadanie                              | <i>breakfast</i>                                 |
| 10 <sup>00</sup> - 12 <sup>00</sup> | sesja VII – plenarna                   | <i>session VII – plenary</i>                     |
| 12 <sup>00</sup> - 13 <sup>50</sup> | sesja VIII - obrady w sekcjach         | <i>session VIII – sectional sessions</i>         |
| 14 <sup>00</sup>                    | oficjalne zamknięcie obrad konferencji | <i>free final discussion, conference closing</i> |
| 14 <sup>30</sup> - 15 <sup>30</sup> | obiad                                  | <i>lunch</i>                                     |

## **PROGRAM SZCZEGÓŁOWY CONFERENCE PROGRAMME**

**Środa - Wednesday, 06.10. 2004**

- 11<sup>00</sup> - powitanie uczestników Konferencji i otwarcie obrad przez  
JM Komendanta-Rektora Wojskowej Akademii Technicznej  
- sprawy organizacyjne – *basic informations*

### **Sesja I – plenarna Session I – plenary**

*(papers in Polish; all paper will be translated Polish>English)*

Przewodniczący obrad: prof. dr hab. inż. Aleksander OLEJNIK  
*Chairman* prof. dr hab. inż. Józef GACEK

- 11<sup>15</sup>-11<sup>35</sup> **R. Iwaszkiewicz**  
Generowanie priorytetowych obszarów technologicznych w środowisku  
systemu uzbrojenia i sprzętu wojskowego
- 11<sup>35</sup>-11<sup>55</sup> **J. Kłonica, Z. Przybysz, R. Woźniak**  
Doświadczenia z eksploatacji uzbrojenia i sprzętu wojskowego  
w różnych warunkach klimatycznych
- 11<sup>55</sup>-12<sup>20</sup> **E. Sobczak**  
Środki z funduszy strukturalnych na badania naukowe i rozwój technologii
- 12<sup>20</sup>-12<sup>40</sup> **A. Olejnik**  
Działalność naukowa Wydziału Mechatroniki WAT w zakresie uzbrojenia
- 12<sup>40</sup>-13<sup>00</sup> Dyskusja i przerwa  
*Discussion & coffee break*

**Sesja II - obrady w sekcjach ; Session II – sectional sessions**  
**13<sup>00</sup>-14<sup>45</sup>**

| Sekcja 1                                                                                                                                                                                  | Sekcja 2                                                                                                                                                                                             | Sekcja 3                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dynamika konstrukcji uzbrojenia</b><br> <i>str. 37-45</i><br><b>Dynamics of Armament Construction</b> | <b>Wykrywanie i śledzenie celów powietrznych</b><br> <i>str. 46-54</i><br><b>Air Target Indication and Tracking</b> | <b>Technologia uzbrojenia</b><br> <i>str. 55-64</i><br><b>Engineering Process of Armament</b> |

**Sekcja I**

(referaty i dyskusja w języku angielskim - *papers and discussion in English only*)

**Dynamika konstrukcji uzbrojenia**  
*Dynamics of Armament Construction*

Przewodniczący obrad :prof. dr hab. inż. Maciej BOSSAK  
*Chairman*                      prof. dr hab. inż. Waldemar A. TRZCIŃSKI

- 13<sup>00</sup>-13<sup>15</sup>    **M. Dubois, M. Pirlot**  
 Experimental and theoretical study of generic blowback weapons
- 13<sup>15</sup>-13<sup>30</sup>    **L. Popelinsky**  
 Revolver cannon dynamics
- 13<sup>30</sup>-13<sup>45</sup>    **T. Vasile, D. Safta, C. Barbu**  
 Regarding the mathematical modelling of firing phenomenon using the gasdynamics equations
- 13<sup>45</sup>-14<sup>00</sup>    **Z. Leciejewski, Z. Surma**  
 Theoretical investigations of behaviour of gun-propulsion system with travelling-charge set
- 14<sup>00</sup>-14<sup>15</sup>    **F. Ludvik**  
 Solid propellants grains burning on outer surface
- 14<sup>15</sup>-14<sup>30</sup>    **S. Balasoiu, C. Barbu**  
 A mathematical model for the inside gun barrel projectile movement study by use of quaternions
- 14<sup>30</sup>-14<sup>45</sup>    Dyskusja - *discussion*

## Sekcja 2

(referaty tłumaczone - *all papers and discussion will be translated*)

### Wykrywanie i śledzenie celów powietrznych

#### *Air Target Indication & Tracking*

Przewodniczący obrad : płk dr hab. inż. Zygmunt MIERCZYK

*Chairman* dr hab. inż. Zbigniew KORUBA

13<sup>00</sup>-13<sup>15</sup> **W. Milewski, K. Sibilski**

System automatycznego śledzenia celów latających na podstawie obrazu wideo

13<sup>15</sup>-13<sup>30</sup> **I. C. Vizitiu, I. Nicolaescu**

The VTTRNS system: structure, implementation and applications

13<sup>30</sup>-13<sup>45</sup> **M. Podciechowski, K. Sienicki, S. Żygadło**

Wykorzystanie celownika telewizyjnego w przeciwlotniczym zestawie rakietowym

13<sup>45</sup>-14<sup>00</sup> **I. Nicolaescu, I. C. Vizitiu, A. Stoica**

Target camouflage using radar absorbing materials

14<sup>00</sup>-14<sup>15</sup> **M. Sankowski, P. Uruski**

Wykorzystanie radaru obserwacyjnego do wykrywania taktycznych pocisków balistycznych

14<sup>15</sup>-14<sup>30</sup> **K. Stefański**

Układ skanowania przestrzeni dla identyfikacji i śledzenia celów powietrznych

14<sup>30</sup>-14<sup>45</sup> Dyskusja - *discussion*

## Sekcja 3

(referaty i dyskusja w języku polskim i rosyjskim - *papers and discussion in Polish and Russian*)

### Technologia uzbrojenia – *Engineering Process of Armament*

Przewodniczący obrad : dr hab. inż. Jan MATERNIAK

*Chairman* prof. dr hab. inż. Aleksander NAKONIECZNY

13<sup>00</sup>-13<sup>15</sup> **E. Włodarczyk, J. Michałowski, J. Pietaszewski, M. Michałowski**

Wpływ parametrów procesu technologicznego wytwarzania spieków W-Ni-Fe-Re na ich wybrane właściwości

13<sup>15</sup>-13<sup>30</sup> **J. Gawor, J. Paduch, H. Cierniak, W. Gdula**

Technologia produkcji blach grubych głębokotłocznych na łuski z wlewków ciągłych

13<sup>30</sup>-13<sup>45</sup> **O. Rosenberg, A. Maystrenko, V. Kulich, S. Shestakov**

Особенности получения и свойств высокоплотной броневой керамики на основе карбида кремния

13<sup>45</sup>-14<sup>00</sup> **L. Kruska, T. Majewski**

Badania dynamicznych krzywych umocnienia spieków ciężkich przy zastosowaniu różnych szybkości odkształcenia i sposobów obciążenia

14<sup>00</sup>-14<sup>15</sup> **Z. Ludyński, L. Paszkowski, D. Biało, W. Wiśniewski, L. Cybula, M. Rafalski**

Wstępne badania możliwości zastosowania kompozytów i spieków wolframowych w konstrukcji amunicji ekologicznej

14<sup>15</sup>-14<sup>30</sup> **A. Jackowski**

Wpływ warunków przygotowania mieszanki proszkowej W – Sn na wybrane właściwości wyprasek

14<sup>30</sup>-14<sup>45</sup> Dyskusja - *discussion*

**Sesja III - obrady w sekcjach ; Session III – sectional sessions**  
**16<sup>00</sup>-17<sup>50</sup>**

| Sekcja 1                                                                                                                                                                                      | Sekcja 2                                                                                                                                                                  | Sekcja 3                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Badania konstrukcji uzbrojenia</b><br> <i>str. 66-73</i><br><b>Investigation of Armament Construction</b> | <b>Wytrzymałość konstrukcji</b><br> <i>str. 74-85</i><br><b>Strength of construction</b> | <b>Materiały wysokoenergetyczne</b><br> <i>str. 86-96</i><br><b>Propellants and Explosives</b> |

**Sekcja I**

(referaty i dyskusja w języku angielskim - *papers and discussion in English only*)

**Badania konstrukcji uzbrojenia**  
*Investigation of Armament Construction*

Przewodniczący obrad :prof. Lubomir POPELINSKY  
*Chairman* dr hab. inż. Adam WIŚNIEWSKI

- 16<sup>00</sup>-16<sup>15</sup> **P.H. Vancaster, I. Bastin, M. Pirlot, J. Vantomme**  
Finite element modeling of the heat transfer in a gun barrel during shots
- 16<sup>15</sup>-16<sup>30</sup> **J. Balla**  
GATLING cannon dynamics
- 16<sup>30</sup>-16<sup>45</sup> **P. Konecny**  
Design of rocket motor charged with solid propellant star grain
- 16<sup>45</sup>-16<sup>55</sup> **P. Kapolka, M. Semanek, P. Lisy**  
The analysis of the sealing ring of the chamber gun using finite elements method
- 16<sup>55</sup>-17<sup>05</sup> **P. Droppa, M. Mlynarčík, P. Kapolka**  
The modal analysis of the piston in the combustion engine
- 17<sup>05</sup>-17<sup>20</sup> **M.Macko, K. Brabcova**  
Comparison of Rebound Theories
- 17<sup>20</sup>-17<sup>30</sup> **L. Fecso, G. Gorasz**  
The Hungarian KGP-9 submachine gun
- 17<sup>30</sup>-17<sup>50</sup> Dyskusja - *discussion*

## Sekcja 2

(referaty tłumaczone - *all papers and discussion will be translated*)

### Wytrzymałość konstrukcji - *Strength of Construction*

Przewodniczący obrad : prof. dr hab. inż. Józef PADUCH

Chairman

dr hab. inż. Adam JACKOWSKI

- 16<sup>00</sup>-16<sup>15</sup> **B. Mrozek**  
Konstrukcje przekładkowe stosowane w lotnictwie;  
cechy szczególne i specyfika obliczeń
- 16<sup>15</sup>-16<sup>30</sup> **M. Kuffova, V. Bella**  
Fatigue crack propagation and life of Mg-Alloy AZ63HP under  
high-frequency cyclic loading
- 16<sup>30</sup>-16<sup>45</sup> **S. Dzik, S. Wolny**  
Wpływ sprężania technologicznego na stan naprężenia  
w dźwigarach skrzyniowych suwnic
- 16<sup>45</sup>-17<sup>05</sup> **F. Kuczmarski, P. Marecki, W. Płocharz**  
Badania wytrzymałościowe i trwałościowe kolein mostu  
towarzyszącego MS-20 Cz. I Stanowisko badawcze; Cz.II Wyniki badań  
modelu wytrzymałościowego koleiny
- 17<sup>05</sup>-17<sup>20</sup> **M. Bunea, G. Neştian, R. Nedelcu, V.Nastasescu**  
Analysis of the dynamic equivalent model in superfinishing process  
of the axles using finite elements method
- 17<sup>20</sup>-17<sup>35</sup> **J. Łopatka, T. Muszyński, T. Przychodzień**  
Badania doświadczalne możliwości poprawy stabilności  
kierunkowej maszyn przegubowych
- 17<sup>35</sup>-17<sup>50</sup> Dyskusja- *discussion*

## Sekcja 3

(referaty i dyskusja w języku polskim - *papers and discussion in Polish only*)

### Materiały wysokoenergetyczne - *Propellants and Explosives*

Przewodniczący obrad : prof. dr hab. inż. Radosław TRĘBIŃSKI

Chairman

prof. dr hab. inż. Andrzej KSIAŻCZAK

- 16<sup>00</sup>-16<sup>15</sup> **Ł. Matyjasek, A. Policha, A. Mazurek, W. Pawłowski**  
Badania i identyfikacja nadtlenków organicznych stosowanych  
w zamachach terrorystycznych
- 16<sup>15</sup>-16<sup>30</sup> **A. Bulka, S. Cudziło, A. Papliński**  
Badanie kinetyki rozkładu termicznego mało wrażliwych materiałów  
wybuchowych
- 16<sup>30</sup>-16<sup>45</sup> **A. Kubecki, A. Maranda, J. Nowaczewski, A. Orzechowski, D. Powala**  
O niektórych problemach otrzymywania wysokoenergetycznych mieszanin  
wybuchowych o obniżonej wrażliwości na bodźce zewnętrzne
- 16<sup>45</sup>-17<sup>00</sup> **L. Szymańczyk, W. Trzeciński**  
Wrażliwość na bodźce mechaniczne i podstawowe charakterystyki  
detonacyjne mieszanin NTO-HMX
- 17<sup>00</sup>-17<sup>15</sup> **A. Książczak, T. Książczak, H. Boniuk, W. Pawłowski, A. Radomski**  
Fizykochemiczne właściwości łuski spalającej
- 17<sup>15</sup>-17<sup>30</sup> **B. Zygmunt**  
Ładunki prochowe do silników raketowych foteli wyrzucanych  
samolotów bojowych
- 17<sup>30</sup>-17<sup>50</sup> Dyskusja - *discussion*

## **Czwartek- Thursday 07.10.2004**

**Sesja IV - plenarna – plenary**  
(all papers will be translated)

**10<sup>00</sup> – 12<sup>00</sup>**

 **str. 97-105**

### **Rozwój techniki uzbrojenia** *Development of Armament Technology*

Przewodniczący obrad : prof. dr hab. Stefan WŁUDYKA  
*Chairman* kmdr dr hab. inż. Jan W. KOBIERSKI

- 10<sup>00</sup>-10<sup>15</sup> **M. Adamski**  
Pole walki XXI w
- 10<sup>15</sup>-10<sup>30</sup> **K. Wilk, W. Gruszecki, T. Świętek**  
Uzbrojenie i wyposażenie indywidualne żołnierza XXI wieku
- 10<sup>30</sup>-10<sup>45</sup> **G. Marinov, H. Hristov**  
The Bulgarian program 'future soldier' in period of accession of Bulgaria to NATO's member
- 10<sup>45</sup>-11<sup>00</sup> **S. Władyka, A. Wojciechowski**  
Wykorzystanie technologii sieciocentrycznych przy zaopatrywaniu wojsk lądowych w amunicję
- 11<sup>00</sup>-11<sup>15</sup> **G. Gorasz**  
Система обучения офицера по ремонту вооружения в свете военной реформы
- 11<sup>15</sup>-11<sup>30</sup> **K. Santarek, R. Harmoza**  
Nowoczesne metody zarządzania w badaniach i produkcji systemów uzbrojenia
- 11<sup>30</sup>-11<sup>45</sup> **J. Stępień, Z. Kaczmarek, J. Materniak**  
Polska stal na okucie łuski naboju 120 mm
- 11<sup>45</sup>-12<sup>15</sup> Dyskusja – *discussion*  
Przerwa – *coffee break*

**Sesja V – obrady w sekcjach – sectional session**  
**12<sup>15</sup>-14<sup>45</sup>**

| Seksja 1                                                                                                                                                            | Seksja 2                                                                                                                                                                                                        | Seksja 3                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Balistyka końcowa</b><br><br> <i>str. 106-121</i><br><b>Terminal Ballistics</b> | <b>Wykrywanie i śledzenie celów powietrznych</b><br><br> <i>str. 122-128; 155-163</i><br><b>Target Indication and Tracking</b> | <b>Niezawodność i trwałość obiektów technicznych</b><br><br> <i>str. 164-177</i><br><b>Reliability and Durability of Technical Objects</b> |

**Seksja 1**

(referaty i dyskusja tłumaczone - *all papers and discussion will be translated*)

**Balistyka końcowa – Terminal Ballistics**

Przewodniczący obrad :prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI  
*Chairman* dr hab. inż. Adam WIŚNIEWSKI

- 12<sup>15</sup>-12<sup>30</sup> **V. Nastasescu, M. Bunea**  
 About some material models used in finite element analysis of the impact problems
- 12<sup>30</sup>-12<sup>45</sup> **E. Włodarczyk, M. Michałowski, W. Koperski**  
 Badania eksperymentalne balistyki końcowej pocisków amunicji strzeleckiej o zmniejszonej zdolności do rykoszetowania, wykonanych ze spieków
- 12<sup>45</sup>-12<sup>55</sup> **W. Trzeciński, R. Trębiński, S. Cudziło**  
 Investigation of the behaviour of steel and laminated fabric plates under blast wave load. Part I- experimental approach
- 12<sup>55</sup>-13<sup>05</sup> **V. Adamik, W. Trzeciński, J. Vagenknecht**  
 Investigation of the behaviour of steel and laminated fabric plates under blast wave load. Part II- numerical approach
- 13<sup>05</sup>-13<sup>20</sup> **K. Jach, K. Jamroziak, K. Rutyna, M. Szudrowicz, R. Świerczyński**  
 Teoretyczno-eksperymentalna analiza penetracji płyty laminatowej przez pocisk 9 mm napędzony do prędkości 350 m/s
- 13<sup>20</sup>-13<sup>35</sup> **H. Hristov, I. Gabrovsky, J. Karakaneva, P. Tashkov, K. Sarajdarov**  
 V50 determination of armour materials for Bulgarian Army
- 13<sup>35</sup>-13<sup>50</sup> **E. Włodarczyk, Z. Głodowski**  
 O pewnym modelu dla szacowania dynamicznego współczynnika tarcia poślizgowego w procesie penetracji sztywnego pocisku w metalową tarczę
- 13<sup>50</sup>-14<sup>05</sup> **A. Wiśniewski, P. Podgórzak**  
 Technical aspects of the use of high energetic explosives in tandem shaped charges
- 14<sup>05</sup>-14<sup>20</sup> **J. Janiszewski, W. Furmanek, J. Kijewski**  
 Badania technologiczne fragmentującego się pocisku pistoletowego
- 14<sup>20</sup>-14<sup>45</sup> Dyskusja - *discussion*

## Sekcja 2

(referaty i dyskusja w języku polskim - *papers and discussion in Polish only*)

### Wykrywanie i śledzenie celów - *Target Indication and Tracking*

Przewodniczący obrad : płk dr hab. inż. Zygmunt MIERCZYK  
*Chairman* dr hab. inż. Zbigniew KORUBA

- 12<sup>15</sup>-12<sup>30</sup> **B. Żak**  
Symulator morskiej sytuacji radiolokacyjnej
- 12<sup>30</sup>-12<sup>45</sup> **P. Dobrzyński**  
Metoda śledzenia dyskretnego i algorytm przelicznika dla celów manewrujących w celowniku przeciwlotniczym CP-1
- 12<sup>45</sup>-13<sup>00</sup> **T. Rutkowski, M. Sankowski, W. Klembowski**  
Możliwości wykorzystania rozwiązań technicznych radarów obrony powietrznej w projekcie radaru rozpoznania artylerii
- 13<sup>00</sup>-13<sup>15</sup> **H. Tomaszek, M. Ważny**  
Metoda oceny wpływu błędów celowania na zmianę skuteczności zastosowania systemu uzbrojenia lotniczego
- 13<sup>15</sup>-13<sup>30</sup> **J. Dudziński, D. Rodzik, J. Warchulski, M. Warchulski**  
Oprogramowanie aparatury KZA do rejestracji parametrów pracy przeciwlotniczego zestawu raketowego
- 13<sup>30</sup>-13<sup>45</sup> **A. Rutkowski**  
Przenośne urządzenie określania kierunku nadejścia i pomiaru parametrów sygnałów mikrofalowych
- 13<sup>45</sup>-14<sup>00</sup> **M. Burek, M. Adamski, N. Grzesik**  
Ocena wykonania wybranego zadania myśliwskiego z wykorzystaniem teorii zbiorów rozmytych
- 14<sup>00</sup>-14<sup>15</sup> **J. Popik, E. Blok, P. Ciunel, T. Rutkowski, P. Uruski**  
Techniczne możliwości symulacji radarowego wykrywania i lokalizacji obiektów artyleryjskich
- 14<sup>15</sup>-14<sup>30</sup> **A. Bartnicki, F. Kuczmarski, S. Konopka, A. Typiak**  
Kształtowanie układu rozpoznania otoczenia dla bezzałogowego pojazdu lądowego
- 14<sup>30</sup>-14<sup>45</sup> Dyskusja - *discussion*

### Sekcja 3

(referaty i dyskusja w języku polskim - *papers and discussion in Polish only*)

#### Niezawodność i trwałość obiektów technicznych

*Reliability and durability of technical objects*

Przewodniczący obrad : prof. dr hab. inż. Aleksander OLEJNIK

*Chairman*

prof. dr hab. inż. Tadeusz PRZYCHODZIEN

- 12<sup>15</sup>-12<sup>30</sup> **A. Cywiński, B. Jakubowski**  
Wybrane aspekty szacowania niezawodności zintegrowanego systemu dowodzenia
- 12<sup>30</sup>-12<sup>45</sup> **F. Kuczmarski, J. Zelkowski**  
Wykorzystanie wybranych metod do oceny techniki wojskowej na przykładzie mostów towarzyszących i szturmowych
- 12<sup>45</sup>-13<sup>00</sup> **A. Dębski, M. Gąsiorowski, S. Piechna**  
Stanowisko do nieniszczącego badania stopnia zużycia luf broni strzeleckiej podczas eksploatacji lub prób trwałościowych
- 13<sup>00</sup>-13<sup>15</sup> **M. Jasztal, H. Tomaszek**  
Metoda oceny trwałości resztkowej elementów konstrukcji statku powietrznego uszkodzonych pociskami penetrującymi
- 13<sup>15</sup>-13<sup>30</sup> **R. Kamiński, S. Torecki**  
Warunki nagrzewania stożka przejściowego lufy we wstępnym okresie strzału
- 13<sup>30</sup>-13<sup>45</sup> **M. Łopatka**  
Możliwości eksploatacji układów hydraulicznych maszyn inżynierskich w skrajnych warunkach klimatycznych
- 13<sup>45</sup>-14<sup>00</sup> **W. Kucharczyk, W. Żurowski**  
Zużycie ablacyjne kompozytów fenolowo-formaldehydowych
- 14<sup>00</sup>-14<sup>15</sup> **Z. Idziaszek**  
Zarys metody szacowania części zapasowych w szybkostrzelnych armatach automatycznych w przypadku przedłużania ich ресурсu
- 14<sup>15</sup>-14<sup>30</sup> **A. Papliński, T. Piotrowski, A. Maranda, M. Frączak, T. Salaciński**  
Integralna ocena zagrożenia pożarowo-wybuchowego i zagrożenia dla środowiska stwarzanego przez materiały wybuchowe
- 14<sup>30</sup>-14<sup>45</sup> Dyskusja - *discussion*

**Sesja VI – plakatowa; Session VI – poster session**  
(all papers and discussion will be translated)

**16<sup>00</sup> – 17<sup>45</sup>**

 **str. 178-205**

**Eksploatacja techniki uzbrojenia i środków bojowych**  
*Operating of Armament Technology*

Przewodniczący obrad :prof. dr hab. inż. Jerzy MARYNIAK  
Chairman dr hab.inż. Krzysztof SIBILSKI

- 1) **D. Buczkowski, W.A. Trzeciński, B. Zygmunt**  
Badania właściwości energetycznych saletrolu
- 2) **S. Ciepielski, S. Cudziło, J. Kijewski, M. Zahor**  
Zastosowanie dwukomorowego układu miotającego w pirotechnicznie rozwijanym zestawie ratownictwa wodnego
- 3) **A. Długolecki, A. Faryński, R. Kamiński, Z. Ziółkowski**  
Badania elektryzacji pyłów po wybuchach ładunków o średnim wagomiarze
- 4) **J. Dudziński, D. Rodzik, J. Warchulski, M. Warchulski**  
Aparatura KZA do rejestracji parametrów pracy przeciwlotniczego zestawu raketowego
- 5) **W. Furmanek, J. Gacek, J. Kijewski, A. Sroka**  
Optymalizacja charakterystyk ćwiczebnej amunicji karabinowej i pośredniej na przykładzie naboju kalibru 7,62x51 mm
- 6) **A. Giga, M. Gontarczyk**  
Koncepcja zaopatrywania jednostek Wojsk Lądowych wydzielonych do sił reagowania w amunicji
- 7) **A. Jackowski**  
Badanie wytwarzania spieków miedzi o kontrolowanej porowatości przeznaczonych na wkładki kumulacyjne
- 8) **F. Kuczmarski, P. Sprawka**  
Badania poligonowe statycznego oddziaływania na atrapę miny przeciwpancernej
- 9) **L. Loroch, K. Mackiewicz, K. Sibilski**  
Śmigłowiec jako platforma przenosząca uzbrojenie
- 10) **F. Ludvik**  
Solid propellant charges with devided grains

- 11) **B. Machowski, k. Motyl**  
Wpływ impulsu siły sterującej na tor lotu pocisku wirującego
- 12) **K. Motyl**  
Analiza wpływu charakterystyk dodatkowego napędu na tor lotu pocisku wirującego
- 13) **W. Plecha, G. Maciak**  
Broń pneumatyczna – doświadczalne aspekty jej certyfikacji w świetle ustawy i rozporządzeń
- 14) **J. Šelešovský, J. Pachmáň**  
Calculation of relaxation modulus of composite propellant from dynamical mechanical analysis data
- 15) **W. Starek**  
Doświadczalna modernizacja układu miotającego naboju specjalnych
- 16) **Z. Surma, S. Torecki R. Woźniak**  
Specyfika odrzutu swobodnego broni z odprowadzeniem gazów prochowych
- 17) **A. Tamas**  
Возможные перспективы развития полевой артиллерии в Венгерской Армии
- 18) **S. Torecki, M. Zahor**  
Wybrane wyniki obliczeń balistycznych dwukomorowego układu miotającego

**Piątek – Friday 08.10.2004**

*(in Polish only)*

**Sesja VII - plenarna – plenary**

**10<sup>00</sup> – 11<sup>45</sup>**

 **str. 206-215**

**Eksplotacja techniki uzbrojenia i środków bojowych**

*Operating of Armament Technology*

Przewodniczący obrad : prof. dr hab. inż. Edward WŁODARCZYK

*Chairman*

płk dr hab. inż. Franciszek KUCZMARSKI

10<sup>00</sup>-10<sup>15</sup>

***J. Potocki, Z. Sługocki***

Modernizacja transportera opancerzonego SKOT pod zabudowy  
specjalne – przykłady zastosowań

10<sup>15</sup>-10<sup>30</sup>

***I. Krzysztofik***

Analiza odruchów strzelca krótkiej broni ręcznej

10<sup>30</sup>-10<sup>45</sup>

***W. Stępnia***

Analiza odporności balistycznej i odporności na przebicia ostrymi  
narzędziami indywidualnych osłon zabezpieczających

10<sup>45</sup>-11<sup>00</sup>

***J. Walentynowicz***

Hybrydowe i elektryczno-spalinowe napędy wozów bojowych

11<sup>00</sup>-11<sup>15</sup>

***K. Santarek, R. Harmoza***

Technologie podwójnego zastosowania: mity i fakty,  
możliwości wykorzystania

11<sup>15</sup>-11<sup>30</sup>

***A. Dębecki***

Techniczne aspekty kontroli rozpowszechniania technologii raketowych

11<sup>30</sup>-11<sup>45</sup>

Dyskusja – discussion

11<sup>45</sup>-12<sup>00</sup>

Przerwa – *coffee break*

**Sesja VIII - obrady w sekcjach - sectional sessions**  
*(papers and discussion in Polish only)*  
**12<sup>00</sup>-13<sup>45</sup>**

**Sekcja 1**

**Sekcja 2**

**Sekcja 3**

|                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Wykrywanie<br/>i śledzenie celów</b><br><br> <i>str. 216-225</i><br><b>Target<br/>Identification and<br/>Tracking</b> | <b>Dynamika konstrukcji</b><br><br> <i>str. 226-238</i><br><b>Construction Dynamics</b> | <b>Balistyka wewnętrzna<br/>i badania środków<br/>bojowych</b><br><br> <i>str. 239-246</i><br><b>Internal Ballistics &amp;<br/>Warfare Agents<br/>Investigations</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Sekcja 1**

**Wykrywanie i śledzenie celów**  
*Target Identification and Tracking*

Przewodniczący obrad : dr hab. inż. Grzegorz KOWALECZKO  
Chairman dr hab. inż. Zbigniew KORUBA

- 12<sup>00</sup>-12<sup>15</sup> **Z. Chudy, B. Stec**  
Radioelektroniczny system obserwacji okrężnej źródeł promieniowania  
mikrofal w monitoringu środowiska elektromagnetycznego
- 12<sup>15</sup>-12<sup>30</sup> **M. Adamski, S. Picher**  
Wielofunkcyjne wskaźniki zobrazowania informacji celowniczej
- 12<sup>30</sup>-12<sup>45</sup> **H. Gruchala, M. Czyżewski, A. Słowik**  
Źródła niedokładności pomiaru w systemach natychmiastowego  
pomiaru częstotliwości
- 12<sup>45</sup>-13<sup>00</sup> **S. Plata, J. Miłosz, M. Nałęcz**  
Wykrywanie obiektów ruchomych radarem pola walki
- 13<sup>00</sup>-13<sup>15</sup> **W. Borowczyk**  
Metody przygotowania odległości do celu dla potrzeb przelicznika  
balistycznego
- 13<sup>15</sup>-13<sup>30</sup> **E. Ładyżyńska-Kozdraś, J. Maryniak**  
Modelowanie fizyczne i matematyczne naddźwiękowej rakiety  
przeciwpancernej KSENON naprowadzanej wiązką
- 13<sup>30</sup>-13<sup>45</sup> Dyskusja - *discussion*

## Dynamika konstrukcji – *Construction Dynamics*

Przewodniczący obrad : prof. dr hab. inż. Maciej BOSSAK

**Chairman** prof. dr hab. inż. Stanisław WOLNY

12<sup>00</sup>-12<sup>15</sup> **Z. Dziopa**

### Estymacja parametrów zestawu raketowego posadowionego na samochodzie

***E. Włodarczyk, J. Janiszewski, M. Magier***

## Niestacjonarne drgania w tylnej części rdzenia wydłużonego pocisku podkalibrowego podczas strzału

***E. Włodarczyk, J. Janiszewski, M. Magier***

Wstępna analiza pól naprężenia osiowego  $\sigma_i(z, t)$  i prędkości masowej  $v_i(z, t)$  w tylnej części rdzenia wydłużonego pocisku podkalibrowego

12<sup>35</sup>-12<sup>50</sup> **Z. Koruba, K. Stefański**

## Wpływ sterowania platformami giroskopowymi na dynamikę obiektów latających

12<sup>50</sup>-13<sup>05</sup> *M. Jaworowicz, G. Kowaleczko*

## Problemy modelowania dynamiki śmigłowca jako celu pozornego dla potrzeb symulatora celownika

**13<sup>05</sup>-13<sup>20</sup>** *A. Żyluk, Z. Winczura*

## Badania właściwości dynamicznych bomby lotniczej o wagomiarze 100 kg zrzucaanej z samolotu

**13<sup>20</sup>-13<sup>35</sup>** *T. Przychodzień, P. Sprawka*

## Badania poligonowe dynamicznych obciążeń atrap min

13<sup>35</sup>-13<sup>50</sup> Dyskusja- *discussion*

*Internal Ballistics & Warfare Agents Investigations*

Przewodniczący obrad :prof. dr hab. inż. Waldemar A. TRZCIŃSKI

**Chairman** prof. dr hab. inż. Andrzej KSIAŻCZAK

12<sup>00</sup>-12<sup>15</sup> *M. Radomski*

Uproszczona metoda objętości skończonych w zastosowaniu do rozwiązania problemu głównego balistyki wewnętrznej

***Z. Surma, S. Torecki R. Woźniak***

## Badania symulacyjne wpływu charakterystyk konstrukcyjnych broni z odprowadzeniem gazów na napęd pocisku i suwadła

**12<sup>30</sup>-12<sup>45</sup> A. Orzechowski, D. Powal, A. Maranda, J. Nowaczewski**

## Badanie właściwości plastycznych materiałów wybuchowych o obniżonej wrażliwości na bodźce mechaniczne

**D. Gałęzowski, W. Trzciński, M. Siwirski**

## Badanie ciepła detonacji materiałów wybuchowych w bombie kalorymetrycznej

**$13^{00}$ - $13^{15}$  W. Furmanek, J. Gacek, J. Kijewski, A. Sroka**

### Dobór charakterystyk balistycznych ćwiczebnej amunicji pistoletowej na przykładzie nabojów kalibru 9x19 mm Parabellum

***J. Paszula, M. Sołtys***

Badanie wpływu geometrycznego położenia zapalnika i masy jego ładunku wtórnego na wyniki testu wybuchu podwodnego

13<sup>30</sup>-13<sup>50</sup> Dyskusja- *discussion*

**14<sup>00</sup> – oficjalne zakończenie konferencji - *free final discussion***

## Prace zakwalifikowane do opublikowania

(list of papers only published)

- 1) **J. Gacek, M. Gąsiorowski, J. Titoni**  
Koncepcja metodyki wyznaczania stref bezpieczeństwa dla strzelnic garnizonowych
- 2) **J. Gacek, J. Kijewski, Z. Leciejewski, S. Piechna, W. A. Trzcíński, R. Woźniak**  
X lat działalności Instytutu Techniki Uzbrojenia – Instytutu Elektromechaniki  
Wojskowej Akademii Technicznej
- 3) **J. Gacek, W. Kurowski**  
Możliwości wykorzystania środowiska MATLAB-SIMULINK w modelowaniu  
procesu zdalnego naprowadzania rakiet plot na manewrujący cel
- 4) **J. Gacek, J. Titoni, R. Woźniak**  
Badania odporności niektórych materiałów elementów konstrukcyjnych strzelnic  
na przebicie pociskiem strzeleckim
- 5) **J. Garus, B. Żak**  
Zintegrowany system nawigacji okrętu podwodnego
- 6) **J. Głębocki**  
Straty pośrednie spowodowane działaniami minowymi na morzu
- 7) **M. Gontarczyk, J. Zelkowski, A. Giga**  
Zestaw HIMARS (High Mobility Artillery Rocket System) w Siłach Zbrojnych  
Stanów Zjednoczonych
- 8) **H. Gruchala, M. Czyżewski, A. Słowik**  
Analiza struktury wewnętrznej sygnałów z kluczowaniem częstotliwości i fazy  
za pomocą odbiornika natychmiastowego pomiaru częstotliwości
- 9) **Jan. W. Kobierski, M. Adamski**  
Dowodzenie ogniowe w działaniach na morzu
- 10) **L. Kruszka, M. Magier, E. Włodarczyk**  
Doświadczalne badania lepkoplastycznych własności stopu aluminium PA9
- 11) **F. Kuczmarski, J. Zelkowski, M. Gontarczyk**  
Współczesne mosty towarzyszące i szturmowe – wymagania i rozwiązania
- 12) **Z. Leciejewski, R. Woźniak**  
Karabinek maszynowy wz. 2003 jako element polskiego systemu broni strzeleckiej  
kalibru 5,56 mm
- 13) **M. Łopatka**  
Ocena zdolności pokonywania terenu o niskiej nośności przez most samochodowy  
o masie całkowitej 40 T
- 14) **J. Materniak, A. Starczewska**  
Badania modelowe kształtowania dna okucia do pocisku 120mm
- 15) **Cz Niżankowski, P. Stanowski**  
Symulacja numeryczna sygnatury cieplnej min bojowych w aspekcie ich wykrywania  
przez miniśmigłowcowe systemy rozpoznawcze
- 16) **M. Podciechowski, K. Sienicki, S. Żygadło**  
Koncepcja modernizacji heterodyny urządzenia odbiorczego SNR 125S.C dla potrzeb  
układu SCR
- 17) **A. Starczewska**  
Wpływ trajektorii odkształcania na graniczną krzywą tłoczności blachy
- 18) **J. Stępień**  
Wyroby hutnicze na łuski wysokociśnieniowe
- 19) **Z. Surma, S. Torecki, R. Woźniak**  
Podrzut broni działającej na zasadzie odprowadzenia gazów prochowych
- 20) **P. Szczepański**  
Zagrożenia dwuetapowego diagnozowania złożonych obiektów technicznych
- 21) **T. Świętek, Z. Panek, W. Gruszecki**  
Szkolno-treningowe zestawy mózdzierzowe

## **DOŚWIADCZENIA Z EKSPLOATACJI UZBROJENIA I SPRZĘTU WOJSKOWEGO W RÓŻNYCH WARUNKACH KLIMATYCZNYCH<sup>1</sup>**

### **EXPERIENCES IN MAINTENANCE ARMAMENTS AND MILITARY EQUIPMENT IN DIVERSE CLIMATIC CONDITIONS<sup>2</sup>**

**Jerzy KŁONICA\*, Zbigniew PRZYBYSZ\*, Ryszard WOŹNIAK\*\***

\* Zarząd Materiałowo-Techniczny Generalnego Zarządu Logistyki P-4 Sztabu Generalnego WP  
Technical and Material Department of the General Logistic Directorate J-4 of the Polish Armed  
Forces, General Staff

\*\* Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa  
Institute of Electromechanics Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W referacie przedstawiono wnioski z doświadczeń z eksploatacji uzbrojenia i sprzętu wojskowego (UiSW) Sił Zbrojnych RP w misjach stabilizacyjnych i operacjach pokojowych poza granicami kraju ze szczególnym uwzględnieniem problemów związanych z eksploatacją nowo wprowadzonej broni strzeleckiej (5,56 mm karabinków wz. 1996 BERYL i 9 mm pistoletów samopowtarzalnych WIST-94), w kontekście pojawiających się artykułów prasowych na temat zacięć i niesprawności broni używanej przez żołnierzy PKW w Iraku i Afganistanie. Omówiono przyczyny i skutki niedostatecznego przeprowadzenia badań UiSW w różnorodnych warunkach pogodowych i środowiskowych oraz przedstawiono kierunki prac nad doskonaleniem UiSW użytkowanego w ekstremalnych warunkach klimatycznych.

W dalszej części referatu przedstawiono podjęte przez Siły Zbrojne RP działania zmierzające do unifikacji sprzętu transportowego w aspekcie ujednolicenia systemu podwozi bazowych.

#### **Abstract**

In the lecture, conclusions from experiences in maintenance of the Polish Armed Forces armaments and military equipment in international stabilization and peacekeeping mission have been presented, particularly problems connected with new small arms (the 5,56 mm rifles model 1996 BERYL and the 9 mm self-repeating pistols WIST-94) in the context of the press articles to the point of jamming rifles and pistols of Polish soldiers in Polish Military Contingent Iraq and Afghanistan. The reasons and effects of insufficient research and tests of armaments and military equipment in diverse climate and directions of research to making improvements to armaments and equipment used in extreme climatic conditions are also presented.

In further part of this lecture, actions taken by the Polish Armed Forces beaded for standardization of means of transportation have been presented.

<sup>1</sup> Ze względu na niejawną charakter wielu problemów przedstawionych w referacie, niniejsza publikacja zawiera jedynie jego streszczenie.

<sup>2</sup> The paper is classified as secret therefore only summary is presented in proceedings.

## **EXPERIMENTAL AND THEORETICAL STUDY OF GENERIC BLOWBACK WEAPONS**

### **EKSPERYMENTALNA I TEORETYCZNA ANALIZA BRONI Z ZAMKIEM SWOBODNYM**

**Michaël DUBOIS, Marc PIRLOT**

Weapon Systems and Ballistics Department, Royal Military Academy, Brussels, Belgium  
Katedra Systemów Uzbrojenia i Balistyki, Królewska Akademia Wojskowa, Bruksela, Belgia

#### **Abstract**

The Weapon Systems and Ballistics Department of the Belgian Royal Military Academy is more and more interested in the dynamic behavior of the small calibre weapons. To begin with, a classic automatic system was analysed : the blowback weapon. The objective of the present study consists in assessing the bolt movement inside the weapon casing during a burst firing, theoretically as well as experimentally.

In the theoretical part, the bolt displacement is computed from a model, based on the Newtonian approach. Concerning the experimental part, the measurement of the bolt displacement was achieved by the processing of a digital film recorded with a high speed camera. The comparison between the experimental and theoretical results is discussed.

#### **Conclusions**

A classic automatic system was first analyzed: the blowback weapon. The bolt movement inside the weapon casing was assessed theoretically from a Newtonian model as well as experimentally from the processing of the digital films.

The fitting between the experimental and theoretical results was achieved by the adjustment of modeling constants, i.e. the contact parameters and the primer ignition advance. This parameters set, tested on a modified weapon system characterized by a bolt lightening, still gave satisfaction. However, a complete parametric study is necessary to carry on the validation.

#### **Streszczenie**

Katedra Systemów Uzbrojenia i Balistyki belgijskiej Królewskiej Akademii Wojskowej prowadzi badania dynamiki działania uzbrojenia małokalibrowego. Na początku przeanalizowano system automatyki broni działający na zasadzie odrzutu zamka swobodnego. Celem obecnych badań jest analiza teoretyczna i doświadczalna ruchu zamka podczas strzelania. W części teoretycznej, położenie zamka jest obliczane z modelu bazującego na założeniach modelu Newtonowskiego. W przypadku części eksperymentalnej, pomiar położenia zamka został zrealizowany poprzez obróbkę jego cyfrowego zapisu kamerą przeznaczoną do robienia szybkich zdjęć. Analizie porównawczej poddano wyniki badań teoretycznych i doświadczalnych. .

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI (Military University of Technology, Warsaw)

## REVOLVER CANNON DYNAMICS

### DYNAMIKA DZIAŁA REWOLWEROWEGO

**Lubomír POPELÍNSKÝ**

Department of Weapon Systems, Military Academy in Brno, Czech Republic  
Wydział Systemów Uzbrojenia, Akademia Wojskowa w Brnie , Czechy

#### Abstract

The revolver principle is used for the high rate of fire aircraft cannons. The solution of its dynamics must take into consideration not only the forces acting on the carrier and its mass, but also the influence of the rotating revolver drum with several cartridge chambers. The transmission between the carrier and the drum is insured by the drum rollers meshing with the functional groove in the carrier. The gas operated system ensures the drive of the weapon mechanism. The procedure of the solution of the dynamics is explained. The results of this solution for the case with the functional groove of the elliptic shape are shown.

#### Conclusion

The way of the revolver cannon dynamics solution explained can be used generally, not only for the case with the elliptic shape of the functional groove. For the another shape of the groove it would be necessary to modify the transmission ratio between the drum and the carrier and to make corresponding changes in the cycle diagram (Fig. 2).

#### Streszczenie

Układ rewolwerowy jest wykorzystywany w lotniczych działach pokładowych o dużej szybkostrzelności. Rozwiązanie jego dynamiki musi brać pod uwagę nie tylko siły działające na suwadło oraz jego masę, ale także wpływ obracającego się bębna układu rewolwerowego zawierającego kilka komór nabojoych. Przenoszenie napędu pomiędzy suwadłem a bębniem jest zabezpieczane przez rolki bębna przemieszczające się w funkcjonalnym rowku suwadła. System odprowadzenia gazów prochowych zapewnia napęd mechanizmu broni. W artykule opisano procedurę rozwiązania problemu dynamiki układu rewolwerowego. Pokazano rezultaty rozwiązania dla przypadku kształtu eliptycznego funkcjonalnego rowka suwadła.

#### Wnioski

Zaprezentowany sposób rozwiązania dynamiki działu rewolwerowego może zostać wykorzystany nie tylko dla przypadku rowka suwadła o kształcie eliptycznym. Dla innego kształtu rowka niezbędna byłaby modyfikacja stosunku przenoszenia pomiędzy bębniem a suwadłem oraz w ślad za tym idących zmian w wykresie cyklicznym.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Military University of Technology, Warsaw)

## **REGARDING THE MATHEMATICAL MODELLING OF FIRING PHENOMENON USING THE GASDYNAMICS EQUATIONS**

### **O MATEMATYCZNYM MODELOWANIU ZJAWISKA STRZAŁU Z WYKORZYSTANIEM RÓWNAŃ GAZODYNAMIKI**

**Titica VASILE, Doru SAFTA, Cristian BARBU**

Military Technical Academy, Bucharest, Romania

Techniczna Akademia Wojskowa, Bukareszt, Rumunia

#### **Abstract**

The mathematical modelling of firing phenomenon with a ballistic system using Gasdynamics equations is different in comparison with modelling in classic manner. In the classic modelling it is considered, among others, that the state parameters of powder gases and burned powder fraction at considered time have medium values. Also, this way of modelling is more complicated as the case of solving in well known Lagrange's problem, which is first attempt of solving of interior ballistics problems with the aid of Gasdynamics equations, because in this case it is necessary to study the decompression of varied gases amount, when the powder burning velocity is function of powder gasses pressure. The gases pressure is variable in time and in different sections.

The mathematical modelling of firing phenomenon in the new manner is done using the fundamental Gasdynamics equations of non steady state and one-dimensional gases motion, the equations being written in Euler's variables.

In this paper it is presented a mathematical modeling of the firing phenomenon with a ballistic system, using the gasdynamics equations. On the base of this mathematical modelling was elaborated an interior ballistics software which allows studying the variation of powder gases pressure and projectile velocity versus time and displacement. For an extant ballistic system, the theoretical results obtained with the aid of this soft and experimental data are compared.

#### **Streszczenie**

W referacie przedstawiono proces modelowania matematycznego zjawiska strzału w układzie miotającym z wykorzystaniem równań gazodynamiki. Na jego podstawie opracowano oprogramowanie do analizy balistyki wewnętrznej, które pozwala na symulację krzywych balistycznych (zmiany ciśnienia gazów prochowych w przestrzeni zapociskowej i prędkości pocisku w lufie w funkcji czasu i przemieszczenia). Porównano wyniki symulacji z danymi eksperymentalnymi.

#### **Reviewer:**

Prof. dr hab. inż. Radosław TRĘBIŃSKI (Military University of Technology, Warsaw)

## **THEORETICAL INVESTIGATIONS OF BEHAVIOUR OF GUN-PROPULSION SYSTEM WITH TRAVELLING-CHARGE SET**

### **ANALIZA TEORETYCZNA WARUNKÓW PRACY PROCHOWEGO UKŁADU MIOTAJĄCEGO Z ŁADUNKIEM WĘDRUJĄCYM**

**Zbigniew LECIEJEWSKI, Zbigniew SURMA**

Military University of Technology, Faculty of Mechatronics, Institute of Electromechanics  
Warsaw, Poland

Instytut Elektromechaniki, Wydział Mechatroniki, Wojskowa Akademia Techniczna

#### **Abstract**

Many different gun-propulsion concepts capable of achieving very high muzzle velocities have been developed. A few are listed below:

- travelling-charge gun or rocket projectile
- addition of energy along the barrel
- varying of barrel and projectile geometry to augment the velocity
- electromagnetic and electrostatic concepts
- heating the gas in the pump of a two-stage gun
- two-stage “hybrid hypervelocity” gun.

Some of these systems can shoot with muzzle velocity of projectiles from 3-12 km/s range and they are generally used as laboratory instruments to study exterior and terminal ballistics phenomena. Because of relatively large dimensions, mass and most complicated service these systems were never used successfully as a typical weapon in the contemporary battlefield.

This paper presents an idea of specific gun-propulsion system with travelling-charge set (as a one of the practical solutions of modification of ammunition) and mathematical model of shooting. Numerical computations of ballistics effect analysis on the basis of 23-mm anti-aircraft system type ZSU-23-2 are shown too.

#### **Conclusions**

1. The results of internal ballistics simulations presented in this paper indicate that the travelling-charge set can substantially enhance the ballistic performance of classical gun propellant system (by changing of its loading conditions) - in particular higher muzzle kinetic energy of projectile at the same level of gases pressure. We should notice that increase of propellant mass to 0,16 kg in analysed classical propellant system (like in travelling charge system type D) gives increase of pressure to about 600 MPa.
2. The successful implementation of travelling-charge set will require a very precise ignition mechanism of fast burning segment of travelling-charge set direct after maximum gases pressure released from combusting charges - standard propellant charge and slow segment charge. In analysed travelling-charge systems it needs thickness of slow burning segment between 0.14 mm (type A) and 0.19 mm (type D).

### **Streszczenie**

Od wielu lat poszukuje się sposobów zwiększenia w prochowych układach miotających prędkości wystrzeliwanych pocisków. Wśród wielu rozwiązań konstrukcyjnych najbardziej znanymi są:

- pocisk z ładunkiem wędrującym lub z dodatkowym napędem raketowym;
- dodatkowe komory spalania (z dodatkowymi ładunkami prochowymi) rozmieszczone wzdłuż lufy lub lufa o zmiennej geometrii jej przewodu wewnętrznego;
- działo elektromagnetyczne;
- działo dwustopniowe z wykorzystaniem energii sprężanego gazu lekkiego

Niektóre z powyższych rozwiązań pozwalają uzyskiwać prędkości wylotowe pocisków mieszczące się w zakresie 3-12 km/s i są raczej wykorzystywane jako stanowiska badawcze do analizy zjawisk balistyki zewnętrznej i końcowej. Ponieważ układy te mają stosunkowo duże gabaryty i masę oraz skomplikowaną obsługę nie były z powodzeniem wykorzystywane jako typowa broń na współczesnym polu walki. W artykule zaprezentowano ideę układu miotającego ze szczególnym rozwiązaniem ładunku wędrującego oraz model matematyczny strzału takiego układu. Przedstawiono wyniki analiz numerycznych strzału dla hipotetycznego układu z ładunkiem wędrującym, powstałego na bazie 23 mm systemu przeciwlotniczego ZSU-23-2.

### **Wnioski**

- 1) Wyniki symulacji procesów balistyki wewnętrznej zaprezentowane w referacie wskazują, że koncepcja zastosowania ładunku wędrującego w klasycznym układzie miotającym może zwiększyć jego możliwości eksploatacyjne, zwłaszcza w zakresie wzrostu prędkości wylotowej pocisków przy zachowaniu tego samego (jak w układzie klasycznym) poziomu ciśnienia maksymalnego gazów prochowych w przestrzeni zapociskowej;
- 2) Gwarantujące sukces zastosowanie zaprezentowanej koncepcji ładunku wędrującego wymaga bardzo precyzyjnego mechanizmu zapłonu materiału szybkospalającego się (VHBR) w chwili osiągnięcia ciśnienia maksymalnego gazów prochowych pochodzących ze spalania ładunku zasadniczego (klasycznego) oraz cienkościennej warstwy ładunku wolnospalającego się, przy czym grubość tej warstwy powinna zawierać się w przedziale 0,14÷0,19 mm.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Military University of Technology, Warsaw)

## SOLID PROPELLANT GRAINS BURNING ON OUTER SURFACE

### ZIARNA STAŁEGO PALIWA RAKIETOWEGO PALĄCE SIĘ NA POWIERZCHNI ZEWNĘTRZNEJ

František LUDVÍK

Military Academy in Brno, Faculty of Military Technologies, Department of Rocketry  
Czech Republic

Katedra Techniki Rakietowej, Wydział Techniki Wojskowej, Akademia Wojskowa, Brno, Czechy

#### Abstract

Design of *solid propellant rocket engines* – (SPRE) is influenced by choice of *solid propellant* – (SP) charge geometric shape. Beside classical geometric shapes are applied SP charges (grains) burning on grain outer burning surface only. It is needed to point out the fact that grains burning on outer surface presuppose digressive burning, i.e. the thrust-time diagram will also be digressive. Another disadvantage of such grains (charges) is that the inner *combustion chamber* – (CC) will be influenced by hot combustion products, especially when SP having high value of specific energy (due to the requirement of high specific impulse  $-i_s$ ).

The paper deals with solid propellant grains burning on outer surface only. Aim for such grains utilisation is to increase the solid propellant engine filling coefficient and in this way to rise the solid propellant rocket engine performance.

There are presented main geometric characteristics together with the other important parameters as e.g. „*shape function*“ of solid propellant charge, which illustrates the thrust-time course. Principal diagrams of mentioned functions conclude the paper.

#### Conclusions

The introduced numerical solutions illustrate application of above introduced relationships in individual phases of burning. From graphical illustrations is also evident that the individual SP grains shape functions, when burning on outer profiled surface influence the time course of SPRM thrust. Further on is evident that introduce geometrical shapes can be with advantage applied when designing respective SPRM.

The derivation of important geometric parameters of SP grains contributes to general theory of SP charges design, especially when solving some internal ballistic task. Moreover it is the contribution to SP rockets with SPRE.

Regarding the fact that discussed geometric shapes are not described in details the paper presented introduces necessary magnitudes theoretically assuming geometric burning of such SP charges, i.e. burning in respective phases.

Finally it is possible to mention that presupposing “*digressive*” burning it isn’t so correct, because according to solved examples it is evident, that the increase of burning perimeter in individual phases of burning is mainly due to existence of circular parts of burning perimeter, which has to be added to straight parts of burning perimeter. Therefore the mentioned shapes beside higher values of SPRE CC filling coefficient can practically modify the SPRE thrust-time course and therefore can be some advantage during the rocket design.

#### **Streszczenie**

Artykuł dotyczy mechanizmu spalania ziaren stałego paliwa raketowego o różnym kształcie, palących się jedynie na powierzchni zewnętrznej. Celem wykorzystania tego typu ziaren jest podwyższenie współczynnika wypełnienia komory spalania silnika ładunkiem paliwa raketowego i tą drogą wzrost osiągnięć silnika raketowego. Zaprezentowano zmiany (w trakcie spalania) głównych charakterystyk geometrycznych ładunków paliwa raketowego wraz z innymi ważnymi parametrami takimi jak np. „funkcja kształtu”, przekładającymi się na charakterystykę czasową ciągu. Odpowiednie diagramy ilustrują rozważania teoretyczne

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI (Military University of Technology, Warsaw)

## **A MATHEMATICAL MODEL FOR THE INSIDE GUN BARREL PROJECTILE MOVEMENT STUDY BY USE OF QUATERNIONS**

### **MODEL MATEMATYCZNY DO ANALIZY RUCHU POCISKU WEWNĄTRZ LUFY Z WYKORZYSTANIEM KWATERNIONÓW**

**Sorinel BALASOIU, Cristian BARBU**

Military Technical Academy, Bucharest, Romania

Techniczna Akademia Wojskowa, Bukareszt, Rumunia

#### **Abstract**

The computation of the projectile movement inside the barrel is one of the problems approached by the Internal Ballistics. The Internal Ballistics studies this movement with accuracy, but one of the principal hypotheses is the consideration of the projectile movement with a single degree of freedom (translation with rotation).

We know that in real conditions, during the soothing, the projectile movement inside the barrel is not a movement with a single degree of freedom (the driving band diameter is smaller than the channel barrel diameter). We consider the projectile movement with four degrees of freedom, a translation of the rotating band section centre and a rotation movement around the rotating band section centre, a movement with fixed point. We will neglect the recoil movement of the gun, its vibrations (we consider the barrel as a rigid body) and also the curvature of the barrel channel axis.

In this paper we present a method for the calculus of the projectile movement inside the gun barrel. The movement of the projectile inside the gun barrel is considered with four degrees of freedom. In order to avoid the appearance of division by zero errors during the numerical calculus of the projectile movement elements we propose a mathematical model by use of quaternions.

#### **Conclusions**

- ♦The mathematical model presented in this paper allows the calculus of the projectile movement elements inside the gun barrel. In order to avoid the appearance of division by zero errors during the numerical calculus, we have established a mathematical model by use of quaternions.
- ♦The numerical integration of the differential equation system presented in this paper starts once with the projectile motion inside barrel and it continues until the projectile leaves the barrel. At each impact projectile - barrel wall we can find the percussions applied to the driving band and rotating band section centre. In this mode we can find the barrel wall action on the driving and rotating band. The numerical results can be used in the design of the barrel and projectile body.

- ♦The numerical results are useful in the study of gun barrel vibrations. These vibrations influence the accuracy of the fire.
- ♦The numerical results are useful in the design of the mechanical systems of the fuzes for the first arming phase – the projectile motion inside the barrel.
- ♦The projectile movement parameters around the rotating band section centre (Euler's angles and the rotation angular velocities) calculated at the muzzle of the gun can be used as initial data for the projectile motion study with six degrees of freedom on trajectory. The values of these parameters influence the accuracy of the fire and the stability of the projectile on trajectory.

### **Streszczenie**

Obliczanie parametrów ruchu pocisku w lufie podczas strzału jest jednym z problemów balistyki wewnętrznej. Jedną z hipotez jest rozpatrywanie tego ruchu jako ruchu z jednym stopniem swobody (przemieszczenie z rotacją). W warunkach rzeczywistych, podczas strzału, ruch pocisku w lufie nie jest ruchem z jednym stopniem swobody; jest to m.in. ruch prostoliniowy obracającego się środka masy, ruch obrotowy wokół środka masy.

W referacie zaprezentowano metodę obliczeń parametrów ruchu pocisku w lufie przy założeniu, że rozpatrujemy go jak ruch z czterema stopniami swobody. W metodzie tej pomija się ruch odrzutu lufy, jej wibracje jak również krzywizny osi lufy.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Radosław TRĘBIŃSKI (Military University of Technology, Warsaw)

## **SYSTEM AUTOMATYCZNEGO ŚLEDZENIA CELÓW LATAJĄCYCH NA PODSTAWIE OBRAZU WIDEO**

### **VIDEO BASED AUTOTRACKING SYSTEM FOR FLYING TARGETS**

**Wiesław MILEWSKI, Krzysztof SIBILSKI**

Zakład Uzbrojenia Lotniczego, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych  
Air Force Institute of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Na poligonie lotniczym w trakcie wykonywania lotów ćwiczebnych i prób z wykorzystaniem uzbrojenia istnieje konieczność zdalnego, precyzyjnego filmowania obiektów i rejestracji filmów w celu dokumentowania lotów. Dotychczas zadanie to wykonywane było przez wyszkolonego operatora-kameryzystę, który nagrywał lot samolotu za pomocą kamery wideo trzymanej na ramieniu. Jednak z uwagi na duże szybkości filmowanych obiektów i konieczność stosowania dużych zbliżeń ręczne śledzenie nie odbywało się płynnie i często prowadziło do zgubienia obiektu.

Opracowany system, chociaż również wymaga działania operatora, to pozwala na zautomatyzowanie śledzenia i poprawienie jego jakości. Operator wykonuje tu wstępne naprowadzanie głowicy śledzącej na cel, uruchamia śledzenie automatyczne i w zależności od potrzeb steruje powiększeniem kamery filmującej.

System zbudowano w oparciu o komercyjną kartę automatycznego śledzenia na podstawie obrazu wideo (w skrócie AVT od angielskiego Auto Video Tracker) - ADEPT36, którą zintegrowano z systemem automatycznego śledzenia. W ramach integracji dokonano między innymi: optymalizacji parametrów filtru cyfrowego regulatora platformy w algorytmie wewnętrznym karty, napisano oprogramowanie sterujące kartą z poziomu komputera PC, opracowano mikroprocesorowy sterownik platformy i blok mocy oraz opracowano układ wstępnego naprowadzania głowicy śledzącej na cel.

Programowe śledzenie parametrów wykrytych obiektów i możliwość programowego zadawania kryteriów wykrywania i śledzenia umożliwi w przyszłości wykorzystanie ww. systemu do śledzenia celów o zmieniającej się konfiguracji.

#### **Abstract**

A working model of automatic tracking system for flying object on the base of TV or IR video was developed. System is dedicated for automatic tracking aircraft and bombs moving in the air range airspace. System allows on film recording as video files in computer also. System is integrated on the base of the commercial auto video tracker card ADEPT36.

The investigation of detected target parameters and the possibility of the tracking criteria setting allows use the system for tracking targets, which change configuration during flight.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## THE VTTRNS SYSTEM: STRUCTURE, IMPLEMENTATION AND APPLICATIONS

### SYSTEM VTTRNS: STRUKTURA I ZASTOSOWANIE

**Julian Constantin VIZITIU, Ioan NICOLAESCU**

Radar and Missiles Guidance Department, Military Technical Academy, Bucharest, Romania  
Katedra Techniki Radarowej i Rakietowej, Techniczna Akademia Wojskowa, Bukareszt, Rumunia

#### Abstract

This paper presents in a short form some basic aspects about the structure, functional description and most important applications of a video target tracking and recognition neural system (VTTRNS) implemented and experimentally tested by the authors. The novelty elements which are proposed by this paper refer to the RBF neural network use for tracking function implementation, the 3D targets models generation and the neural networks recognition process.

#### Conclusions

The theoretical and experimental results presented in this paper with ones from the references [1] and [2], allows us to be formulated the following basic *conclusions*:

- concerning the *tracking subsystem*:
  - its structure and functions are relative simple and support a real time integration if the rules presented in the paragraph 6.3 from the reference [1] are respected;
  - the video sensor positioning block implementation with a RBF neural network is a right option. For a fast and low oscillating tracking process, it is necessary that the reaction error order to be less than one, but for getting a low training time it recommends that one do not be virtually, less than three.
- concerning the *recognition subsystem*:
  - for use of the pattern descriptors sets and neural networks proposed in the reference [2], the classification performances are very good and in average, more than 90%. Also, the classification performances enhancement methods indicated here may contribute to them increase;
  - the use of an adequate database can be a determinant element for a recognition process purpose of the targets presented in the video sensor field of view. Also, the 3D targets models design is a simple way for (dynamic) knowledge content improvement of database.

#### Streszczenie

Referat w skrócie przedstawia niektóre podstawowe aspekty na temat struktury, opisu funkcjonalnego oraz najważniejszych zastosowań wideo systemu śledzenia i rozpoznania celu, wykorzystywanego i eksperymentalnie badanego przez autorów.

Reviewer:

kmdr dr hab. inż. Jan W. KOBIERSKI (Naval University, Gdynia)

## **WYKORZYSTANIE CELOWNIKA TELEWIZYJNEGO W PRZECIWLOTNICZYM ZESTAWIE RAKIETOWYM**

### **USAGE OF TELEVISION SIGHT IN ANT-AIRCRAFT MISSILE SYSTEM**

**Maciej PODCIECHOWSKI Konrad SIENICKI Stanisław ŻYGADŁO**

Institut Systemów Mechatronicznych, Wojskowa Akademia Techniczna  
Mechatronics Systems Institute, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Rozwój radiolokacji i duże możliwości stacji radiolokacyjnych w systemie obrony przeciwlotniczej uwarunkowały ewolucję kierunku przeciwdziałania radioelektronicznego. Jednym z zadań takiego przeciwdziałania jest zakłócanie systemów radiolokacyjnych. Istotą tego działania jest wytwarzanie zakłóceń, mających na celu naruszanie normalnego procesu wykrywania obiektów i określania ich współrzędnych przez stacje radiolokacyjne. Szerokie stosowanie środków przeciwdziałania radioelektronicznego zmusza konstruktorów do projektowania stacji charakteryzujących się znaczną odpornością na zakłócenia. Opracowuje się nowe metody pracy systemów radiolokacyjnych, nowe sposoby określania współrzędnych, doskonalsze rozwiązania układów nadawczo-odbiorczych i antenowych.

Jedną z metod obrony przed zakłóceniami jest stosowanie wizjerów telewizyjno-optycznych służących do obserwacji i określania współrzędnych kątowych oddalonych obiektów bez konieczności promieniowania energii elektromagnetycznej przez nadajnik. Mogą one działać w składzie urządzeń, które zapewniają naprowadzenie wizjera na obserwowany obiekt. Pozwala to w znacznym stopniu zmniejszyć wpływ zakłóceń na pracę stacji radiolokacyjnych, oraz umożliwia skuteczną obronę przed rakietami posiadającymi układy samonaprowadzania na źródło promieniowania elektromagnetycznego (promieniującą stację).

W referacie przedstawiono rozwiązania techniczne wizjera telewizyjno-optycznego umożliwiającego śledzenie celu w kątach. Zastosowanie procesorów graficznych do przetwarzania obrazu umożliwia śledzenie obiektów nie tylko w rodzaju pracy ręcznym ale i automatycznym. Prezentowane rozwiązanie zostało praktycznie przetestowane w przeciwlotniczym zestawie raketowym NEWA-SC.

#### **Wnioski**

Przedstawiony w referacie procesor VIDEOTRACERA został praktycznie wykonany i przetestowany w przeciwlotniczym zestawie NEWA SC. Uzyskane wyniki dokładności automatycznego śledzenia kąтового celu w celowniku telewizyjno-optycznym są nie gorsze od dokładności uzyskanych metodami radiolokacyjnymi. Zapewnia utrzymanie wysokiego prawdopodobieństwa zwalczanie celów powietrznych.

### **Abstract**

In this paper there is presented technical solution of television-optical sight which allows tracking target in angles. Usage of graphical processors to image processing allows tracking targets not only in manual mode but also in automatic mode. Presented solution has been practically tested in SA-3 NEWA-SC ant-aircraft missile system.

### **Conclusion**

A television-optical sight is one from kinds of radio-electronic armament. But its application is limited by target optical visibility conditions. Information concerning tracking target is restricted to angle position (there is shortage in information concerning distance to target). Therefore television-optical sights are frequently equipped with laser rangefinders. Presented in this paper VIDEOTRACER processor has been practically made and tested in NEWA-SC ant-aircraft missile system. Results of automatic angle tracking accuracy, gained in television-optical sight are not worse than accuracy obtained by radiolocation methods. The television-optical sight assures significant probability of aerial targets engagement.

Recenzent:

dr hab. inż. Jan PIETRASIŃSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## TARGET COMOUFLAGE USING RADAR ABSORBING MATERIALS

### MASKOWANIE CELU Z WYKORZYSTANIEM MATERIAŁÓW POCHŁANIAJĄCYCH SYGNAŁ RADAROWY

**Ioan NICOLAESCU, Iulian Constantin VIZITIU, Adrian STOICA**

Military Technical Academy, Bucharest, Romania

Techniczna Akademia Wojskowa, Bukareszt, Rumunia

#### **Abstract**

As a result of the developments within signal processing, transmitters and receivers areas radar technology has improved steadily over the past 50 years gaining in the sensor sensitivity, miniaturisation, power consumption, etc which allow to build smaller, more reliable and user friendly radar sensors. The effectiveness of these radar sensors is sufficiently threatening to merit the reduction of radar signature of all battlefield equipment. The paper analyses the potential use of radar absorbing materials to reduce the scattered signal by different metallic parts of military equipment and facilities. The paper is focused on two types of materials whose properties are analysed. The authors emphasise the results they got by simulations using different optimisation programs and measured data. The novelty of the paper is given by the materials used for simulations as well as by the algorithms proposed for reflection coefficient optimisation that gets the parameters of the materials from a databases made up of 24 types of materials previously characterised.

#### **Conclusions**

1. The camouflage of aerial, marine and ground targets are of great interest today when the radar technology has reached a very high level. Among other types of target camouflage means the use of RAM is more and more feasibly at least for ground targets.

2. The paper analyses the performances that can be obtained with tapered conductivity RAM and multilayered lossy dielectric and magnetic RAM when they cover a metallic surface.

3. A RAM must assure an attenuation of electromagnetic waves and a good match at the air/material interface and these involve that the material must satisfy two contradictory conditions.

4. The object is to match the impedance of the air at the front surface, and slowly taper this impedance to a very low value, approaching a short circuit, at the back surface. By this means reflections of incident energy are minimised while the increasing loss gradually attenuate the energy through conversion to heat.

5. Most military applications require thin absorbent coating.

6. A thin absorber can be theoretically designed to give any reflectivity but it is very difficult to manufacture.

7. Multilayer RAMs have the best performances but they are complicated to manufacture.

### **Streszczenie**

Od ponad 50 lat, w rezultacie rozwoju przetwarzania sygnałów, obszar nadawczo-odbiorczej techniki radarowej stale rozwija się zwiększając czułość czujników pomiarowych, dążąc do miniaturyzacji, zmniejszenia poboru mocy itp. co pozwala na budowanie mniejszych, bardziej niezawodnych i łatwiejszych w użyciu radarowych czujników pomiarowych. Efektywność tych radarowych czujników pomiarowych jest wystarczająca aby zidentyfikować minimalną radiolokacyjną sygnaturę celu (sprzętu pola walki). W referacie dokonano analizy potencjalnego użycia materiałów pochłaniających sygnał radarowy prowadzących do redukcji sygnału rozproszenia przez różne metalowe części sprzętu i wyposażenia bojowego. W opracowaniu skoncentrowano się na dwóch typach materiałów, których właściwości poddano analizie. Autorzy przeanalizowali wyniki, które otrzymali z symulacji wykorzystując różne programy optymalizacyjne i dane pomiarowe. Nowością pokazaną w referacie są materiały użyte do symulacji jak również proponowane algorytmy do optymalizacji współczynnika odbicia pozyskane dla 24 typów materiałów.

Reviewer:

dr hab. inż. Jan PIETRASIŃSKI (Military University of Technology, Warsaw)

## **WYKORZYSTANIE RADARU OBSERWACYJNEGO DO WYKRYWANIA TAKTYCZNYCH POCISKÓW BALISTYCZNYCH**

### **APPLICATION OF AIR SURVEILLANCE RADAR TO DETECTION OF TACTICAL BALLISTIC MISSILES**

**Mirosław SANKOWSKI, Piotr URUSKI**

Przemysłowy Instytut Telekomunikacji, Oddział Gdańsk  
Telecommunications Research Institute, Gdańsk Division, Poland

#### **Streszczenie**

W pracy rozważono zadanie wykrywania pocisków TBM za pomocą radaru ASR. Specyfika oraz trudności pojawiające się w rozważanym przypadku wynikają w głównej mierze z tego, że radar ASR jest urządzeniem optymalizowanym dla wykrywania i śledzenia obiektów ABT, których charakter jest zasadniczo różny od obiektów TBM.

W celu zbadania właściwości rozważanych obiektów z punktu widzenia możliwości ich detekcji, wykorzystano model matematyczny oraz oparty na nim symulator trajektorii lotu pocisku.

#### **Wnioski**

Uzyskane wyniki symulacyjne oraz informacje z dostępnej literatury pozwoliły na dokonanie oceny trudności rozważanego problemu oraz analizę możliwości jego rozwiązania. W szczególności omówiono ideę działania i właściwości algorytmu TBD proponowanego do wykrywania obiektów TBM.

Można stwierdzić, iż implementacja algorytmów wykrywania obiektów TBM w radarze ASR jest możliwa, wiąże się jednak z koniecznością stosowania specjalizowanych metod oraz licznymi ograniczeniami. Zastosowanie metody TBD pozwala na wykrywanie pocisków TBM w fazie aktywnej. Wykrywanie pocisków w fazie końcowej należy z technicznego punktu widzenia uznać za niemożliwe, przede wszystkim z uwagi na zbyt małą oczekiwaną liczbę wykryć obiektu TBM w tej fazie lotu.

W pracy nie poruszono istotnych aspektów wykorzystania radaru ASR w systemach obrony przeciwrakietowej, tzn. problemu śledzenia TBM oraz wypracowania informacji dla podsystemów przechwytywania. Jakość informacji wydawanej, która przejawia się odpowiednio szybkim osiąganiem założonej dokładności przewidywania przyszłych położzeń wykrytego obiektu, wiąże się bezpośrednio z liczbą pozyskanych danych pomiarowych. Zdolność radaru ASR do podtrzymania trasy wymaga zatem uzupełnienia pokrycia radaru ASR powyżej gwarantowanego pułapu wykrywania obiektów ABT (ok. 30 [km]). Taką zdolność można uzyskać względnie niewielkim kosztem poprzez zastosowanie dodatkowej wiązki śledzącej, sterowanej elektronicznie w płaszczyźnie elewacji.

Ponadto należy rozważyć zastosowanie metod uogólniania informacji wieloradarowej, które poza zwiększeniem ilości dostępnych pomiarów pozwalają wykorzystać fakt ich pochodzenia z wielu źródeł. Obserwacja pocisku TBM pod różnymi kątami pozwala bowiem zmniejszyć wpływ zmienności RCS w czasie lotu pocisku na jego wykrywanie, oraz wypadkowy błąd estymacji stanu obiektu dzięki zróżnicowanemu przestrzennie rozłożeniu błędów pomiarowych.

#### **Abstract**

This paper addresses a problem of detection of tactical ballistic missiles (TBMs) in a long-range air-surveillance radar (ASR). Analysis of the radar detection capabilities against TBM targets has been based on simulation of various TBM trajectories and radar detection process, as well as on the literature studies. Results of the analysis make allowances for assessing technical difficulties of the considered problem and for discussion of possible solutions. Although many limitations of typical ASR capabilities against TBM objects have been identified, it has been concluded that the track-before-detect (TBD) methods can be efficiently used for TBM detection during the boost phase. On the contrary, detection of TBM targets in the terminal (descending) phase has been shown to be not feasible by means of the ASR, because of its surveillance volume limits and high speed of the missile.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Jerzy R. MŁOKOSIEWICZ (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **UKŁAD SKANOWANIA PRZESTRZENI DLA IDENTYFIKACJI I ŚLEDZENIA CELÓW POWIETRZNYCH**

### **SCANNING SYSTEM OF AIR SPACE FOR AIR TARGET INDICATION AND TRACKING**

### **СИСТЕМА СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ И НАБЛЮДЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ**

**Konrad STEFAŃSKI**

Politechnika Świętokrzyska

Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Katedra Pojazdów i Sprzętu Mechanicznego

Киелецкий Политехнический Институт

#### **Streszczenie**

W kilku własnych pracach przedstawiono propozycję optycznego układu skanującego przestrzeń, a po wykryciu celu powietrznego, automatycznie przechodzącego na jego śledzenie. Operacje te (skanowanie i śledzenie) są realizowane metodą opartą na analizie trajektorii fazowych układu sterowania. Proponowany układ, który nazwiemy umownie układem skanująco-śledzącym, należy do kategorii układów autonomicznych (wystrzel i zapomnij).

Podobny układ był przedmiotem wielu rozważań, gdzie skanowanie przestrzeni odbywało się drogą sterowania osią giroskopu na sprężystym zawieszeniu. W porównaniu do tych prac proponowany układ nie wymaga sprężystego zawieszenia osi giroskopu, a tym samym nie ogranicza zakresu skanowania do sprężystych jego odkształceń, a jedyne ograniczenie to maksymalne wychylenie osi giroskopu (teoretycznie  $<90^0$ ). Niezależnie od tego, brak sprężystego zawieszenia osi giroskopu zwiększa niezawodność układu.

W pracy przedstawiono układ optyczny umocowany w osi giroskopu o trzech stopniach swobody skanującym przestrzeń, a następnie śledzącym cel powietrzny. Przytoczone wyniki symulacji cyfrowej potwierdzają poprawność działania układu.

#### **Содержание**

В работе рассмотрено оптическую систему закрепленную на сканирующем гироскопе, которой после перехвата цели переходит в режим её наблюдения. Результаты численных имитаций оправдают корректность действия системы.

Recenzent:

dr hab. inż. Zbigniew KORUBA (Politechnika Świętokrzyska)

## **WPLYW PARAMETRÓW PROCESU TECHNOLOGICZNEGO WYTWARZANIA SPIEKÓW W-Ni-Fe-Re NA ICH WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI**

### **INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PROCESS PARAMETERS OF MAKING W-NI-Fe-Re SINTERS ON THEIR CHOSEN PROPERTIES**

**Edward WŁODARCZYK, Jerzy MICHAŁOWSKI, Marcin MICHAŁOWSKI,  
Jan PIĘTASZEWSKI**

Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Electromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W prowadzonych, od blisko dziesięciu lat, w Wojskowej Akademii Technicznej badaniach poświęconych metalom ciężkim z osnową wolframową, operacje spiekania wykonywane są dwustopniowo. Spiekanie wstępne wyprasek z fazą stałą odbywa się w atmosferze zdysocjowanego, osuszonego amoniaku ( $75\%H_2 + 25\%N_2$ ). Spiekanie końcowe z fazą ciekłą realizowane jest w próżni. Taki sposób spiekania jest mniej kosztowny w porównaniu do spiekania jednostopniowego, gdyż nie wymaga stosowania drogich i skomplikowanych urządzeń. Ponadto jest bezpieczniejszy a jakość wytwarzanych spieków jest całkowicie porównywalna z jakością podobnych materiałów otrzymywanych przez spiekanie jednostopniowe.

Fakt ten ma szczególne znaczenie w odniesieniu do realizowanych badań z zakresu opracowania podstaw technologii wytwarzania metali ciężkich WHA z dodatkiem renu. Ren jest bowiem kosztownym dodatkiem stopowym. Dodatek renu do wolframu powoduje między innymi wyraźny wzrost jego plastyczności i zmianę zakresu temperatury kruchości. Ponadto wywołuje tzw. efekt renu i skłonność ziaren stopu do bliźniakowania.

Istniejące, nieliczne informacje literaturowe wskazują, że w metalach ciężkich z osnową wolframową wpływ renu na właściwości tych metali może być podobny. Niestety brak jest wiadomości o technologii wytwarzania takich materiałów, ich właściwościach użytkowych oraz cechach mikrostruktury i struktury.

W niniejszym referacie przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu czasu i temperatury spiekania z fazą ciekłą spieków, o składzie  $87\%W-7\%Ni-3\%Fe-3\%Re$ , na ich charakterystyczne cechy mikrostruktury i wybrane właściwości. Ustalono, że zarówno czas jak i temperatura znacząco wpływają na końcowe właściwości tych materiałów.

#### **Wnioski**

Prowadzone od wielu lat w Wojskowej Akademii Technicznej badania dotyczące metali ciężkich z osnową wolframową i od 2,5 roku badania takich metali z dodatkiem renu pozwalają sformułować następujące wnioski:

1. Zastosowana technologia wytwarzania metali ciężkich z osnową wolframową zawierających dodatek renu umożliwia otrzymanie materiałów o wysokich właściwościach wytrzymałościowych.

2. Właściwości badanych spieków z dodatkiem renu w większości przewyższają podobne właściwości spieków bez dodatku renu.
3. Dodatek renu stwarza konieczność podwyższenia temperatury spiekania z fazą ciekłą w porównaniu do typowej temperatury stosowanej podczas spiekania metali W-Ni-Fe. Wzrost powyższej temperatury spiekania nie prowadzi w tym przypadku do zwiększenia wymiarów ziaren osnowy, ponieważ ren wpływa zdecydowanie na rozdrobnienie ziaren wolframu.
4. Najwyższe właściwości badanych spieków osiągnięto po ich spiekaniu z udziałem fazy ciekłej, w czasie 1,0 h..
5. Szereg niewyjaśnionych obecnie problemów z zakresu charakterystycznych cech struktury spieków ciężkich z dodatkiem renu i wpływu tych cech na uzyskiwane właściwości będzie możliwe po zrealizowaniu rozszerzonego programu badawczego. Prowadzone badania dotyczące tych materiałów są oryginalne w skali krajowej.

#### **Abstract**

In this paper, there are presented results of researches relating to influence of time and temperature in the liquid phase sintering process of sinters consisting of 87%W-7%Ni-3%Fe-3%Re on characteristically features of their microstructure and chosen properties. It has been established that both – time and temperature of sintering remarkably influence the final properties of these materials.

#### **Conclusions**

On the basis of done tests there are the following statements:

1. The technology introduced for fabrication of heavy alloys with addition of the rhenium allows obtaining materials with high strength properties.
2. Properties of the investigated sinters, which are interested because of their use for cores of subcalibre projectiles, are mostly higher to similar properties of sinters without addition of rhenium.
3. Addition of rhenium makes it necessary to rise the temperature in liquid-phase sintering when compared to typical temperature during WHA sintering. It does hat lead, in this case, to rise the size of matrix grains because rhenium strongly influences on size reduction of tungsten grains.
4. The highest properties of the investigated sinters have been obtained after liquid-phase sintering in 60 minutes time.
5. Number of unexplained at the moment problems from the area of characteristically structure features of sinters with addition of rhenium and their influence on obtained properties will be possible to explain after realizing extended research program. Carried on researches of presented materials are original and unique in Poland.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam WIŚNIEWSKI (Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia)

## **TECHNOLOGIA PRODUKCJI BLACH GRUBYCH GŁĘBOKOTŁOCZNYCH NA ŁUSKI Z WLEWKÓW CIĄGLYCH**

### **PRODUCTION TECHNOLOGY OF PLATES ROLLED FROM CONTINUOUSLY CAST SLABS OF DEEP DRAWING STEEL FOR SHELLS APPLICATION**

**Józef GAWOR\*, Józef PADUCH\*, Henryk CIERNIAK\*\*, Wiesław GDULA\*\***

\* Instytut Metalurgii Żelaza

Institute for Ferrous Metallurgy, Gliwice, Poland

\*\* Huta Stali Częstochowa

Steelworks Częstochowa, Poland

#### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono wyniki prób przemysłowych zmierzających do ograniczenia makrosegregacji środkowej w blachach grubych, walcowanych z wlewków płaskich odlanych w procesie ciągłym w Hucie Stali Częstochowa. W celu ograniczenia makrosegregacji zastosowano m.in. obniżenie zawartości P i S, wprowadzenie mikrodotyków Ti i B, modyfikację wtrąceń siarczkowych za pomocą wapnia, ograniczony stopień przegrzania odlewnej stali, wprowadzenie systemu redukcji grubości krzepnącego wlewka małymi gniotami (soft reduction) oraz przyspieszone chłodzenie wlewka. Blachy wykonane z wlewków odlanych według zmodyfikowanej w powyższy sposób technologii mają jednorodną strukturę wewnętrzną, izotropowe własności i kwalifikują się jako wsad do tłoczenia. Wytwarzanie blach grubych do głębokiego tłoczenia ze stali Bw11 bez makrosegregacji środkowej wymaga zastosowania zmodyfikowanej technologii obejmującej w szczególności: poprawę czystości metalurgicznej stali, modyfikację wtrąceń niemetalicznych oraz zabiegów miękkiego dogniatania wlewka ciągłego SR i intensywnego chłodzenia wtórnego.

#### **Abstract**

The purpose of this paper was to develop a technology for manufacturing of plates from low-carbon steel designed for further plastic processing by deep cold drawing. Plates for products dedicated to this purpose should have, above all, a uniform internal structure with no central segregation. This article presents the results of industrial tests aimed at reduction of central segregation in plates rolled from continuously cast slabs at Steelworks Częstochowa. In order to reduce a macro-segregation, the following was applied, among other things: lowering of P and S content in steel, microalloying with Ti and B, modification of sulphide inclusions with calcium, reduction of overheating of cast steel, implementation of system to reduce solidifying slab's thickness by mechanical soft reduction and accelerated cooling of continuously cast slabs. Plates manufactured according to a technology modified in a way described above have a uniform internal structure and isotropic properties and qualify as a charge for deep drawing process.

Recenzent:

dr hab. inż. Jan MATERNIAK (Politechnika Poznańska)

## **ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВ ВЫСОКОПЛОТНОЙ БРОНЕВОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ**

### **SPECYFIKA WYTWARZANIA I WŁAŚCIWOŚCI ZBROJONEJ CERAMIKI O DUŻEJ GĘSTOŚCI NA OSNOWIE WĘGLIKA KRZEMU**

### **PECULIARITIES OF MANUFACTURING AND PROPERTIES OF HIGH-DENSITY SILICON CARBIDE-BASED ARMORED CERAMICS**

**О. РОЗЕНБЕРГ, А. МАЙСТРЕНКО, В. КУЛИЧ, С. ШЕСТАКОВ**

**Oleg ROSENBERG, Anatoliy MAYSTRENKO, Vitaliy KULICH, Sergey SHESTAKOV**

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н.Бакуля НАН Украины, Киев, Украина  
V.N. Bakul Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine,  
Kiev, Ukraine

Instytut Materiałów Supertwardych, Państwowa Akademia Nauk, Kijów, Ukraina

#### **Аннотация**

Разработан альтернативный традиционным технологиям способ изготовления броневых керамических пластин на основе карбида кремния методом шликерного литья термопластичных масс под давлением. Определен оптимальный полифракционный состав исходных порошков карбида кремния и улучшены реологические свойства шликера за счет использования связки на основе парафина. Изготовлены и исследованы партии пластин размерами 300×260×10 мм радиусом 600 мм и блоки, составленные из пластин размерами 50×50×9 мм радиусом 220 мм. На основании компьютерного моделирования процесса динамического проникания стального бойка, обладающего кинетической энергией 2.5 кДж, в двух- и трехслойный керамико-кевларовые бронепакеты установлено, что порядка 80% от исходной кинетической энергии бойка трансформируется в работу пластических деформаций материала бойка. Для обеспечения стойкости бронепакета против пробивания стальным бойком, установлено оптимальное отношение толщины слоя керамики из карбида кремния к толщине композиционной подложки из прессованного кевлара.

Баллистические испытания образцов бронезащитных элементов на основе карбидокремниевых пластин толщиной 10 мм и препрегом из кевлара толщиной 5-7 мм производили на специально оборудованных системой измерения скорости полета пули трассах Научно-исследовательского центра «Спецтехника» МВД Украины. Условия испытаний соответствовали стандартным и включали отстрел бронепакетов с дистанции 10 м из штатного автомата Калашникова со стандартным патроном и пулей Б32 массой 9.6 г. Результаты испытаний показаны на рис.11, где зеркальное отражение тыльной стороны бронепакета позволяет убедиться в сохранении его сплошности.

При этом замеренная величина запреградного действия не превышала 8-10 мм, тогда как современные отечественные стандарты допускают 20 мм. Результаты баллистических испытаний хорошо коррелируют с данными расчетов, которые, необходимым условием отсутствия сквозного пробивания рассматриваемого бронепакета бойком с кинетической энергией порядка 2,6 кДж является наличие препрега толщиной не менее 5,2 мм.

Таким образом можно сделать заключение, что разработанные составы шликеров и технология шликерного литья позволяют производить бронеэлементы из карбида кремния, не уступающие по своим основным характеристикам аналогичным изделиям, изготавливаемых как на Украине, так и за рубежом, и обеспечивающим в составе комбинированных бронежилетов уровень защиты не ниже 4-го класса согласно принятому государственному стандарту Украины (ДСТУ В 4103-2002) или NIJ Level III Custom (NIJ Level's of ballistic Body Armor).

### **Streszczenie**

Opracowano alternatywny, w stosunku do tradycyjnego, sposób przygotowania zbrojonych ceramicznych płyt na bazie węgla krzemu metodą odlewania z gęstwy mas termoplastycznych pod ciśnieniem. Opracowany został wielofrakcyjny zestaw proszków węgla krzemu i ulepszonej reologicznie gęstwy z wykorzystaniem związku na osnowie parafiny. Przygotowano i przebadano partie płyt o rozmiarach 300x260x10 mm i zestawione z płyt o rozmiarach 50x50x9 mm bloki o całkowitej grubości 220 mm. Na podstawie komputerowego procesu dynamicznego wnikania stalowego bijnika dysponującego energią 2,5 kJ przez dwu- i trzywarstwowe ceramiczno-kevlarowe pakiety zbrojeniowe, wykazano, że ok. 80 % początkowej energii kinetycznej bijnika zostaje przekształcone na plastyczną deformację materiału bijnika. W wyniku przeprowadzonych analiz zaproponowano optymalny stosunek grubości słoja ceramicznego z węgla krzemu do grubości prasowanego podkładu kevlaru.

Reviewer:

dr hab. inż. Jan MATERNIAK (Poznań University of Technology)

## **BADANIA ZACHOWANIA SIĘ SPIEKÓW CIĘŻKICH PODCZAS PRÓBY DYNAMICZNEGO ŚCISKANIA**

### **THE INVESTIGATIONS OF DYNAMIC HARDENING CURVES OF HEAVY METAL ALLOY WITH VARIOUS STRAIN RATE AND LOADING METHODS**

**Leopold KRUSZKA \*, Tomasz MAJEWSKI \*\***

\* Instytut Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Civil Engineering and Geodesy, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\* Wydział Mechatroniki, Wojskowa Akademia Techniczna  
Faculty of Mechatronics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Materiały konstrukcyjne stosowane w technice uzbrojenia ulegają nie tylko bardzo dużym deformacjom, przy bardzo wysokich szybkościach odkształcenia i w warunkach wysokiej temperatury, lecz także procesom uszkodzenia i niszczenia. Współczesne modele obliczeniowe materiałów konstrukcyjnych stosowane w kodach komputerowych opisują zachowanie się tych materiałów w zakresie pozasprężystym, z uwzględnieniem szybkości odkształcenia, wpływu temperatury, anizotropii odkształcenia i innych czynników. W procesie budowy modeli materiału, zarówno empirycznych jak i opartych na podstawach fizykalnych, konieczna jest analiza eksperymentalna dynamicznego zachowania się konkretnych materiałów konstrukcyjnych. Uzyskane z tych analiz krzywe wytrzymałościowe danego materiału są niezbędne do dalszego matematycznego opisu zachowania się ciała, dla przyjętej zależności konstytutywnej. Postęp inżynierii materiałowej stwarza obecnie duże możliwości uzyskiwania materiałów posiadających właściwości pożądane w technice uzbrojenia, do których można zaliczyć spieki W-Ni-Fe.

Spieki W-Ni-Fe, zaliczane do spieków ciężkich, wykazują wysokie właściwości mechaniczne takie, jak wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie, twardość i uderzalność, plastyczność (duże wydłużenie i przewężenie). Te cechy materiału są szczególnie korzystne w przypadku konstruowania rdzeni do pocisków przeciwpancernych. Zdolności penetracyjne takich rdzeni znacznie przewyższają parametry uzyskiwane np. przez rdzenie wolframowe i stalowe. Dla tych materiałów konieczne jest wyznaczenie dynamicznych charakterystyk wytrzymałościowych, zwłaszcza w zakresie bardzo dużych wartości szybkości odkształcenia, przy czym doprowadza się często do zniszczenia próbki badanego materiału. Na podstawie uzyskanej na drodze eksperymentalnej zależności „naprężenie - odkształcenie - szybkość odkształcenia” dla badanych spieków, można, w pewnym przybliżeniu, przewidywać ich właściwości użytkowe.

W pracy omówione zostały rezultaty badań dynamicznych spieku 90W-7Ni-3Fe. Próbkę spieków zostały otrzymane dwoma sposobami: w procesie konwencjonalnym i z wykorzystaniem spiekania rezystancyjnego. Badania dynamiczne w zakresie dużych prędkości odkształcenia do  $10^4 \text{ s}^{-1}$  zrealizowano metodą zmodyfikowanego (dzielonego) pręta Hopkinsona. Eksperymenty fizyczne przy bardzo dużych szybkościach odkształcenia dochodzących do wartości  $2 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$  wykonano metodą bezpośredniego uderzenia prętem obciążającym badanej próbki materiału.

#### **Wnioski**

Zaprezentowane wstępne wyniki dynamicznych eksperymentów fizycznych pozwoliły na pozyskanie przede wszystkim jakościowych informacji dotyczących krzywych umocnienia badanych spieków. Stwierdzono, że na krzywych umocnienia nie ma tzw. zęba plastyczności – efektu początkowego plastycznego osłabienia.

Potwierdzono wnioski z poprzednich badań, że zwiększenie szybkości odkształcenia podwyższa właściwości wytrzymałościowe spieków ciężkich, jednak zależność ta w znaczny sposób jest uwarunkowana sposobem wykonania próbek, a co za tym idzie ich mikrostrukturą i właściwościami. Przeprowadzone badania wykazały również, że przy bardzo dużych szybkościach odkształcenia maleje wpływ osłabienia termicznego na charakter przebiegu krzywych umocnienia.

#### **Abstract**

This paper contains results of mechanical investigations of the 90W-7Ni-3Fe alloys obtained by the traditional and resistance methods. Dynamic tests by SHPB at strain rate about  $10^4 \text{ s}^{-1}$  and by direct impact at strain rate about  $2 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$  were realized. It was found the results of these tests are comparable. It can be note that increases of strain rate causes generally increase of mechanical properties of heavy alloys. This effect strongly depends on production method of investigated materials.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam JACKOWSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **WSTĘPNE BADANIA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA KOMPOZYTÓW I SPIEKÓW WOLFRAMOWYCH W KONSTRUKCJI AMUNICJI EKOLOGICZNEJ**

### **PRELIMINARY INVESTIGATION OF USING COMPOSITIES AND TUNGSTEN ALLOYS TO ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PENETRATORS OF SMALL CALIBRE AMMUNITION**

**Zbigniew LUDYŃSKI, Leszek PASZKOWSKI, Dionizy BIAŁO,  
Waldemar WIŚNIEWSKI, Leszek CYBULA, Mirosław RAFALSKI**

Politechnika Warszawska Instytut Mechaniki i Konstrukcji  
Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Powszechnie stosowanym materiałem na rdzenie amunicji małokalibrowej jest ołów zawierający 2,5% antymonu. W ostatnim czasie zwrócono uwagę na szczególnie szkodliwe oddziaływanie ołowiu na organizmy żywe oraz jego podatność do kumulowania się w żywych organizmach. Źródła wprowadzenia ołowiu do organizmu mogą być różne. Ołów może być wprowadzany do organizmu wraz z pożywieniem, wdychany lub absorbowany przez skórę. Ołów atakuje centralny układ nerwowy, nerki, układ naczyniowy i czerwone ciała krwi. Usuwanie ołowiu z organizmu jest procesem trudnym.

Te przyczyny spowodowały że, ołów został zaliczony do grupy 20 najbardziej szkodliwych substancji. Z tego powodu w wielu ośrodkach badawczych na świecie podjęto intensywne badania nad opracowaniem materiałów zastępczych i wyznaczono terminy całkowitej eliminacji ołowiu z różnych dziedzin techniki. Przykładowo rok 2006 jest ostatecznym terminem wprowadzenia lutów bezołowiowych do elektroniki.

W roku 1995 połączony zespół US Navy, Air Force, US Army i FBI rozpoczął badania nad nietoksyczną amunicją. Obecnie US Army dokonuje wymian rdzeni ołowiowych w pociskach amunicji kalibru 5,56 mm. W roku 2001 na samą procedurę wymiany pocisków z rdzeniami ołowowymi wydano kwotę 20 mln. dolarów. Armia Amerykańska zużywa rocznie 700 milionów pocisków małokalibrowych, w których jest kilkaset ton ołowiu. Ponieważ ołów zanieczyszcza ziemię i powierzchnie wodne US Dep. of Defence wydał na rekultywację gruntów 9 mln. dolarów, a ponad 100 poligonów jest lub będzie w najbliższym czasie zamkniętych z powodu zanieczyszczenia ich ołowiem. Podobny problem dotyczy strzelnic sportowych. Od kilku lat na terenie Stanów Zjednoczonych i Kanady istnieje zakaz stosowania pocisków z rdzeniami ołowowymi.

W pracy przedstawiono propozycję zamiany ołowiu stosowanego na rdzenie pocisków amunicji małokalibrowej nowymi materiałami określonymi w literaturze jako ekologiczne. Omówiono dwa rodzaje zamienników ołowiu materiałami o budowie kompozytowej.

Jednym z nich jest kompozyt żywicy termoutwardzalnej i proszku wolframowego, drugim kompozyt z osnową metalową na bazie proszku wolframu i cyny. Podano zalety obu proponowanych zamienników oraz omówiono technologię ich wytwarzania.

Przedstawiono wyniki badań wpływu ciśnienia prasowania na gęstość i porowatość kompozytu polimerowego. Dla kompozytu z osnową metalową przedstawiono wyniki badań wpływu zawartości cyny na gęstość, porowatość i własności mechaniczne otrzymanego materiału

### **Wnioski**

Na podstawie przeprowadzonych badań należy stwierdzić, że możliwe jest uzyskanie ekologicznych materiałów które mogą być stosowane na rdzenie pocisków amunicji małokalibrowej. Materiały te posiadają tę przewagę nad innymi dotychczas proponowanymi zamiennikami, że zastosowanie ich nie wprowadza zmian w parametrach techniczno-użytkowych amunicji.

Do zalet tych materiałów należy zaliczyć:

- ekologiczną obojętność do otoczenia w stosunku do amunicji konwencjonalnej
- identyczność cech użytkowych amunicji zawierającej takie rdzenie pod względem balistyki wewnętrznej zewnętrznej i końcowej (prędkość, ciśnienie tor lotu, działanie w celu).
- możliwość uzyskiwania w dość szerokim zakresie dowolnej masy pocisku bez konieczności wymiarów zewnętrznych pocisku.
- brak konieczności zmian w konstrukcji broni tj. nastaw, celowników, układów dosyłających itp.
- możliwość uzyskiwania materiału o założonej gęstości i wytrzymałości rdzenia.
- łatwy dobór technologii wytwarzania takich materiałów (prasowanie lub spiekanie) w zależności od poziomu technicznego producenta.

### **Abstract**

Alloy lead with 2.5% antimony is universally material for bullet cores. Over the last decade, increasing attention has been paid to harmful influence of lead on living organisms, and susceptibility offload to become accumulated in human bodies. Paper present the concept of a lead substitute and research two types of containing tungsten a composite materials with thermosetting resin and metallic matrix. Laboratory research confirms that both types composites may be used as new material for bullet cores.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam JACKOWSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **WPLYW WARUNKÓW PRZYGOTOWANIA MIESZANKI PROSZKOWEJ W – Sn NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI WYPRASEK**

### **INFLUENCE OF THE CONDITIONS OF THE W – Sn POWDER MIXTURE PREPARATION ON SELECTED CHARACTERISTICS OF THE GREENS**

**Adam JACKOWSKI**

Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna,  
Institute of Electromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Geneza pracy oparta jest na dwóch przesłankach. Pierwsza z nich związana jest ze znanymi na świecie tendencjami do zmniejszenia bądź wyeliminowania ołowiu z konstrukcji urządzeń technicznych. Wynikają one z faktu niezwykle wysokiej toksyczności tego metalu i jego trującego wpływu na człowieka i inne organizmy żywe. W ostatnich latach XX wieku w technice pojawiły się nowe materiały zastępujące ołów w użytkowanych i nowo konstruowanych wyrobach przemysłowych. Tymi materiałami są metale, ich stopy i kompozyty, w których zazwyczaj nośnikiem masy jest wolfram z metalicznymi dodatkami stopowymi lub składnikami spełniającymi rolę lepiszcza. Problem ołowiu ma swe odniesienie wojskowe. Mianowicie, w wielu krajach podjęto i zakończono sukcesem próby zastąpienia go w pociskach.

Stosowane są w nich materiały bezołowiowe, wśród których najbardziej obiecującym są kompozycje zawierające wolfram i cynę (W – Sn). Do wytwarzania takich kompozycji wykorzystuje się uproszczone procesy metalurgii proszków, w których konsolidacja składników mieszanki proszkowej następuje w fazie prasowania. Zastosowanie wymienionej metody jest drugą przesłanką tematu pracy..

W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu sposobu i czasu mieszania kompozycji proszkowej o składzie 57,2 % wag. wolframu i 42,8 % wag. cyny na gęstość i porowatość otrzymywanych z niej wyprasek. Badania mieszania przeprowadzono stosując następujące mieszalniki: wibracyjny, obrotowy bębnowy oraz łopatkowy. Z wykonywanych mieszanek pobierano próbki proszku po 0,5; 1; 2; 4 i 6 godzinach mieszania. Z próbek proszku wykonywano metodą osiowego jednostronnego prasowania pod ciśnieniem 600 MPa cylindryczne próbki o wymiarach  $\Phi 8 \times 12$  mm. Oznaczono gęstość i porowatość próbek. Największą gęstość uzyskano dla próbek z mieszanek wykonywanych w mieszalniku łopatkowym. Wynosiła ona średnio  $9,95 \text{ g/cm}^3$ .

#### **Wnioski**

1. Sposób przygotowania mieszanki zawierającej proszki wolframu i cyny wpływa na gęstość i porowatość wyprasek. Najlepsze efekty uzyskiwane są przy zastosowaniu mieszalnika łopatkowego;

2. Na podstawie wyników próby prasowania można przyjąć, że w przypadku mieszania w mieszalniku łopatkowym właściwości wyprasek nie zależą od czasu trwania procesu. Już po półgodzinnym mieszaniu następuje stabilizacja właściwości wyprasek a dalszy wzrost czasu mieszania nie wpływa istotnie na ich zmiany;
3. Właściwości wyprasek otrzymywanych z proszków poddawanych mieszaniu wibracyjnemu i w obrotowym bębnie zależą od czasu mieszania. Obserwuje się wzrost gęstości i spadek porowatości wyprasek wraz ze wzrostem czasu mieszania.

W badanym przedziale czasu mieszania nie występuje efekt stabilizacji wyznaczanych właściwości wyprasek;

W pracy skupiono się jedynie na problemie wyboru sposobu mieszania przyjmując jako kryterium porównawcze gęstość wyprasek. Nie mniej istotnym w zastosowaniu kompozytów i spieków bezołowiowych do amunicji jest uzyskanie materiału o kontrolowanym, powtarzalnym rozkładzie jego składników w całej objętości produktu finalnego. Kryterium jednorodności ma swój oczywisty związek z procesem przygotowywania mieszanki. Wymaga to dalszych badań.

Zaobserwowane podczas badań mieszania efekty aglomeracji cząstek cyny i wolframu mogą być podstawą do podjęcia prób nad kontrolowanym otrzymywaniem takich aglomeratów uzyskiwanych w wyniku mechanicznego otaczania.

#### **Abstract**

The researches results of the influence of the method and time of the mixing powders composition on density and porosity of the greens are presented in this paper. The powder mixture containing 57 % w/w of the tungsten and 42,8 % w/w of the tin was used. The researches were carried out using following mixers: vibratory, rotating drum and shoulder. The powder samples after 0,5; 1; 2; 4 and 6 hours of mixing were collected. The cylindrical samples on diameter of 8 mm and height of 10 mm from powders samples were made by compaction. The density and porosity of the samples were determined. On the basis of these researches the mixing method dependence on greens density was found. The samples which were mixing in shoulder mixer had the greatest density. They had density about 9,95 g/cm<sup>3</sup>. The density dependence on mixing time was observed in case of the powders mixing using vibratory and rotational drum mixers. The density increased together with increasing of mixing time. In case of mixing using shoulder mixer, at range of the test time, density do not depend on mixing time.

#### **Conclusion**

Presented in this paper researches results make possible to formulate following conclusions:

1. Method of the tungsten and tin powders mixture preparation affects density and porosity of the greens. For mixing using shoulder mixer the best results were obtained;
2. In case of mixing by shoulder mixer the selected characteristics of the greens do not depend on mixing time it was found on the basis of the test compaction;
3. In case of mixing by vibratory and rotating drum mixer the selected characteristics of the greens depend on mixing time. The increase of the density together with increasing mixing time was found.

Recenzent:

prof. dr hab. inż. Edward WŁODARCZYK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **FINITE ELEMENT MODELLING OF THE HEAT TRANSFER IN A GUN BARREL DURING SHOTS**

### **MODELOWANIE PROCESU WYMIANY CIEPŁA PODCZAS STRZAŁU W LUFIE BRONI PALNEJ Z WYKORZYSTANIEM METODY ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH**

**P-H VANCATER<sup>1</sup>, I.BASTIN<sup>2</sup>, M. PIRLOT<sup>3</sup>, J.VANTOMME<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Royal Military Academy, Civil Engineering Department, Brussels, Belgium  
Katedra Inżynierii Lądowej, Królewska Akademia Wojskowa, Bruksela, Belgia

<sup>2</sup>FN Herstal, S.A, Herstal, Belgium

<sup>3</sup>Royal Military Academy, Department of Weapon Systems & Ballistics, Brussels, Belgium  
Katedra Systemów Uzbrojenia i Balistyki, Królewska Akademia Wojskowa, , Bruksela, Belgia

#### **Abstract**

This paper reports on the validation of a numerical model used to predict the temperature history in the barrel of a small arm during burst fire. The paper focuses on the presentation of a formulation for instantaneous heat transfer between propellant gases and gun barrel based on single-shot experimentally determined input data, and its validation. A forced convection boundary condition at the inner surface of the barrel is determined by carrying out an internal ballistic analysis, followed by a heat transfer analysis in a finite element model to fit the convection coefficient and to evaluate the temperature field in the gun. The results of this model are compared to measurements realized on a 7.62 mm gun machine. The accuracy of the correlation between the measurements and the model seems to be function of the examined location on the gun.

#### **Conclusions**

This paper reports on the validation of a forced convection finite element model used to predict the rise of the barrel temperature on a 7.62 mm machine gun during a burst fire. The convective heat transfer coefficient used in the model is determined by a single shot temperature measurement and a fitting process. The presented forced convection finite element model (FCFEM model) is performed in the ANSYS environment. This facilitates the exploitation and the understanding of the interaction of the process parameters and will allow future thermal-stress coupled-field analysis.

The first results show that both the implementation of the forced convection model (FCM model) in the ANSYS environment and the modeling of a burst in this environment are realistic as well as the used thermal properties. The poor correlation at the position of thermocouple No1 can be explained by the complexity of the heat transfer near the chamber. In order to fully validate the model, more experiments are needed at other positions along the gun.

The model has also to be compared to measurements during more “realistic” burst events. For this purpose external thermocouples have to be used. Indeed, as shown in figure 6, it is difficult to maintain the contact between internal thermocouples and gun surface during relative long bursts.

It will also be interesting to compare the FCFEM model with the model proposed in reference [7] and [8] taking into account the rapid expansion of the gas.

It must be observed that the model has been fitted especially to simulate heat transfer in a 7.62 mm gun barrel. The  $n$  parameter intervening in the expression of the convection coefficient, equation (8), will certainly be different for other calibers. The second parameter intervening in the expression of the convection coefficient, the B parameter, is defined by an inverse method. The experimental measurements on one shot are used to fit this parameter. The advantage of this method is that the imposed heat input takes into account all the secondary effects that create a heat transfer into the internal barrel wall and that are difficult to model, such as for example the friction of the bullet against the barrel bore [2]. But on the other hand, an experimental measurement is needed. As explained in paragraph 1 of this paper, the long term goal is to investigate the applicability of new materials in the manufacture of the barrels. Experimental measurements and thus an instrumented barrel for each new material is not a realistic solution. Nevertheless, the convective heat transfer coefficient used to model the heat transfer, is independent of the barrel characteristics. This coefficient only depends on the caliber and the gas properties, which are function of the propellant properties. This assumption has to be confirmed by experiments on a multilayer gun barrel using same charge characteristics.

### **Streszczenie**

W referacie przedstawiono informacje na temat procesu sprawdzania zgodności modelu numerycznego do przewidywania profilu temperatury w lufie broni strzeleckiej podczas strzelania. Skoncentrowano się na zaprezentowaniu formuły dla chwilowej wymiany ciepła pomiędzy gazami prochowymi i lufą broni palnej, bazującej na danych otrzymanych podczas pojedynczego strzału. Wymuszone warunki wymiany ciepła na powierzchni wewnętrznej lufy zostały określone poprzez wykonanie analiz balistyki wewnętrznej oraz idących w ślad za tym analiz wymiany ciepła w modelu elementów skończonych, w celu dopasowania współczynnika konwekcji i oceny pola temperatury w lufie. Wyniki modelowania są porównywalne z pomiarami temperatury lufy 7,62 mm karabinu maszynowego.

Reviewer:

dr hab. inż. Andrzej PANAS (Military University of Technology, Warsaw)

## **GATLING CANNON DYNAMICS**

### **DYNAMIKA DZIAŁA GATLINGA**

**Jiri BALLA**

Weapon Systems Department, Brno Military Academy, Czech Republic  
Katedra Systemów Uzbrojenia, Akademia Wojskowa, Brno, Czechy

#### **Abstract**

In 1861 Richard Jordan Gatling (1818 – 1903) introduced, a weapon with several barrels grouped together that rotated by means of a hand crank with each barrel firing in turn. In its fully developed state, it was capable of rates of fire approaching 1 000 rounds per minute. Within 30 years, this type of weapon was superseded by the self-powered, single-barrelled machine-gun. However, 80 years later this idea became the basis of a group of externally-powered automatic weapons with very high rates of fire known as the Gatling system.

An education process demands to show how the Gatling weapon works. The paper deals with an using of electric drive for 12,7 mm Gatling machine gun. The accelerating process is made by means a torsion spring and an electric motor.

#### **Conclusions**

The choice of a gas operated gun or whether an externally powered weapon should be selected over a gas operated one, is not the superiority of one type over another but rather the tactical purpose of each type. For small caliber machine guns, cal .30 and .50, firing the rate of about 1000 rp, the cut-off expansion or expansion types are appropriate. Rate of fire within limits is controlled by design detail. Everything being equal, the expansion type should be faster; its gas port is never sealed off from the bore gases.

High rates of fire for large caliber machine guns, cal.60 and above, are generally not feasible for the single chambered type. Long bolt travel for loading and extracting consumes too much time for high cyclic rates. The gatling gun restores the large calibers to the high firing rate category. The gatling guns are consigned to external drives and normally have the highest sustained rate of fire of all machine gun.

#### **Streszczenie**

Wybór systemu działania broni na współczesnym polu walki powinien zależeć od jej przeznaczenia taktycznego. Dla karabinów maszynowych małego kalibru (.30 i .50) strzelających z szybkostrzelnością ponad 1000 strz./min. stosuje się systemy z odprowadzeniem gazów prochowych, a szybkostrzelność jest ograniczona konstrukcją części. Duże szybkostrzelności strzelania dla karabinów maszynowych o większym kalibrze (>.60) nie są osiągalne dla broni o jednej komorze nabojoyej, gdyż długa droga zamka przy ładowaniu i rozładowaniu pochłania zbyt dużo czasu. System Gatlinga pozwala przywrócić dużym kalibrom dużą szybkostrzelność. Artykuł dotyczy zastosowania elektrycznego napędu w 12,7 mm karabinie maszynowym Gatlinga

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI (Military University of Technology, Warsaw)

## **DESIGN OF ROCKET MOTOR CHARGED WITH SOLID PROPELLANT STAR GRAIN**

### **PROJEKT SILNIKA RAKIETOWEGO NA PALIWO STAŁE ELABOROWANEGO ZIARNEM Z KANAŁEM W KSZTAŁCIE GWIAZDY**

**Pavel KONEČNÝ**

Military Academy in Brno, Faculty of Military Technologies, Czech Republic  
Wydział Techniki Wojskowej, Akademia Wojskowa, Brno, Czechy

#### **Abstract**

At present time there are a lot of possible methods of Solid Propellant Rocket Motor (SPRM) design. The aim of this paper is to present method of design that serves for more accurate determination of ballistic, weight and geometric characteristics SPRM for chosen tactical and technical requirements. Such method can be effectively used for design of SPRM used for transportation of given effective payload (i.e. rocket warhead) to the target in determined maximum range, or which will accelerate given payload to required final velocity.

#### **Conclusions**

From the solved examples it is obvious that the SPRM design carried out by method introduced is greater accuracy due to using more accurate method of the fire range determination. The maximum fire range obtained from checking calculation of the trajectory after termination the design is very near to the required fire range.

The rocket motor ballistic design is considered as preliminary design. Therefore the rocket and rocket motor design can be gradually improved in the consequential steps of the rocket project.

#### **Streszczenie**

Obecnie znanych jest wiele metod projektowania silnika raketowego na paliwo stałe (SRPS). Celem pracy jest zaprezentowanie metody projektowania, która służy do bardziej dokładnego określenia charakterystyk balistycznych, masowych i geometrycznych SRPS pod wybrane wymagania taktyczno-techniczne. Metoda ta może być efektywnie wykorzystana podczas projektowania SRPS przeznaczonego do przetransportowania znanego ładunku użytecznego (np. raketowej głowicy bojowej) do celu określonego maksymalnym zasięgiem lub przyspieszanego do wymaganej prędkości końcowej. Do rozpoczęcia procesu rozwiązania problemu niezbędnym jest przyjęcie koncepcji konstrukcji rakiety. Wymagania taktyczno-techniczne muszą zawierać oprócz wspomnianych zasad również sposób lotu rakiety do celu (np. rakiet kierowana lub niekierowana), wymagania co do przyspieszenia rakiety, użycia konwencjonalnych materiałów konstrukcyjnych na poszczególne części itp.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI (Military University of Technology, Warsaw)

## **THE ANALYSIS OF THE SEALING RING OF THE CHAMBER GUN USING FINITE ELEMENTS METHOD**

### **ANALIZA PIERŚCIENIA USZCZELNIAJĄCEGO KOMORY NABOJOWEJ Z WYKORZYSTANIEM METODY ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH**

**Peter KÁPOLKA, Michal SEMÁNEK, Peter LISÝ**

Faculty of Logistics, Military Academy at Liptovský Mikuláš, Slovak Republic  
Wydział Logistyki, Akademia Wojskowa, Liptowski Mikulas, Słowacja

#### **Abstract**

In this contribution are presented the results of dynamic analysis of the sealing ring of the chamber gun using the software based on FEM. These analyses are processed for two modifications geometry of the external thickness surface of the sealing ring. The model is presented, its constraints, loading, material and method of solution.

#### **Conclusions**

For the comparison of an supposed sealing ability of the analysed structural elements are decisive the courses of displacements, like supposed deformations, while decisive is the comparison already superponed YZ courses, that means courses in the radial way.

Based on the achieved results we can state, that in consequence of the real assumption of occurrence of the stated character of deformation of the sealing areas – uneven deformation in consequence of superposition of the own forms for the individual own frequencies – it is not possible to reach neither by keeping of the demand of maximum symmetry of the even sealing effect. However, it is possible to assume, that the occurrence of local maximums (minimums) will be always in the same place for the given positioning of the seal in the gun chamber.

The consequences of presented unkind influences is not possible to eliminate for the given structural solution, they can be only minimized. A real solution of the presented problem is the determination of the interval of rotation of the sealing ring in the gun chamber.

#### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono analizę dynamiczną pierścienia uszczelniającego komory naboowej z wykorzystaniem oprogramowania bazującego na metodzie elementów skończonych. Powyższe analizy przeprowadzono dla dwóch zmodyfikowanych geometrycznie zewnętrznych powierzchni pierścienia uszczelniającego. Zaprezentowano model, jego ograniczenia oraz metodę rozwiązania.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Radosław TRĘBIŃSKI (Military University of Technology, Warsaw)

## THE MODAL ANALYSIS OF THE PISTON IN THE COMBUSTION ENGINE

### ANALIZA MODALNA TŁOKA W SILNIKU SPALINOWYM

**Peter DROPPA, Milan MLYNARČÍK, Peter KÁPOLKA**

Faculty of Logistics, Military Academy at Liptovský Mikuláš, Slovak Republic

Wydział Logistyki, Akademia Wojskowa, Liptowski Mikulas, Słowacja

#### Abstract

The overwhelming majority of components in engines during the running is strained by time variable forces and temperatures, which have the character of repeated effects. If the material for component production is chosen improperly, if the component during the running is overloaded to the original assumptions or the construction of components does not have the proper form, the first symptoms of damage in critical points can appear after a certain time of running. If these symptoms are not identified in time, they could later cause a breakdown of components or whole engine. For that reason in last years it is considered to be necessary to analyse structural elements before the introduction to production itself, or when planning of modernisation, using computer technology with appropriate software support.

In this article are presented the results of the modal analysis of the piston in the combustion engine V 46.6 of the tank T 72, using software based on FEM. A model is presented, its constraints, material and method of solution. For the solution was used the integrated system Pro/E – Pro/M

#### Conclusions

For the examination of the possible formation of deformations in consequences of occurrence of own frequencies of the analysed structure elements are decisive the courses of displacements, or supposed deformations, while decisive is the comparison already superposed XZ courses, that is the courses in radial way. From the stated analyses follows the fact, that the possibility of occurrence of uneven deformation of pistons in process of running of a combustion engine, can be really assumed. For a more detailed analysis of stated influences on punishment of piston rings and piston chamber fillings, it is necessary to realise a further more extensive complex, not only of the modal, but also dynamic analyses with the superposition of the pressure and temperature loading.

#### Streszczenie

W artykule zaprezentowano wyniki analizy modalnej tłoka w silniku spalinowym V 46.6 czołgu T 72 z wykorzystaniem oprogramowania bazującego na metodzie elementów skończonych. Zaprezentowano model, jego ograniczenia oraz metodę rozwiązania w której został wykorzystany zintegrowany system Pro/E-Pro/M.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Radosław TREBIŃSKI (Military University of Technology, Warsaw)

## COMPARISON OF REBOUND THEORIES

## PORÓWNANIE TEORII ODRZUTU

Kateřina BRABCOVÁ, Martin MACKO

Military Academy in Brno  
Akademia Wojskowa, Brno, Czechy

## Abstract

Arm motion at shot greatly affect accuracy of shooting. If we want to eliminate it, we have to know it first. Our goal then has to be foundation of function  $F(x, \dot{x}, \ddot{x}, t)$  which is describing positron  $x$ , velocity  $\dot{x}$  and acceleration  $\ddot{x}$  of any arm point at any time moment  $t$  of shot. If we want to create a mathematical model of arm motion we must necessarily take into account so-called impuls of shot force, which is sometimes also called *rebound*. There are various theories for solving so called rebound problem described in the report. Rebound is a traditional concept used in weapon theories but it is impossible to define it physically. More accurately concept is impulse of shot force, but also this concept is defined unlikely by various authors.

The goal of the report is to compare various interpretations of rebound and to recommend its most exact formulation.

## Conclusions

Apparently, confrontating we can find several differences:

- ☐ impulse of force  $I$  isn't always understood like *time effect of force*  $F$ , but also as a work of this force done at recoiling parts,
- ☐ sometimes period of additional effect of propellant gases is not under consideration and that is why we get lower total value of impulse of shot force  $I$  than it is in fact,
- ☐ accelerating force  $F$  is often proportional only to inside - ballistic pressure  $p$ ,
- ☐ at most of authors component of resistance against projectile motion in barrel force is missing; that is why we get higher total value of impulse of shot force  $I$  than it is in fact.

Doc. Čech defines impulse of shot force most precisely, therefore we recommend to use his above - mentioned relations in case, that arm motion at shot is solved.

## Streszczenie

Jest wiele teorii pozwalających rozwiązać tzw. problem odrzutu. Odrzut jest tradycyjnym pojęciem stosowanym w ujęciu teoretycznym pracy broni, ale jest niemożliwym zdefiniowanie go pod względem fizycznym. Celem prezentowanej pracy jest porównanie różnych interpretacji odrzutu i zarekomendowanie jego najbardziej właściwego opisu.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI (Military University of Technology, Warsaw)

## **THE HUNGARIAN KGP-9 SUBMACHINE GUN**

### **WĘGIERSKI PISTOLET MASZYNOWY KGP-9**

**László FECSÓ, Géza GÓRÁSZ**

Department of Weapon Systems of Bolyai János Military Technical College  
Faculty of Zrínyi Miklós National Defence University  
Katedra Systemów Uzbrojenia, Uniwersytet Obrony Narodowej, Budapeszt, Węgry

#### **Abstract**

At the beginning of 21st century, the Hungarian Armed Forces did not have any kind of submachine guns in its service. By the time the Hungarian Armed Forces joined NATO in 1999, its role changed significantly which required it to need a new type of gun. Despite the fact that the Hungarian 9mm KGP-9 submachine gun was created in the 1980s, it was only at the turn of this century that it was officially introduced.

#### **Conclusions**

The gun is extremely precise in comparison to similar weapons, especially during automatic fire. Due to a high rate of fire, it is impossible to fire less than three or four shots at one time. This is due to the fact that the weapon empties its 25 round magazine in 1.3 seconds. This means that gun can be fired at a rate of 900-1100 rpms.

The KGP-9 submachine gun is ideal for Close Quarter Battle due to its high rate of fire and its accuracy, which cannot be said of any AK versions. This weapon could be used when higher performance weapons are not needed or are not available.

With the introduction of the KGP-9 in the Hungarian Armed Forces, the 9x19 mm NATO cartridge have been adopted by our Civilian Police and Military Forces.

#### **Streszczenie**

Na początku XXI wieku Siły Zbrojne Węgier nie dysponowały żadnym rodzajem pistoletu maszynowego. Jednak z chwilą wejścia w 1999 r. Sił Zbrojnych Węgier do struktur NATO znacząco zmieniła się ich rola i pojawiło się zapotrzebowanie na ten typ broni. W latach 80-tych zaprojektowano 9 mm pistolet maszynowy KGP-9 i w chwili obecnej zostaje on oficjalnie wprowadzony na uzbrojenie. Artykuł prezentuje dane taktyczno-techniczne pistoletu maszynowego KGP-9.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Military University of Technology, Warsaw)

## KONSTRUKCJE PRZEKŁADKOWE STOSOWANE W LOTNICTWIE – CECHY SZCZEGÓLNE I SPECYFIKA OBLICZEŃ

### SANDWICH STRUCTURES APPLICATION IN AIR VEHICLES – MAIN FEATURES AND CALCULATIONS

**Bogusław MROZEK**

Instytut Techniki Lotniczej, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Aviation Technology, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### Streszczenie

Konstrukcja przekładowa (trójwarstwowa typu „sandwich”), składa się z trzech połączonych nierozłącznie warstw. Dwóch cienkich zewnętrznych zwanych okładzinami, pomiędzy którymi znajduje się trzecia, stosunkowo gruba i lekka warstwa zwana rdzeniem. Okładziny wykonywane są z materiałów o dużej sztywności (stal stopy aluminium, materiały kompozytowe) natomiast cechą rdzenia jest lekkość i niska wytrzymałość (pianka poliuretanowa, wypełniacz ulowy). Konstrukcje takie znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle lotniczym, ale także w wielu innych dziedzinach techniki. Wiele elementów konstrukcyjnych samolotu takich jak:

- elementy pokrycia kadłubów samolotu
- części spływowe łopat śmigłowca
- pokrycia skrzydeł
- powierzchnie sterowe
- kadłuby silników
- stateczniki poziome i kanardy
- drzwi, luki i włazy
- podłogi w płatowcach

- wewnętrzne elementy zabudowy np. ścianki działowe wydzielonych pomieszczeń są z punktu widzenia obliczeń wytrzymałościowych płytami lub powłokami przekładowymi najczęściej o zmiennej grubości. Masa tych elementów, co w lotnictwie jest szczególnie istotne, w stosunku do klasycznych rozwiązań jest o 30...50% niższa.

Jednym z podstawowych zagadnień modelowania zachowania się takich struktur w obliczeniach rzeczywistych konstrukcji jest identyfikacja własności mechanicznych materiału przekładowego czyli materiału niejednorodnego, a w szczególności materiałów stosowanych na rdzenie. Jednym z głównych rodzajów materiału stosowanego na rdzeń jest wypełniacz komórkowy typu plaster miodu wykonany zwykle z folii aluminiowej.

W pracy przedstawiono zakres zastosowania konstrukcji przekładowych trójwarstwowych w budowie samolotów i śmigłowców. Podano ich podstawowe cechy geometryczne i wytrzymałościowe mające istotny wpływ na sposób ich wykorzystania. Zawarty został przegląd metod analitycznych pozwalających na szybkie określenie modułów sprężystości poprzecznej wypełniacza.

Uzyskane wyniki wykorzystano do ustalenia charakterystyk statycznych całego materiału przekładkowego na przykładzie płyty wspornikowej korzystając z metody elementów skończonych. Wskazano na możliwość wykorzystania metody jako wsparcie procesu napraw uszkodzonych elementów eksploatowanych statków powietrznych

#### **Wnioski**

1. Przedstawione w referacie metody wyznaczania modułów sprężystości poprzecznej rdzeni komórkowych pozwalają na określenie tych podstawowych parametrów rdzenia na podstawie znajomości geometrii komórki oraz materiału z jakiego jest wykonany.
2. Wielkości modułów sprężystości poprzecznej rdzenia komórkowego wyznaczone metodami opisanymi w punktach 2.1 , 2.3 , 2.4 , dają w efekcie końcowym, z uwagi na niejednorodność materiału płyty przekładkowej, bardzo mało różniące się wyniki ugięć poprzecznych. Największą różnicę wyników wykazuje wykorzystanie wielkości określonych metodą opisaną w punkcie 2.2.
3. Opisane zagadnienie pozwala na efektywne i szybkie wyznaczenie niezbędnych wielkości wejściowych do dalszych obliczeń konstrukcji przekładkowych zarówno w zakresie statycznym jak i dynamicznym już istniejących elementów konstrukcyjnych płatowca samolotu czy też śmigłowca. Jest to bardzo istotne wobec braku tych danych dla eksploatowanych statków powietrznych, i stanowi przyczynek do procesu odtwarzania ich cech wytrzymałościowych. Stanowi też podstawę teoretyczną do określenia czy rozmiar uszkodzenia kwalifikuje się jeszcze do przeprowadzenia naprawy elementu czy też wymaga wymiany całego zespołu na nowy.

#### **Abstract**

This paper presents the application range of sandwich structures in aircraft and helicopters. Fundamental geometric features and strength characteristics were formulated. The review of analytical methods enables the fast evaluation of shear modulus for the core was made. The results were used to further evaluation of sandwich structure static behaviour – cantilever plate and finite element method were employed. There is possibility of using this method in mending process of damaged parts of air vehicles.

Recenzent:

dr hab. inż. Grzegorz KOWALECZKO (Wojskowa Akademia Techniczna)

## FATIGUE CRACK PROPAGATION AND LIFE OF Mg-ALLOY AZ63HP UNDER HIGH-FREQUENCY CYCLIC LOADING

### ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ PEKNIĘCIA ZMĘCZENIOWEGO I TRWAŁOŚĆ ZMĘCZENIOWA STOPU MAGNEZU AZ63HP POD WPŁYWEM OBCIĄŻENIA CYKLICZNEGO O DUŻEJ CZĘSTOTLIWOŚCI

**Mariana KUFFOVÁ\*, Vladimír BELLA\*\*,**

\* Department Materials Engineering, University of Žilina, Žilina, Slovak Republik  
Katedra Inżynierii Materiałowej, Uniwersytet w Żylinie, Słowacja

\*\* Department Mechanical and Machine Parts, Military Academy, Liptovský Mikuláš,  
Slovak Republik

Katedra Mechaniki i Części Maszyn, Akademia Wojskowa, Liptovský Mikuláš, Słowacja

#### Abstract

Fatigue failure of construction materials is the dominant failure in the area of ultimate states. The optimal choice of suitable construction material for particular component, construction requires the complex knowledge of fatigue resistance. Fatigue properties of construction materials can be obtained at low-frequency loading (frequency  $f \leq 2\text{ kHz}$ , usually to 200 Hz) or at high-frequency loading ( $f \approx 20\text{ kHz}$ ). Using very high-frequencies offers a possibility to investigate the fatigue properties of different construction materials in a very economic way (e. g. using loading frequency  $f = 20\text{ kHz}$  to determine  $N_C = 10^9$  cycles it is necessary cca 14 hours while using frequency  $f = 50\text{ Hz}$  it is cca 232 days). Magnesium alloys are the lightweight metallic materials group with wide using especially in the field of transportation (automotive, aircraft, rail applications, ...) Mg-alloys have low specific weight, high strength, specific weight ratio, good casting and machining properties. Several Mg-alloys components have to survive up to one billion load cycle and the high cycle fatigue properties of these materials are therefore of great interest.

In this work there were investigated the fatigue crack propagation and life of Mg-alloy AZ63HP at high- frequency cyclic loading (frequency  $f \approx 20\text{ kHz}$ , temperature  $t = 20 \pm 10^\circ\text{C}$ , alternating, symmetric tension - pressure, loading cycle asymmetry  $R = \pm 1$ ) in the field of high number of cycles from  $N = 6 \cdot 10^5$  cycles to  $N = 1 \cdot 10^9$  cycles.

#### Conclusions

The stress amplitude  $\sigma_a$  and growing number of cycles  $N$  was determined for Mg-alloy AZ63HP in the region from  $N = 6 \cdot 10^5$  cycles to  $N = 1 \cdot 10^9$  cycles. From the data shown in Fig. 3 are observed the of casting, relatively high scatter of results caused by structural heterogeneities (casting defects...).

There were observed the main crack with slip bands (Fig. 4a, mag. 100x), main crack branching ( Fig. 4 b, mag. 100x), main crack branching and crack coalescence (Fig. 4c, mag. 100x ), secondary cracks and secondary cracks branching (Fig. 4d,  $\perp$  on the main crack, mag. 100x) and the main crack steps Fig. 4e, Fig. 3 f, detail, mag. 200x.

### **Streszczenie**

Stopy magnezu należą do grupy metali o małej gęstości i są szeroko stosowane w środkach transportu m.in. w samolotach i pojazdach szynowych, gdzie są narażone na duże obciążenia. Właściwości zmęczeniowe tych materiałów konstrukcyjnych są możliwe do wyznaczenia przy obciążeniach o niskiej częstotliwości ( $f \leq 2\text{kHz}$ , zwykle do 200 Hz) lub przy obciążeniach o dużej częstotliwości ( $f \approx 20\text{ kHz}$ ). Zastosowanie obciążeń o dużej częstotliwości umożliwia przeprowadzenie badań właściwości zmęczeniowych różnych materiałów konstrukcyjnych w znacznie krótszym czasie, np. dla  $f = 20\text{ kHz}$  przy  $N = 10^9$  cyklach obciążeniowych zajmuje to ok. 14 godzin, podczas gdy przy  $f = 50\text{ Hz}$  około 232 dni. W prezentowanej pracy przedstawiono rezultaty rozprzestrzeniania się pęknięcia zmęczeniowego i trwałości zmęczeniowej wyznaczonych pod wpływem obciążenia cyklicznego o dużej częstotliwości ( $f = 20\text{ kHz}$ , temperatura  $20 \pm 10^\circ\text{C}$ , asymetria obciążenia  $R = \pm 1$ ) w zakresie dużej liczby cykli  $N = 6 \times 10^5 \div 10^9$ .

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Edward WŁODARCZYK (Military University of Technology, Warsaw)

## **WPLYW SPRĘŻANIA TECHNOLOGICZNEGO NA STAN NAPRĘŻENIA W DŹWIGARACH SKRZYNKOWYCH SUWNIC**

### **THE EFFECT OF THE TECHNOLOGICAL PRESTRESSING ON THE STRESS STATE IN BOX GIRDERS OF TRAVELLING CRANES**

**Stanisław DZIK, Stanisław WOLNY**

Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Akademii Górniczo – Hutniczej w Krakowie

Faculty of Mechanical Engineering and Robotics, University of Mining and Metallurgy,  
Cracow, Poland

#### **Streszczenie**

Dźwigary skrzynkowe suwnic pomostowych ulegają podczas eksploatacji urządzeniu trwałym odkształceniom. Odkształcenia te narastają wraz z okresem eksploatacji tych suwnic. Mogą nimi być ugięcia pionowe, równoległe przemieszczenia pionowe pasów – lub poziome, równoległe przemieszczenia środników. Zdarzają się niekiedy odkształcenia, w których obserwuje się nie tylko przemieszczenia pionowe czy poziome, ale także może występować obrót przekroju poprzecznego dźwigara.

W przedstawionym referacie autorzy podjęli próbę analizy zaburzeń stanu naprężenia (dystorsji), które są konsekwencją przeprowadzonej regeneracji poprzez sprężanie dźwigarów skrzynkowych suwnic pomostowych. Sprężanie technologiczne przeprowadza się celem wyprostowania dźwigara, który uległ trwałemu odkształceniu w czasie eksploatacji. Przywrócenie „zerowej” strzałki ugięcia możliwe jest przez przyspawanie, w dolnej części dźwigara skrzynkowego nakładek stalowych. Zabieg ten możliwy jest przy wstępnym sprężaniu dźwigara (podbicie) do „zerowej” strzałki ugięcia lub bez wstępnego sprężania. Sprężanie wstępne oraz technologiczne powoduje powstawanie różnych stanów naprężeń, które przedstawione są w niniejszym referacie. Niektóre stany naprężeń zostały wyznaczone przy pomocy pomiarów tensometrycznych.

#### **Wnioski**

Na podstawie rozważań teoretycznych jak i badań eksperymentalnych wyciągnięto następujące wnioski:

1. Na dźwigary nośne w czasie procesu sprężania działają różne stany dystorsji co powoduje kumulację naprężeń.
2. Dźwigary po regeneracji są w stanie działania naprężeń ściskających zarówno w pasach górnych jak i pasach dolnych z tym, że naprężenia we włóknach dolnych są większe i wynoszą około 80 [MPa].
3. W obrębie spoin występują strefy plastyczne w których panuje naprężenie równe granicy plastyczności  $R_e$  o znaku dodatnim (rozciągające).
4. Tak złożony stan naprężenia może mieć wpływ na trwałość eksploatacyjną dźwigarów gdy będą one pod obciążeniem użytkowym, w związku z tym należy kontrolować zachowanie się tych dźwigarów w czasie eksploatacji.

### **Abstract & Summary**

In the presented paper is presented an effort which has been undertaken by the Authors to analyse the disturbance of the stress state (distortion) resulting from the regeneration by prestressing of the box girders of travelling cranes. Technological prestressing is executed to straighten a girder that has been permanently deformed in operation processes. Coming back to the “zero” deflection is possible with the use of steel long plates welded in the bottom part of the girder. This operation is possible to realise with the initial prestressing of the girder (tamping) till the “zero” deflection or without initial prestressing. The initial prestressing as well as technological prestressing results in creation of different stress states which are presented in the paper. Some stress states have been determined in strain gauge measurements.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Aleksander OLEJNIK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **BADANIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE I TRWAŁOŚCIOWE KOLEIN MOSTU TOWARZYSZĄCEGO MS-20. Cz. I STANOWISKO BADAWCZE**

### **STRENGTH AND FATIGUE LIFE TESTS OF MS20 – SUPPORT BRIDGE SECTIONS. PART I: STAND**

**Franciszek KUCZMARSKI\*, Waldemar PŁOCHARZ\*\***

\*Instytut Systemów Uzbrojenia, Wojskowa Akademia Techniczna,  
Institute of Armament Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\*Instytut Budowy Maszyn, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute Mechanical Engineering, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej (i nie tylko) od dłuższego czasu odczuwa się brak mostów towarzyszących na podwoziu kołowym, które umożliwiłyby pokonywanie wąskich przeszkód terenowych o szerokości do 20m. Nośność takiego mostu powinna umożliwiać pokonywanie tych przeszkód przez wszystkie środki transportowe będące na wyposażeniu Sił Zbrojnych. Zakłada się, że pojazdy te nie będą wywoływały obciążenia większego niż 70MLC (z ang. Military Load Class) dla pojazdów gąsienicowych i 110MLC dla zestawów pojazdów kołowych. Taki most, nazwany MS-20 przeznaczony dla pododdziałów inżynierijno-drogowych szczebla taktycznego (ksap BZ, bsap ZT) i operacyjnego (pdm, ppont) opracowuje Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Urządzeń Mechanicznych w Gliwicach we współpracy z Instytutem Systemów Uzbrojenia i Instytutem Budowy Maszyn WAT. W ramach tej współpracy przewidziane są - między innymi - badania wytrzymałościowe i trwałościowe jednej koleiny (w skali 1:1) projektowanego mostu na specjalnym stanowisku badawczym.

W referacie przedstawiono opis budowy i zasadę działania stanowiska do badań wytrzymałościowych i trwałościowych pojedynczej koleiny mostu samochodowego MS-20. Projektowany most ma zapewniać pokonywanie przeszkód wodnych (i terenowych) o szerokości do 20 m przez pojazdy odpowiadające klasie 70MLC(T) (Military Load Class) dla pojazdów gąsienicowych i 110MLC(W) – dla pojazdów kołowych. Przedstawiono schemat konstrukcyjny stanowiska oraz opisano sposób wywoływania obciążenia na badanym zespole. Opisano także układ – hydrauliczny i sterowania stanowiskiem oraz przedstawiono układ pomiarowy wraz z rozmieszczeniem punktów pomiarowych na badanej koleinie mostu.

#### **Wnioski**

Zaprojektowane i zbudowane stanowisko jest unikalnym obiektem w skali kraju i spełnia wymagania wynikające z potrzeb badań wytrzymałościowych i trwałościowych kolein mostów towarzyszących i rozpiętości do 30 m i klasie obciążenia do MLC 90 – dla pojazdów gąsienicowych oraz MLC 120 – dla pojazdów kołowych. Umożliwia ono odwzorowanie obciążenia koleiny mostu samochodowego o kształcie i wielkości odpowiadającym rzeczywistym obciążeniom występującym w tego typu mostach.

Waplewo, 6-8 października 2004 r.

Stanowisko to pozwala na zmianę wielkości obciążenia od stosunkowo małego (nawet zerowego), aż do obciążenia odpowiadającego klasie 110 MLC(T).

Układ sterowania stanowiskiem umożliwia programowanie badań z różnymi poziomami obciążenia, natomiast układ hydrauliczny zapewnia odwzorowanie obciążenia z różnymi prędkościami przejazdowymi środków transportowych po moście.

Na stanowisku może być realizowany pomiar naprężeń, przemieszczeń oraz ciśnień w pożądanej w danej chwili konfiguracji.

Wybrane wyniki pomiarów badań wytrzymałościowych modelu doświadczalnego projektowanego mostu MS-20 pojedynczej koleiny mostu przedstawiono w cz. II referatu.

### **Abstract**

In the paper, a stand and a method of strength and fatigue life tests of a MS20 – Support Bridge section are presented. The elaborated Bridge is due to provide crossing gaps up to 20 m wide by vehicles MLC70 class (track) and MLC110 (wheel). The structure of stand and method of load generation is presented. The hydraulic, control and measurement systems are described.

### **Conclusions**

The designed stand is a unique solution and meets requirements results from strength and fatigue life tests demands of bridge sections with span up to 30 m and load capacity up to 120 tons. In the 2<sup>nd</sup> part of a paper will be presented the results of strength and fatigue life tests of MS20 – Support Bridge section.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Aleksander OLEJNIK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **BADANIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE I TRWAŁOŚCIOWE KOLEIN MOSTU TOWARZYSZĄCEGO MS-20. Cz. II. WYNIKI BADAŃ MODELU WYTRZYMAŁOŚCIOWEGO KOLEINY**

### **STRENGTH AND FATIGUE LIFE TESTS OF MS20 – SUPPORT BRIDGE SECTIONS. PART II. TEST RESULTS OF A STRENGTH MODEL BRIDGE SECTIONS TESTS**

**Franciszek KUCZMARSKI\*, Paweł MARECKI\*, Waldemar PŁOCHARZ\*\***

\*Instytut Systemów Uzbrojenia, Wojskowa Akademia Techniczna,  
Institute of Armament Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\*Instytut Budowy Maszyn, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute Mechanical Engineering, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Przedstawione w referacie badania modelu wytrzymałościowego koleiny mostu samochodowego MS-20 miały na celu określenie obciążenia niszczącego oraz wykrycie słabych węzłów konstrukcyjnych koleiny. Wnioski z badań zostały wykorzystane do wprowadzenia zmian konstrukcyjnych i technologicznych w koleinie oraz opracowania modelu funkcjonalnego przęsła mostu.

#### **Wnioski**

Stwierdzone wartości naprężeń w elementach koleiny nie przekroczyły poziomu dopuszczalnego, tj. 500 MPa. Wyznaczone maksymalne ugięcia koleiny nie przekraczają wartości prognozowanych w obliczeniach numerycznych - tj. ~240 mm. Doświadczalna koleina mostu samochodowego MS 20 uległa zniszczeniu po obciążeniu masą ponad 125 ton, co oznacza, że obciążenie niszczące jest o ponad 130% większe od wymaganego dla przęsła (wynikające ze STANAG-u 2021). Przeprowadzone badania modelu koleiny mostu MS-20 wykazały, że jej struktura wytrzymałościowa zapewnia przenoszenie wymaganych obciążeń eksploatacyjnych.

#### **Abstract**

In the paper, a methodology and some results of a strength investigation MS20 – Support Bridge section model are presented. (The stand is described in Part I). The destructive test of the section is also described.

#### **Conclusions**

The identify stress value into section elements do not exceed allowed level (500 MPa). The evaluated maximal section deflection does not exceed a ferecasted in numerical calculations values. The experimental bridge section was destroyed with load a mass above 125 tonns. It means that the destructive load is 130% higher than a demanded load for this bridge (according to STANAG 2021). The test of strength model MS20 - Support Bridge section shown that a strength structure of section provides demanded load capacity.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Aleksander OLEJNIK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **ANALYSIS OF THE DYNAMIC EQUIVALENT MODEL IN SUPERFINISHING PROCESS OF THE AXLES USING FINITE ELEMENTS METHOD**

### **ANALIZA EKWIWALENTNEGO MODELU DYNAMICZNEGO W PROCESIE DOGLĄDZANIA OSI Z WYKORZYSTANIEM METODY ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH**

**Marian BUNEA\*, Gabriela NEȘTIAN\*\*, Roxana NEDELCU\*, Vasile NASTASESCU\***

\*Military Technical Academy, Bucharest, Romania

Techniczna Akademia Wojskowa, Bukareszt, Rumunia

\*\* Technical University Gh. Asachi of Iasi, Romania

Politehnika, Iasi, Rumunia

#### **Abstract**

The paper presents a dynamic equivalent model in superfinishing process, using Finite Element Method. On the basis of the findings formulated in this paper we can build a global image of the functioning of the over smothering head within the limits of the hypothesis formulated in the paper.

#### **Conclusions**

The analysis of the dynamic response graphically represented in Fig. 4 singles out several findings. First findings, predictable as a result of the qualitative approach refer to the existence of the two resonance frequencies placed in the proximity of  $p_1$  and  $p_2$  frequencies. Nevertheless the most important findings is linked to the way in which the amortization between too bearing head and the vibration influences the movement function of the frequency of the disturbing force. If in low frequencies the influence of amortization is practically negligible as the frequency increase the amortization play an increasing role up to the point of eliminating the second resonance. For an amortization coefficient  $C = 50 \text{ Ns/m}$ . The system vibrates as if it hard a single degree of freedom. Consequently we can say that the viscous amortization between the tool bearing head and the vibrator filters the high frequencies components present in the excitation force.

Since in the working frequencies band the amortization exerts practically no influence the six curves being super imposed, the analysis to be carried out on the cases of the dynamic model completed with the external amortization forces working on  $m_1$  and  $m_2$  masses will consider only the situation in which the internal amortization between the tool bearing heard and the vibrator has coefficient  $C = 200 \text{ Ns/m}$ .

#### **Streszczenie**

Referat przedstawia ekwiwalentny model dynamiczny wykorzystywany w analizie procesu dogładzania z zastosowaniem metody elementów skończonych. Na podstawie danych sformułowanych w referacie zaprezentowano ogólne wyobrażenie na temat funkcjonowania głowicy dogładzającej, przy uwzględnieniu pewnych ograniczeń.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Idzi NOWOTARSKI (Military University of Technology, Warsaw)

## **BADANIA DOŚWIADCZALNE MOŻLIWOŚCI POPRAWY STABILNOŚCI KIERUNKOWEJ MASZYN PRZEGUBOWYCH**

### **THE EMPIRICAL INVESTIGATIONS OF DIRECTIONAL STABILITY IMPROVEMENTS POSSIBILITY OF ARTICULATED TRACTORS**

**Janusz ŁOPATKA\*, Tomasz MUSZYŃSKI\*\*, Tadeusz PRZYCHODZIEN\***

\*Instytut Budowy Maszyn, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Mechanical Engineering, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\*Instytut Systemów Uzbrojenia, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Armament Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Zwiększenie manewrowości i mobilności wojsk wymaga m.in. dysponowania maszynami inżynieryjnymi zdolnymi do rozwijania wysokich prędkości przejazdowych. Ciężkie maszyny inżynieryjne budowane są zwykle na bazie ciągników przegubowych, w których jedną z zasadniczych przyczyn ograniczających możliwości zwiększania prędkości jest zjawisko wężykowania. Przeprowadzone w Instytucie Budowy Maszyn WAT badania tego procesu i wpływu operatora na narastanie wężykowania, pozwoliły wskazać kierunki możliwości poprawy stabilności ruchu maszyn przegubowych. Ich weryfikacja wymagała przeprowadzenia badań identyfikacyjnych na obiekcie rzeczywistym zbudowanym wg zaproponowanych przez autorów publikacji wytycznych

W referacie przedstawiono wyniki badań wpływu położenia kabiny operatora na stabilność ruchu maszyny przegubowej. Wskazano też główne czynniki decydujące o podejmowaniu przez operatora akcji korygującej kierunek jazdy oraz określono wielkość strefy nieczułości operatora na poprzeczne i kątowe odchylenia maszyny.

#### **Wnioski**

Przeprowadzone badania potwierdziły jednoznacznie słuszność założeń dotyczących kształtowania struktury ciągników przegubowych o podwyższonej stabilności kierunkowej. Stwierdzono, że zasadniczy wpływ na reakcje operatora korygujące tor jazdy mają odchylenia kątowe. Z tego punktu widzenia - znoszenia boczne mają drugorzędne znaczenie.

Zarejestrowane przebiegi pozwoliły na dokładniejsze ustalenie wartości błędów oceny położenia - można przyjąć, że :

- błąd oceny odchylenia kąтового kształtuje się na poziomie  $1,2^0$ ;
- błąd oceny przemieszczenia poprzecznego wynosi ok. 0,2 m.

Zbudowany model ciągnika przegubowego o podwyższonej stabilności kierunkowej pozwolił na jakościowe i ilościowe oszacowanie wpływu modyfikacji na wysiłek operatora oraz stabilność ruchu. Wskazał również, że operator adoptuje się do nowych warunków pracy (nowych rozwiązań układów skrętu) i jego zachowania zależą od zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych układów skrętu.

Nowością było stwierdzenie występowania okresów niskiej aktywności operatora – ich istnienie wynika bezpośrednio z obecności strefy nieczułości związanej z występowaniem błędów oceny położenia.

#### **Abstract**

This paper contains investigation results of driver seat position influence on movement stability of articulated tractors. The main factors which make driver to action and insensibility zone of lateral and yaw deviation are determined.

#### **Conclusion**

The main factors which determine of driver behaviour during high speed operation of articulated tractor are yaw deviations. Lateral deviations opposite to vehicles with Ackermann steering system has relatively low influence because yaw declinations are much higher in relation to insensibility zone width. Those zones width are : yaw -  $1,2^0$ , lateral movement – 0,2 m.

Placing the driver seat over front axle in articulated tractors gives better directional stability of vehicle and lowering the driver effort. Investigations shows that connecting the cab to front frame (axle) is right way to improve directional stability of articulated high speed tool-carriers – the base machines for combat engineer equipment.

Recenzent:

Płk dr hab. inż. Franciszek KUCZMARSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **NOWOCZESNE METODY BADANIA I IDENTYFIKACJI NADTLENKÓW ORGANICZNYCH UŻYWANYCH W ZAMACHACH TERRORYSTYCZNYCH**

### **MODERN METHODS IN EXAMINATION OF ORGANIC PEROXIDES USED IN TERRORIST ATTACKS**

**Łukasz MATYJASEK\*, Aldona POLICHA\*, Adam MAZUREK\*  
Wojciech PAWŁOWSKI\*\***

\*Wydział Chemii Centralnego Laboratorium Kryminalistycznego Komendy Głównej Policji  
Chemistry Department of Central Forensic Laboratory of the Police, Warsaw, Poland

\*\*Zakład Materiałów Wysokoenergetycznych Wydziału Chemii Politechniki Warszawskiej  
Chemistry Department of Warsaw Institute of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Materiały wybuchowe używane dotychczas w zamachach terrorystycznych, coraz częściej zastępowane są bardziej prymitywnymi mieszaninami wybuchowymi mającymi zdolność do detonacji po dostarczeniu odpowiedniego bodźca zewnętrznego. Duże zagrożenie występuje ostatnio ze strony stosowania organicznych nadtlenków, które pojawiają się obok klasycznych mieszanin pirotechnicznych. Składniki do ich wytworzenia są ogólnie dostępne w sklepach ogrodniczych, aptekach, sklepach spożywczych.

Do najbardziej znanych i wykorzystywanych do celów przestępczych nadtlenków należy zaliczyć nadtlenek acetonu, nadtlenek urotropiny. Nadtlenek benzoilu również znajduje się w obszarze zainteresowania kryminalistycznej analizy chemicznej ze względu na powszechność zastosowania i występowania.

Badania nadtlenków wykonano na dyfraktometrze rentgenowskim XRD 7 firmy Seifert – FPM, chromatografie gazowym sprzężonym ze spektrometrem masowym GCHP-6890/MSDHP-5973 firmy Hewlett Packard, na spektrofotometrze FTIR firmy Perkin Elmer model 2000 sprzężonym z mikroskopem IR i –series firmy Perkin Elmer, techniką pastylkowania próbek z KBr oraz na przenośnym spektrofotometrze Travel SensIR, techniką ATR.

#### **Wnioski**

Przedstawione właściwości i metody otrzymywania TATP, HMTD i BP wykazały, że jak dużą łatwością można otrzymywać niniejsze związki chemiczne. Ich właściwości fizyczne, chemiczne i wybuchowe potwierdziły możliwość ich zastosowania do konstrukcji samodiałowych urządzeń wybuchowych. Badania wrażliwości na bodźce mechaniczne i płomień wskazują, że przy ich neutralizacji należy być ostrożnym i zastosować jak największe środki bezpieczeństwa. Próby neutralizacji za pomocą działka pirotechnicznego ładunków na bazie TATP, HMTD i BP kończą się zazwyczaj ich wybuchem.

Wyniki badań przedstawione w niniejszej pracy jednoznacznie potwierdzają przydatność metod GC/MS (GC), XRD i IR do identyfikacji nadtlenu acetonu, nadtlenu urotropiny i nadtlenu benzoilu, przy czym ilość materiału niezbędna do przeprowadzenia analiz wynosi zaledwie kilka miligramów.

Badanie i identyfikacja powybuchowa tych materiałów jest obecnie bardzo trudna i stanowi przedmiot wielu prac naukowych. Trudności w ujawnieniu nadtlenu organicznych po ich wybuchu tkwią w ich rozkładzie głównie na produkty gazowe oraz ich chemicznej niestabilności wobec środowiska o właściwościach redukcyjnych.

W związku z tym, przedstawione w niniejszej pracy metody analizy nie znalazły zastosowania do identyfikacji produktów powybuchowych tych związków.

Nie rozstrzygnięta do końca pozostaje kwestia pozostałości po wybuchu nadtlenu benzoilu. Można spodziewać się obecności śladów produktów rekombinacji wolnych rodników: bifenyli, benzoesanu fenyli, terfenyli itp., jednak zweryfikowanie tego przypuszczenia wymaga przeprowadzenia kolejnych badań.

### **Abstract**

Explosives used until recently in terrorist attacks are often replaced with more primitive explosive mixtures capable of detonation upon a suitable external stimulus. A considerable risk is caused due to the use of organic peroxides, in addition to classical pyrotechnical mixtures. Their components are generally accessible in gardening shops, chemist's and groceries.

One of the best known peroxides used in criminal activities are acetone peroxide (TATP), hexamethylene triperoxide diamine (HMTD). Due to many applications and availability benzoyl peroxide (BP) is also in the field of interest of forensic chemical analysis.

Examination of peroxides were carried out by means of XRD 7 X-ray diffractometer from Seifert – FPM, gas chromatograph coupled with mass spectrometer Hewlett Packard GC HP-6890/MSD HP-5973, Perkin Elmer FTIR spectrophotometer 2000 coupled with IR microscope i-series, tableting with KBr and Travel SensIR portable spectrophotometer, ATR technology.

Experiments performed showed that above techniques are very useful for identification of TATP, HMTD and BP.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Andrzej MARANDA (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **BADANIE KINETYKI ROZKŁADU TERMICZNEGO MAŁOWRAŻLIWYCH MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH**

### **INVESTIGATION INTO THERMAL DECOMPOSITION ANALYSIS OF LOW-SENSITIVITY EXPLOSIVES**

**Adam BULKA\*, Stanisław CUDZIŁO\*, Andrzej PAPLIŃSKI \*\***

\* Instytut Chemii, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Chemistry, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\*Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Electromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Podatność na wymuszenia termiczne jest jedną z ważnych charakterystyk materiałów energetycznych. Wyroby i urządzenia zawierające materiały energetyczne, tj. substancje zdolne do przemiany chemicznej z wydzielaniem energii, podlegają w procesie przechowywania i eksploatacji impulsom termicznym o różnej intensywności i różnym czasie trwania. Odporność materiału wybuchowego na obciążenia termiczne w sposób bezpośredni określa bezpieczeństwo jego użytkowania oraz jest istotnym wyznacznikiem stabilności jego właściwości w czasie przechowywania

Jednym z ważnych kierunków badań prowadzonych aktualnie, w skali światowej, w wielu ośrodkach naukowych są badania nad otrzymywaniem i właściwościami tzw. małowrażliwych materiałów wybuchowych. Celem tych prac jest uzyskanie materiałów wybuchowych o obniżonej wrażliwości na przypadkowe pobudzenie, jakie może wystąpić w czasie transportu, przechowywania oraz użytkowania urządzeń i wyrobów zawierających materiały wybuchowe. Jako potencjalne źródła pobudzenia rozpatrywane mogą być upadek ze znacznej wysokości na utwardzone podłoże, narażenie termiczne np. w wyniku pożaru, ale również uderzenie odłamkiem lub rykoszet pocisku. Przewidywanym wynikiem tych prac jest upowszechnienie użycia amunicji o zwiększonym bezpieczeństwie użytkowania.

Jedną z ważnych metod badania wrażliwości materiałów wybuchowych jest badanie ich odporności termicznej. Ogólnie, pobudzenie materiału wybuchowego może być osiągnięte w wyniku oddziaływania bodźców różnego rodzaju: mechaniczne, termicznych, wybuchowych, elektrycznych i elektromagnetycznych. W każdym wypadku, impuls inicjujący musi przenieść na wyższy stan energetyczny określoną porcję materiału wybuchowego. W wyniku rozkładu wyjściowej struktury chemicznej nastąpi wówczas utworzenie innych substancji ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ), którym towarzyszy wydzielanie znacznej ilości energii. Jeżeli przemiana zapoczątkowana zostanie w dostatecznej objętości (masie) materiału wybuchowego, wydzielona energia spowoduje pobudzenie i przereagowanie pozostałego materiału.

Badanie parametrów rozkładu termicznego pozwala na określenie wielkości energii niezbędnej do aktywacji termicznej badanego materiału wysokoenergetycznego. Niezależnie od rodzaju pobudzenia należy zauważyć, że w każdym wypadku przemianie podlega ta sama struktura chemiczna (wyjściowego materiału wybuchowego), a wyniki badań stanowią istotną informację o właściwościach energetycznych materiału wybuchowego oraz o kinetyce jego rozkładu.

W pracy przeprowadzono analizę kinetyki rozkładu termicznego czterech materiałów wybuchowych: 3-nitro-1,2,4-triazolu-5-on (NTO), 1,1-diamino-2,2-dinitroetenu (FOX-7), nitroguanidyny (NQ) oraz 1,3,5-trinitro-1,3,5-triazacykloheksanu (heksogen). Substancje NTO, FOX-7 oraz nitroguanidyna zaliczane są do grupy materiałów mało wrażliwych, natomiast badania heksogenu, jako materiału którego właściwości są szeroko przebadane, prowadzono w celach porównawczych. Przeprowadzono analizę derywatograficzną kinetyki rozkładu termicznego badanych materiałów. Do interpretacji wyników eksperymentów zastosowano dwie metody wyznaczania energii aktywacji i wartości współczynnika proporcjonalności rozkładu termicznego: znane w literaturze jako metoda Kissingera i metoda Ozawy. Przeprowadzono również analizę termogravimetryczną rozkładu termicznego badanych materiałów wybuchowych.

### **Wnioski**

Trzy spośród badanych w pracy substancji, NTO, FOX-7, NQ należą do grupy tzw. mało wrażliwych materiałów wybuchowych. Przy względnie dużej energii wybuchu cechują się one obniżoną wrażliwością na pobudzenie do detonacji. Prowadzenie badań nad materiałami mało wrażliwymi ma na celu opracowanie nowej generacji amunicji, o zwiększonym bezpieczeństwie eksploatacji, ze względu na przypadkowe pobudzenie do spalania i wybuchu.

Wyznaczone w pracy wartości energii aktywacji dla badanych materiałów porównano z danymi literaturowymi. Uzyskano dobrą zgodność wyników otrzymanych w pracy z danymi literaturowymi. Otrzymane wyniki wskazują, że rozwinięta w skali laboratoryjnej technologia pozwala na otrzymywanie NTO i FOX-7 o zadowalającej jakości.

Badania potwierdziły przydatność materiałów NTO i FOX-7 jako kandydatów do przyszłego stosowania w amunicji o obniżonej wrażliwości.

### **Abstract**

Thermal analysis of four condensed explosives NTO, FOX-7, nitroguanidine and hexogene had been performed. Kinetic parameters of thermal decomposition of investigated materials have been evaluated by two analytical methods, of Kissinger and Ozawa. Good agreement of obtained results with literature data has been observed. The investigations have been confirmed that the new materials are good candidates to be employed in low-sensitivity munitions.

Recenzent:

dr hab. inż. Bogdan ZYGMUNT (Wojskowa Akademia Techniczna)

**O NIEKTÓRYCH PROBLEMACH OTRZYMYWANIA  
WYSOKOENERGETYCZNYCH MIESZANIN WYBUCHOWYCH  
O OBNIŻONEJ WRAŻLIWOŚCI NA BODŹCE ZEWNĘTRZNE**

**ON SOME PROBLEMS OF PREPARATION  
OF HIGH-ENERGETIC EXPLOSIVE MIXTURES  
WITH REDUCED SENSITIVITY TO EXTERNAL STIMULI**

**Adam KUBECKI\*, Andrzej MARANDA\*, Jerzy NOWACZEWSKI\***

**Andrzej ORZECZOWSKI\*\*, Dorota POWAŁA\*\***

\*Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa  
Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\*Instytut Przemysłu Organicznego, Warszawa  
Institute of Industrial Organic Chemistry, Warsaw, Poland

**Streszczenie**

Jednym z kierunków poszukiwań nowoczesnych, wysokoenergetycznych i w miarę bezpiecznych materiałów wybuchowych (MW) jest wytwarzanie mieszanin – o obniżonej wrażliwości na bodźce zewnętrzne, - w których obok głównego składnika, w postaci silnego MW stosowane są inne MW o zbliżonej lub wyższej gęstości, ale o zdecydowanie mniejszej wrażliwości. Prace badawcze przy otrzymywaniu mieszanin wybuchowych polegają przede wszystkim na doborze ilościowym poszczególnych składników i na sprawdzaniu wpływu tych zmian na właściwości wybuchowe otrzymanych mieszanin. Głównym celem tych prac jest uzyskanie mieszanin o możliwie wysokich parametrach detonacyjnych (prędkość detonacji, gęstość) i znaczne zmniejszenie ich wrażliwości na tarcie i uderzenie, aby dzięki temu zwiększyć bezpieczeństwo elaboracji amunicji, a także bezpieczeństwo transportu i stosowania amunicji na polu walki i w czasie szkolenia żołnierzy.

Przedmiotem zainteresowania autorów pracy były prasowane mieszaniny krystalicznego heksogenu (RDX) i oktogenu (HMX) z nitroguanidyną (NQ) i 3-nitro-1,2,4-triazolem-5-onem (NTO), jako składnikami o małej wrażliwości na bodźce mechaniczne. Realizowana praca miała na celu uzyskanie znacznego obniżenia wrażliwości na tarcie badanych mieszanin, dla zagwarantowania bezpiecznego prasowania ładunków, przy jednoczesnym zapewnieniu wysokich parametrów detonacyjnych tych mieszanin (prędkość detonacji, gęstość). W pracy przedstawiono przykłady różnych postaci krystalicznych NQ i NTO po krystalizacji z różnych rozpuszczalników, stanowiące etap doboru odpowiedniej formy krystalicznej danego składnika mieszaniny MW. W odniesieniu do nitroguanidyny opisano metody i wyniki pomiarów wielkości kryształów i ich gęstości nasypowej. Określono wrażliwość na tarcie wybranych mieszanin MW, a także gęstość i prędkość detonacji prasowanych ładunków wykonanych z tych mieszanin. Otrzymane wyniki potwierdzają osiągnięcie założonego celu, czyli uzyskanie wysokich parametrów detonacyjnych i małej wrażliwości na tarcie mieszanin MW o wytypowanym składzie.

### **Wnioski**

Wykonane testy i pomiary potwierdziły wstępne założenie, iż mieszaniny RDX lub HMX z małowrażliwymi materiałami wybuchowymi takimi jak NQ lub NTO, wykryształizowanymi w formie zaokrąglonych polikrystalicznych cząstek, mogą mieć znacząco zmniejszoną wrażliwość na tarcie w porównaniu z czystymi wysokoenergetycznymi składnikami (RDX, HMX). Jednocześnie parametry detonacyjne tych mieszanin mogą być ciągle stosunkowo wysokie.

Wykazano, że wrażliwość na tarcie niektórych kompozycji była dużo mniejsza (nawet ponad dwukrotnie) od wrażliwości czystego RDX, czy HMX. Ponadto stwierdzono, że możliwe jest zaprasowanie badanych mieszanin do gęstości przekraczającej 90% teoretycznej, maksymalnej gęstości, przez prasowanie na zimno pod ciśnieniem 200 MPa. W niemal wszystkich przypadkach zmierzone prędkości detonacji były większe od 99% teoretycznej wartości tego parametru, obliczonej programem TIGER, przy założeniu gęstości równej gęstości ładunku badanego eksperymentalnie.

### **Abstract**

Pressed mixtures of crystalline RDX or HMX and nitroguanidine (NQ) or 3-nitro-1,2,4-triazole-5-one (NTO) as components with low-sensitivity to mechanical stimuli were the subject of the authors' interests. The work was aimed at reducing the friction sensitivity of the explosives, in order to guarantee safe pressing. Simultaneously, possibly high detonation parameters of the mixtures (detonation velocity, density) should be preserved. SEM pictures of various crystalline forms of NQ and NTO, obtained by crystallization from different solvents, are presented. Methods and results of measurements of NQ particle sizes and bulk densities are also included. Moreover, friction sensitivity, density and detonation velocity of pressed samples of chosen explosives were measured and calculated with TIGER code. The obtained results show that it is possible to gain the main objective of the work, i.e. to prepare high-energetic explosives with reduced sensitivity, by using mixtures of RDX or HMX and NQ or NTO in proposed amount and crystalline form.

### **Conclusions**

The carried out tests and measurements have confirmed an initial assumption that mixtures of RDX or HMX and low-sensitive explosives like NQ or NTO, crystallized in the form of rounded polycrystalline particles, may have considerably reduced friction sensitivity as compared to pure high-energetic components (RDX, HMX) and, simultaneously, their detonation characteristics may be still comparatively high. For some compositions, the friction sensitivity was much lower (even by more than twice) than that of pure RDX and HMX. We also stated that it was possible to press charges with density of more than 90% of the theoretical maximal density, by cold pressing at a pressure of 200 MPa. In most cases the measured detonation velocities exceeded 99% of the theoretical values, calculated with TIGER code at the experimental density.

Recenzent:

dr hab. inż. Stanisław CUDZIŁO (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **WRAŻLIWOŚĆ NA BODŹCE MECHANICZNE I PODSTAWOWE CHARAKTERYSTYKI DETONACYJNE MIESZANIN NTO-HMX**

### **IMPACT SENSITIVITY AND DETONATION PERFORMANCES OF MIXTURES NTO/HMX**

**Leszek SZYMAŃCZYK, Waldemar A. TRZCIŃSKI**

Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Electromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Jednym z kierunków rozwoju w dziedzinie nowych postaci użytkowych materiałów wybuchowych są kompozycje charakteryzujące się niską wrażliwością na bodźce zewnętrzne. Często stosowanym składnikiem tych kompozycji wybuchowych jest NTO (3-nitro-1,2,4-triazol-5-on), charakteryzujący się stosunkowo wysokimi parametrami detonacyjnymi i wyjątkowo niską wrażliwością.

W pracy zbadano właściwości detonacyjne nowych kompozycji wybuchowych zawierających NTO (3-Nitro-1,2,4-triazol-5-on) i oktogen. Wyznaczono ich parametry energetyczne i detonacyjne. Określono wrażliwość na bodźce mechaniczne: uderzenie, falę uderzeniową i strumień kumulacyjny.

#### **Wnioski**

W pracy opracowano nowe mieszaniny wybuchowe złożone z NTO i oktogenu. Na podstawie wyników testu wodnego i cylindrycznego wyznaczono dla tych kompozycji ciśnienie detonacji, energię detonacji, wykładnik izentropy oraz współczynniki izentropy JWL dla produktów detonacji. Izentropy rozprężania umożliwiły obliczenie teoretycznej pracy ekspansji produktów detonacji. Stwierdzono, że opracowane kompozycje wybuchowe charakteryzują się parametrami detonacyjnymi i energetycznymi wyższymi lub znacznie wyższymi do odpowiednich parametrów kompozycji B.

Wrażliwość nowych kompozycji na bodźce mechaniczne określono badając ich reakcje na falę uderzeniową (próba szczelinowa), uderzenie (kafar Kasta) oraz strumień kumulacyjny. Uzyskane wyniki badania wrażliwości wskazują, że NTO działa desensybilizująco na kompozycje wybuchowe zawierające silny i wrażliwy materiał wybuchowy.

Przeprowadzone próby pozwalają jednoznacznie stwierdzić, że udało się uzyskać kompozycje wybuchowe zawierające NTO o wysokich parametrach detonacyjnych oraz obniżonej wrażliwości na bodźce mechaniczne. Można więc zaszerzować je do grupy bezpiecznych materiałów wybuchowych. Materiały te ze względu na swoją postać fizyczną mogą być stosowane do wykonywania ładunków metodą prasowania.

### **Abstract**

Detonating performances of new explosive compositions containing NTO and HMX are investigated in this work. Detonation velocity, pressure and energy of the mixtures tested and acceleration ability and equation of state of their detonation products are determined. Shock and impact sensitivity is evaluated in the gap test and heavy hammer test.

The compositions investigated can be considered as a suitable insensitive explosive to replace TNT/RDX mixtures in munitions applications.

### **Conclusion**

New NTO/HMX formulations were successfully manufactured and characterized. Detonation performance and energetic characteristics of these mixtures are higher than those of TNT/RDX 40/60 composition. The shock and impact sensitivity of formulation NTO/HMX/Viton 50/47.5/2.5 (KH50) is lower than the sensitivity of the TNT/RDX mixture. Manufactured composition can be considered as a suitable main charge filling to substitute existing TNT/RDX compositions.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Radosław TRĘBIŃSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **FIZYKOCHEMICZNE WŁAŚCIWOŚCI ŁUSKI SPALAJĄCEJ**

### **PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF THE COMBUSTIBLE CONTAINERS**

**Andrzej KSIAŻCZAK, Teresa KSIAŻCZAK, Henryka BONIUK  
Wojciech PAWŁOWSKI, Andrzej RADOMSKI**

Zakład Materiałów Wysokoenergetycznych, Wydział Chemiczny Politechnika Warszawska  
Division of High Energetic Materials, Faculty of Chemistry, Warsaw University of Technology,  
Poland

#### **Streszczenie**

Zastępowanie łuski metalowej częściowo lub całkowicie materiałem Do badania właściwości fizykochemicznych łuski spalającej zastosowano metodę termogravimetrii i mikrokalorymetrii DSC. Opracowano metodykę oznaczania składu masy włóknistej w oparciu o zmiany szybkości ubytku masy. Właściwości palne warstw podpowierzchniowych i środkowej badano poprzez kinetykę rozkładu odpowiednio pobranej próbki. Zmiany szybkości rozkładu wykorzystano do oznaczenia głębokości penetracji polimeru (bariery dyfuzyjnej) użytego w procesie impregnacji. Stwierdzono znaczącą adsorpcję na włóknach celulozowych ciekłych nitroestów spowodowaną migracją materiału miotającego do ścianek łuski.

#### **Wnioski**

Z przedstawionych rezultatów wynika, że zaprezentowane metody analizy termicznej pozwalają na oznaczenie składu masy włóknistej oraz właściwości palnych różnych warstw łuski i mogą być wykorzystane do określenia wymagań technicznych. Przedstawione metodyki pomiarowe będą wykorzystywane do określenia głębokości penetracji polimeru użytego do impregnacji jako bariery dyfuzyjnej dla migracji składników małowcząsteczkowych. Stwierdzono znaczącą adsorpcję na włóknach celulozowych ciekłych nitroestów na skutek migracji materiału miotającego do ścianek łuski.

#### **Abstract**

The thermogravimetric and DSC methods were applied to the investigation of the physicochemical properties of the combustible containers. The composition of the fibrous mass was determined by the change of the mass loss during the temperature increased. The combustible properties of the container wall for different layers were studied by the determination of kinetic parameters of the thermal decomposition. The change of the decomposition rate was used to the determination of deep penetration of the polymeric mass to the impregnation process as the diffusion barriers. The significant adsorption of liquid nitro esters was affirmed on the fibrous cellulose as the effect of migration processes from propellants to the container wall.

#### **Recenzent:**

Prof. dr hab. inż. Waldemar A. TRZCIŃSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **ŁADUNKI PROCHOWE DO SILNIKÓW RAKIETOWYCH FOTELI WYRZUCANYCH SAMOLOTÓW BOJOWYCH**

### **PROPELLANT CHARGES FOR EJECTION SEAT ROCKET MOTOR OF AIRCRAFTS**

**Bogdan ZYGMUNT**

Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa  
Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Do podstawowego wyposażenia współczesnego samolotu bojowego lub szkolno-treningowego należą systemy zapewniające bezpieczeństwo załóg latających, zwłaszcza w sytuacjach awaryjnych. Jednym z najważniejszych układów gwarantujących wysoki stopień bezpieczeństwa pilota jest system katapultujący. W sytuacji awaryjnej pilot może uruchomić ten system i wraz z fotelem zostanie wyrzucony poza samolot, po czym na spadochronie wyląduje bezpiecznie na ziemi lub wodzie. Kolejność zadziałania poszczególnych elementów systemu katapultowania odbywa się automatycznie według zaprogramowanego schematu, przy czym podstawowym czynnikiem dostarczającym energii do wykonania w krótkim czasie wielu energochłonnych czynności są ładunki prochowe o różnej konstrukcji i parametrach pracy. Największą ilość energii pochłania wyniesienie pilota wraz z fotelem w czasie ułamka sekundy poza kabinę samolotu na wysokość ok. 1,5 m a następnie wzniesienie na wysokość ok. 100 m w celu uzyskania czasu do prawidłowego zadziałania układu spadochronowego. Pierwszą fazę ruchu pilota wraz z fotelem uzyskuje się przez spalanie ładunku prochowego o masie ok. 200 g umieszczonego w wyrzutni pod fotelem pilota, natomiast drugą fazę ruchu wykonuje silnik raketowy przymocowany do fotela pilota, z ładunkiem paliwa prochowego o masie ok. 2-3 kg, wytwarzający krótkotrwały ciąg o sile kilkudziesięciu kN.

W pracy opisano właściwości balistyczne opracowanych ładunków napędowych do silników raketowych foteli wyrzucanych samolotów bojowych lotnictwa rumuńskiego. Zamieszczono wykresy ciśnienia w komorze spalania i siły ciągu dla opracowanych ładunków. Przedstawiono możliwości opracowania ładunków napędowych dla innych typów silników raketowych foteli wyrzucanych, również dla samolotów polskiego lotnictwa.

#### **Wnioski**

Opisane w niniejszej pracy przedsięwzięcia opracowania w kraju technologii oraz uruchomienie produkcji na zamówienie klienta zagranicznego ładunków napędowych o wysokich wymaganiach balistycznych, przeznaczonych do silników raketowych foteli katapultujących samolotów bojowych są dowodem na niewykorzystane możliwości dostaw analogicznych wyrobów dla Polskich Sił Powietrznych. Problem jest tym bardziej aktualny, że w ostatnim czasie wystąpiły poważne zakłócenia w zaopatrzeniu polskiego lotnictwa bojowego, rzutujące na jego gotowość bojową.

Samoloty bojowe będące na wyposażeniu polskiego lotnictwa są konstrukcjami opracowanymi w b. Związku Radzieckim. Podstawowa liczebnie grupa to samoloty myśliwsko-bombowe Su-22 (98 sztuk) oraz samoloty myśliwskie MiG-29, obecnie w liczbie 22 sztuk. Kolejne 23 maszyny tego typu mogą zostać przejęte od lotnictwa niemieckiego. Trwają również rozmowy o pozyskaniu pewnej liczby takich maszyn z armii czeskiej. Znajdujące się do 2003 r. w służbie wyeksploatowane maszyny typu MiG-21 w ilości 77 szt. nie będą modernizowane i możliwa jest ewentualna ich sprzedaż do krajów wykorzystujących unowocześnione wersje tych maszyn.

Samoloty bojowe typu Su-22 oraz MiG-29 wykorzystywane będą w polskim lotnictwie jeszcze przez co najmniej 10 lat. Wymienione typy samolotów wyposażone są w systemy ratunkowe, których ważną częścią jest fotel katapultujący pilota w sytuacjach awaryjnych. Według wniosków z przeprowadzonej analizy naukowo-technicznej, można w krótkim czasie opracować i wykonać partię modelową i prototypową ładunków napędowych do systemów ratunkowych samolotów bojowych znajdujących się w polskich siłach powietrznych.

Na podstawie zgromadzonej wiedzy, doświadczeń technologicznych oraz przeprowadzonych prób aplikacyjnych, można stwierdzić, że jest w pełni realne wykonanie w kraju ładunków napędowych o właściwościach balistycznych i fizykochemicznych odwzorowujących parametry wyrobów dotychczas importowanych.

W takim projekcie o krótkim czasie realizacji, uczestniczyć powinny placówki naukowe o uznanych osiągnięciach aplikacyjnych (WAT, ITWL, IPO) oraz przedsiębiorstwa przemysłu obronnego gwarantujące sprawne wdrożenie wyników prac badawczo-rozwojowych (ZPS GAMRAT w Jaśle, ZPS Pionki, Wifama-Prexer w Łodzi oraz WZL Nr 2 w Bydgoszczy). Autor niniejszej pracy deklaruje również przekazanie wieloletnich doświadczeń w opracowaniu i wdrożeniu do eksploatacji ładunków napędowych do systemów awaryjnych samolotów IAR-99 oraz MiG-21 Lancer będących na wyposażeniu sił powietrznych Armii Rumuńskiej.

#### **Abstract**

The ballistic parameters of propellant charges for rocket motor of aircraft ejection seats are described. The work has been done for the order of foreign customer. Diagrams of pressure in ballistic chamber and thrust vs. time at wide range of temperature were measured. The proposal of solution the similar problem for Polish Air Force was formulated.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Aleksander OLEJNIK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## POLE WALKI XXI WIEKU

### BATTLEFIELD IN XXI CENTURY

**Mirosław ADAMSKI**

Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych  
Polish Air Force Academy, Dęblin, Poland

#### Streszczenie

Historia nie zanotowała wieku bez konfliktu zbrojnego, dlatego też trudno się spodziewać aby wiek XXI był inny pod tym względem. Pomimo tego, że raczej mało prawdopodobna jest III wojna światowa, to z pewnością nieuniknione są mniejsze konflikty zbrojne w różnych zakątkach świata. Już obecnie dowódcy i sztabowcy uczą się nowych terminów. Cyberatak, cyberdefensywa, bomba elektromagnetyczna – to hasła, które do niedawna zaliczano do kategorii science fiction. Dziś takimi pojęciami musi posługiwać się każda nowoczesna armia. Nieuchronnie zbliża się czas połączenia telefonii, informatyki, telewizji w dowodzeniu i kierowaniu wojskami oraz masowego wykorzystania w działaniach bojowych środków walki radioelektronicznej. W przyszłych działaniach rozpoznanie, dostęp do informacji, jej błyskawiczne opracowanie i przekazywanie będą sprawą kluczową. Te wszystkie elementy zawiera NCW (Network – Centric Warfare).

Idea NCW, czyli sieciocentrycznego pola walki lub inaczej internetowego pola walki powstała w USA i jest jednym z efektów trwającego od lat, procesu zwiększania efektywności działań bojowych poprzez stworzenie systemów zobrazowania pola walki i doskonalenie technik przekazywania informacji, głównie w wyniku tworzenia coraz bardziej złożonych i wszechstronnych sieci. Spowodowało to przesunięcie się „środka ciężkości” z tzw. „platform” (dowództwo, jednostek bojowych, uzbrojenia) do sieci. Zaczynają one już obecnie decydować o wartości bojowej „platform”. Wymiana informacji, ich obróbka, analiza i dystrybucja są podstawą pełnej i bieżącej oceny sytuacji na polu walki. Nałożenie sieci informacyjnej na poszczególne „platformy” umożliwia ich wzajemną merytoryczną komunikację, szybką obserwację, orientację, podejmowanie decyzji o działaniu lub współdziałaniu. Bardzo istotny jest także czynnik psychologiczny, jakim jest świadomość własnej przewagi w zarządzaniu polem walki.

Potwierdzeniem celowości dalszych badań nad NCW są wyniki analiz efektywności funkcjonowania połączonego systemu dystrybucji informacji, dotyczące szeregu taktycznego JTIDS (Joint Tactical Information Distribution System). Oceniono, że właściwie zorganizowane przekazywanie radiolokacyjnego zobrazowania sytuacji powietrznej między działającymi w sieci samolotami F-15 i AWACS zwiększa efektywność samolotów F-15 o prawie 100%. Istotnym, pozostającym do rozstrzygnięcia problemem jest określenie zakresu upowszechniania informacji decydującej o strukturze jej dystrybucji. Wydaje się, że zwycięży teza o celowości jej dotarcia do najniższego poziomu sieci – w skrajnym przypadku do pojedynczego wojownika.

Aby to było możliwe konieczna jest koordynacja i unifikacja funkcjonowania różnych źródeł informacji. Northrop Grumman proponuje specjalne oprogramowanie umożliwiające fuzję informacji wyjściowych, generowanych z grupy czujników i ich wprowadzenie do systemu zobrazowania sytuacji. Metoda ta zapewnia interoperacyjność „czujników” oraz pozwala na szybką generację niezbędnych danych poszczególnym „platformom”.

W publikacji autor przedstawia wizję pola walki w XXI wieku, w tym charakterystykę sieciocentrycznego pola walki oraz wojnę komputerową, jak również opisuje hipotetyczne platformy bojowe powietrzne, lądowe oraz morskie

#### **Abstract**

The author will try to present a vision of battlefield in XXI century, witch consists of internet battlefield, computer war. He describes also air, army and navy combat platforms.

#### **Conclusion**

Evolution of battlefield is caused by new technologies, modern computers and artificial intelligence. Moreover often war is waged by human controlled machines. All these factors increase combat capabilities of AIR, Army and Navy Forces.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **UZBROJENIE I WYPOSAŻENIE INDYWIDUALNE ŻOŁNIERZA XXI WIEKU**

### **INDIVIDUAL EQUIPMENT AND WEAPON FOR XXI CENTURY SOLDIER**

**Karol WILK, Wojciech GRUSZECKI, Tadeusz ŚWIĘTEK**

Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Sprzętu Mechanicznego w Tarnowie  
Mechanical Equipment Research – Development Centre in Tarnow, Poland

#### **Streszczenie**

Wystąpienie nawiązuje do cyklu Konferencji Naukowych nt. Polska Wizja Przyszłego Pola Walki, uściślając obszar rozważań do uzbrojenia i wyposażenia indywidualnego żołnierza w dającej się przewidzieć przyszłości. Jest także informacją o podjętych przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Sprzętu Mechanicznego w Tarnowie działaniach w tej dziedzinie.

#### **Wnioski**

1. Pozyskanie w najbliższej przyszłości dla Sił Zbrojnych RP zestawu uzbrojenia i wyposażenia indywidualnego na miarę potrzeb i możliwości XXI wieku staje się nieuniknioną koniecznością.
2. Istnieje w Polsce wystarczający potencjał naukowo - produkcyjny, aby opracowanie takiego zestawu zrealizować i wdrożyć do produkcji przemysłowej na potrzeby krajowe oraz na eksport.
3. Istnieje poważna szansa, że polski wyrób będzie konkurencyjny jakościowo i cenowo w stosunku do znanych opracowań zagranicznych ze względu na stosunkowo niskie nakłady przy jego opracowywaniu, niski koszt wytwarzania oraz pominięcie pewnych nietrafionych rozwiązań, które ujawniły się w niektórych znanych projektach zagranicznych.
4. Aby działania w omawianej sprawie były skuteczne, należy je podjąć jak najszybciej, przy zdecydowanym poparciu ze strony właściwych instytucji MON i przy objęciu przez resort roli koordynatora programu.

#### **Abstract**

The speech refers to the series of scientific conferences „Polish Vision of the Future Battlefield” confining consideration to the armaments and equipment of the individual soldier in the forecast future. It is an information about the works in this area undertaken by Mechanical Equipment R&D Centre.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **THE BULGARIAN PROGRAM ‘FUTURE SOLDIER’ IN PERIOD OF ACCESSION OF BULGARIA TO NATO’S MEMBER**

### **BUŁGARSKI PROGRAM „ŻOŁNIERZ PRZYSZŁOŚCI” REALIZOWANY W OKRESIE AKCESJI BUŁGARII DO STRUKTUR NATO**

**Georgi MARINOV, Hristo HRISTOV**

Defence Advanced Research Institute, “Rakovski” Defence and Staff College, Sofia, Bulgaria  
Wyższa Szkoła Wojskowa im. Rakowskiego, Sofia, Bułgaria

#### **Abstract**

The problems of personal arms, equipment, communications and human factor of the modern Bulgarian soldier and tendency in this sphere are analyzed in process of accession to NATO’s member. Basics of them are connected to personal rifle weapon and with its caliber transferring from 5,45-mm and 7,62-mm of the automatic assault rifle ‘Kalashnikov’ in NATO 5,56-mm caliber. There are grenade launchers, as well as with a casing hardware of weapon with target pointing units and aiming, with communications, with personal ballistic protection – bulletproof wet and body armor and helmet, and camouflage too. The problems are interlaced with Bulgarian military industry desire about saving its internal and international positions.

#### **Streszczenie**

W artykule dokonano analizy problemów związanych z wyposażeniem współczesnego żołnierza bułgarskiego w uzbrojenie indywidualne oraz środki komunikowania w procesie akcesji Sił Zbrojnych Bułgarii do struktur NATO. Podstawowymi problemami są te, które wiążą się z indywidualnym uzbrojeniem i jego transformacją od kalibrów 5,45 mm i 7,62 mm do NATOwskiego kalibru 5,56 mm. W następnej kolejności to problemy z granatnikami, oprzyrządowaniem do wskazywania celów, środkami komunikowania się, środkami ochrony balistycznej (kamizelkami kuloodpornymi, hełmami) oraz środkami do kamuflażu. Problemy związane z akcesją do NATO są ściśle powiązane z potrzebą ochrony bułgarskiego przemysłu obronnego i jego międzynarodowej pozycji.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Military University of Technology, Warsaw)

## **WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII SIECIOCENTRYCZNYCH PRZY ZAOPATRYWANIU WOJSK LĄDOWYCH W AMUNICJĘ**

### **APPLICATIONS OF NCW TECHNOLOGIES IN PROVIDING LAND FORCES WITH AMMUNITION**

**Stefan WŁUDYKA, Andrzej WOJCIECHOWSKI**

Instytut Automatyzacji Systemów Dowodzenia i Logistyki, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Command System Automation and Logistics, Military University of Technology,  
Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Prowadzenie działań bojowych wymaga wszechstronnego ich przygotowania. W procesie tym istotną rolę odgrywa logistyka. Decyduje ona o zasobach i wydolności wojsk walczących, które w czasie prowadzenia działań bojowych zużywają swój potencjał, rozumiany jako siły i środki niezbędne do wykonania zadań. Utrzymanie wysokiej gotowości wymaga od dowódców stałego odtwarzania potencjału bojowego. Wymaga to prowadzenia złożonych i skoordynowanych działań, sprawnie działającego systemu logistycznego.

Współczesne działania wojenne charakteryzuje zmieniające się pole walki, tym samym przeobrażeniom ulega również logistyka wojskowa. Coraz częściej w terminologii wojskowej pojawiają się nowe terminy. Jednym z nich jest termin „*Sieciocentryczne działania wojenne*” ang.: Network Centric Warfare – NCW. W referacie poruszono aspekty wykorzystania technologii w sieciocentrycznych w procesach zaopatrywania wojsk w amunicję.

Zdaniem autora technologie NCW w najbliższych latach zdominują współczesne techniki informatyczne stosowane w siłach zbrojnych przodujących armii świata. NCW stawia przed środowiskami naukowców w mundurach kreowanie nowego myślenia w sztuce operacyjnej i taktyce.

#### **Abstract**

Variability of battlefield is characteristic of contemporary military operations. It also may cause transformation of military logistics. One of the new terms, which have recently appeared in military language, is NCW (Network Centric Warfare). The NCW conceptions mentioned in this article may have many applications of these technologies to the processes of munitions. According to the author in the immediate future NCW technologies will dominate contemporary information attitudes operating in armed forces of the lead countries. For certain, NCW theories cause the new attitudes to planning military operation and they are the great challenge to military scientists.

Recenzent:

płk dr hab. inż. Franciszek KUCZMARSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

**СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ ОФИЦЕРА ПО РЕМОНТУ ВООРУЖЕНИЯ  
В СВЕТЕ ВОЕННОЙ РЕФОРМЫ**

**SYSTEM KSZTAŁCENIA OFICERA-INŻYNIERA, SPECJALISTY W  
ZAKRESIE REMONTU SPRZĘTU UZBROJENIA W ŚWIETLE  
ZACHODZĄCYCH REFORM W WOJSKU**

**EDUCATIONAL SYSTEM OF OFFICER-ENGINEER IN THE SPHERE OF  
REPAIR OF ARMAMENT EQUIPMENT DURING REFORMING  
PROCESS IN ARMED FORCES**

**Геза ГОРАС, Ласло ФЕЧО  
Géza GÓRÁSZ, László FECSÓ**

Военно-Технический Факультет им. Яноша Бойаи при Университете Национальной  
Обороны им. Миклоша Зрини, Будапешт, Венгрия

Bolyai Janos Military Technical Faculty of Zrynyi Miklos National Defence University  
Budapest, Hungary

Wydział Wojskowo-Techniczny, Uniwersytet Obrony Narodowej, Budapeszt, Węgry

**Аннотация**

Со следующего года наша кафедра будет готовить военных инженеров, и не инженеров-механиков. В связи с военной реформой только после 3-го года обучения могут определять, что по какой специальности будут нужны офицеры.

В последнее время в армии проходили такие дислокации, что трудно определять где и какие должности будут свободными для наших выпускников. Это новая система обучения решит этот вопрос, потому что за год до окончания учёбы можно определить, что где будут нужны специалисты.

**Streszczenie**

W referacie przedstawiono stan aktualny i perspektywę kształcenia oficerów i studentów cywilnych w Wydziale Wojskowo-Technicznym węgierskiego Uniwersytetu Obrony Narodowej oraz jego bazę dydaktyczną.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Military University of Technology, Warsaw)

## **NOWOCZESNE METODY ZARZĄDZANIA W BADANIACH I PRODUKCJI SYSTEMÓW UZBROJENIA**

### **A NEW MANAGEMENT OF R&D AND PRODUCTION METHODS FOR WEAPON SYSTEMS**

**Krzysztof SANTAREK, Rafał HARMOZA**

Instytut Organizacji Systemów Produkcyjnych, Wydział Inżynierii Produkcji,  
Politechnika Warszawska

Institute for Organization of Production Systems, Faculty of Production Engineering,  
Warsaw University of Technology, Poland

#### **Streszczenie**

Artykuł prezentuje przykłady specyficznych technologii dualnych – metod i technik zarządzania badaniami i rozwojem wyrobów oraz ich produkcją. Wiele klasycznych już dziś metod i technik zarządzania powstało pierwotnie na potrzeby realizowanych programów zbrojeniowych bądź też po raz pierwszy znalazły tam zastosowanie a następnie znalazły liczne aplikacje w przemyśle cywilnym. Obecnie obserwuje się tendencję przeciwną. Coraz więcej „cywilnych” metod i technik zarządzania znajduje zastosowanie na potrzeby prowadzenia badań i produkcji dla wojska. Artykuł wskazuje główne przyczyny oraz bariery takiego transferu technologii.

#### **Wnioski**

Metody i techniki zarządzania stanowią szczególny rodzaj technologii dualnych. W przeszłości potrzeby programów zbrojeniowych były inspiracją dla powstania wielu klasycznych już dziś metod i technik zarządzania badaniami i produkcją, z których większość znalazła szybko uznanie i liczne zastosowania w sektorze cywilnym. Liczne obiektywne przesłanki powodują, iż obecnie coraz częściej mamy do czynienia z procesem odwrotnym: metody i techniki zarządzania badaniami i produkcją na potrzeby cywilne znajdują zastosowanie w sektorze wojskowym. Przedstawiona w referacie, daleko niekompletna

i wielce subiektywna, lista współczesnych metod i technik zarządzania mogących znaleźć zastosowanie w sektorze wojskowych wskazuje zarazem na potencjalne bariery i trudności związane z ich transferem do sektora wojskowego. Są nimi w szczególności:

- brak znajomości metod i technik,
- brak zaufania do nich, głęboko zakorzenione poczucie odrębności w stosunku do sektora cywilnego,
- niechęć do nowości i zmian,
- świadomość konieczności często daleko idących zmian we własnej organizacji oraz istniejących ograniczeń,
- obrona partykularnych interesów (przemysł zbrojeniowy, wojskowe zaplecze naukowo-badawcze),
- brak elastyczności struktur i procedur działania w sektorze wojskowym,

- sztywność wymagań dotyczących nie tylko parametrów techniczno-użytkowych wyrobów lecz także procesów ich wytwarzania a w konsekwencji brak możliwości nawet niewielkich odstępstw od sztywnych wymagań nawet w przypadku możliwości uzyskania znacznych oszczędności kosztów,
- bariery formalne (sztywne przepisy, np. dotyczące wymagań, trudności w dokonywaniu zmian w zatwierdzonej dokumentacji – konieczność ponownych, kosztownych i długotrwałych badań kwalifikacyjnych).

#### **Abstract**

The article presents examples of specific dual technologies – management methods and techniques used in R&D and manufacturing. Several already classical management methods and techniques have been developed for defence programs or have been implemented there for the first time. Later they were used in civilian applications. Today an opposite tendency is observed. Many “civilian” management methods and techniques are finding more and more their application in “military” defence programs. The article presents main reasons and barriers of this kind of technology transfer.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Maciej BOSSAK (Politechnika Warszawska)

## **POLSKA STAL NA OKUCIE ŁUSKI NABOJU 120 mm**

### **POLISH STEEL FOR CARTRIDGE-CASE 120 mm**

**Jerzy STEPIEŃ\*, Zdzisław KACZMAREK\*\*, Jan MATERNIAK\*\*\***

\*Instytut Metalurgii Żelaza

Institute for Ferrous Metallurgy, Gliwice, Poland

\*\*Fabryka Produkcji Specjalnej Sp. z o.o. Bolechowo

Special Production Factory, Bolechowo, Poland

\*\*\*Politechnika Poznańska

Poznań University of Technology, Poznań, Poland

#### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono wyniki prac, których celem było opracowanie gatunku stali, który zapewni uzyskanie wymaganych właściwości dla okucia łuski samospalającej się kalibru 120 mm do armaty Rh120. Zakres prac obejmował: wyznaczenie składu chemicznego stali, opracowanie wstępnych instrukcji technologicznych oraz wykonanie prętów kutych  $\phi = 160 \pm 2$  mm. Wykonano również wstępne badania wybranych charakterystyk stali, opracowano założenia do obróbki cieplnej i określono właściwości proponowanej stali..

#### **Wnioski**

Opracowana stal Bw35HGNTMV w stanie ulepszonym cieplnie: hartowanie z temperatury 870°C w oleju i odpuszczanie w temperaturze 600°C z chłodzeniem w oleju pozwala uzyskać własności na poziomie wymaganym dla okuć kalibru 120 mm do armat Rh120, tj.:  $R_{0,2} = 1205$  MPa,  $R_m = 1270$  MPa,  $A_5 = 15\%$ ,  $Z = 57\%$ .

#### **Abstract**

The aim of the work was to show the new Polish steel for 120 mm cartridge-case for Rh120 cannon. Chemical composition and technology instruction for the new steel has been developed. Implementation of production technology of forging bars  $\phi = 160 \pm 2$  mm made of Bw35HGNTMV steel fulfils the technological requirements for 120 mm cartridge-case for Rh120 cannon. Basing on results of the investigation of final implementation of production technology for 120 mm cartridge-case for Rh120 cannon in SPF Bolechowo will be developed.

#### **Conclusions**

1. Development of Bw35HGNTMV steel fulfils the requirements of 120 mm cartridge-case after quenching from austenitizing temperature of 870 °C in oil and tempering at 600 °C in oil, i.e.:  $R_{0,2} = 1205$  MPa,  $R_m = 1270$  MPa,  $A_5 = 15\%$ ,  $Z = 57\%$ .
2. The aim of the work was to develop tentative parameters of quenching and tempering. The next investigation provided by Institute for Ferrous Metallurgy and Special Production Factory will implement the final parameters of quenching and tempering.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam WIŚNIEWSKI (Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia)

## **ABOUT SOME MATERIAL MODELS USED IN FINITE ELEMENT ANALYSIS OF THE IMPACT PROBLEMS**

### **UWAGI O KILKU MODELACH MATERIAŁOWYCH ZASTOSOWANYCH W ANALIZACH PROBLEMU ZDERZENIA WYKORZYSTUJĄCYCH METODĘ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH**

**Vasile NĂSTĂSESCU, Marian BUNEA**

Military Technical Academy, Bucharest, Romania  
Techniczna Akademia Wojskowa, Bukareszt, Rumunia

#### **Abstract**

Using of the finite element method for analysis of the impact problems became a usual solving way. There are some very powerful programs, specialized in this type of problems, which are able to say not only if a projectile perforates or not an armour plate, but to calculate some parameters used in protection appreciation, in characterizing of the materials etc. Next to these aspects, using of the finite element method allow us to simulate just the fracture of the material in a manner very closed of reality. The modelling of the material fracture can be made using appropriate material models.

This paper presents some consideration upon the most used material models which can simulate the material fracture. A special attention is paid to the Cowper-Symonds coefficients and to the Johnson-Cook material model.

#### **Conclusions**

Developing of the numerical analysis, specially of the finite element method, appearing of the material models which can describe complex phenomena like the material fracture allow to the researchers not only to simulate the fracturing, but to perform a large, various and professional analysis of the impact.

As we said in the introduction, the accuracy of most highly nonlinear finite element analyses depends on the quality of the material constants which were used. For best results it is necessary to obtain constants from material suppliers or to get them by special analyzing of the material.

#### **Streszczenie**

Wykorzystanie metody elementów skończonych do analizy problemu zderzenia staje się normalnym sposobem jego rozwiązania. Istnieje kilka bardzo znaczących programów wyspecjalizowanych w analizie problemu tego typu, które są w stanie nie tylko przeanalizować proces przebijania pociskiem płyty pancerniej, ale również obliczyć niektóre charakterystyki materiałowe osłon ochronnych. Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom, zastosowanie metody elementów skończonych pozwala nam również na symulowanie procesów pęknięć tych materiałów w sposób zbliżony do rzeczywistości.

Niniejsza praca przedstawia rozważania na temat najczęściej wykorzystywanych modeli, które mogą symulować mechanizm pęknięcia materiałów. Specjalną uwagę poświęcono współczynnikowi Cowper-Symonds'a i modelowi Johnson-Cook'a.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Idzi NOWOTARSKI (Military University of Technology, Warsaw)

## **BADANIA EKSPERYMENTALNE BALISTYKI KOŃCOWEJ POCISKÓW AMUNICJI STRZELECKIEJ O ZMNIEJSZONEJ ZDOLNOŚCI DO RYKOSZETOWANIA, WYKONANYCH ZE SPIEKÓW**

### **TERMINAL BALISTIC RESEARCH ON PROJECTILES MANUFACTURED WITH POWDER METALLURGY TECHNOLOGY**

**Edward WŁODARCZYK, Marcin MICHAŁOWSKI, Wojciech KOPERSKI**

Wydział Mechatroniki, Wojskowa Akademia Techniczna

Faculty of Mechatronic, Military University of Technology, Warsaw, Poland.

#### **Streszczenie**

W referacie przedstawiono wybrane wyniki badań spiekanych pocisków amunicji strzeleckiej, przy wytwarzaniu których zastosowano mieszanekę proszkową miedzi i tlenku glinu ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Badania przeprowadzono zgodnie z metodyką, uwzględniając możliwość zmiany kąta uderzania pocisków w tarczę. W efekcie wykazano, że pociski wytworzone w proponowany sposób mogą stanowić amunicję ćwiczebną ze względu na obniżoną skłonność do rykoszetowania. Właściwości balistyki zewnętrznej amunicji wytworzonej w ten sposób odpowiadają właściwościom pocisków standardowych, zaś efekty oddziaływania na tarczę potwierdzają dużo wyższe bezpieczeństwo stosowania. W pracy określono również zarys tzw. „wykresu fazowego”.

#### **Wnioski**

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Pociski wytwarzane w proponowany sposób mogą być stosowane jako ćwiczebna amunicja pośrednia i karabinowa.
2. Pociski te charakteryzują się mniejszą skłonnością do rykoszetowania w całym zakresie przebadanych kątów uderzenia i znacznie zmniejszonym działaniem rażącym po odbiciu od tarczy w stosunku do obecnie stosowanych w SZ RP pocisków amunicji strzeleckiej.
3. Dla kątów  $\beta_0$  pomiędzy  $30^\circ$  a  $60^\circ$  występuje zniszczenie pocisku a powstające fragmenty są niewielkich rozmiarów i nie posiadają energii kinetycznej na tyle dużej by spowodować uszkodzenia elementów strzelnicy w odległości większej niż 0,5m.
4. Dla kątów  $\beta_0$  poniżej  $30^\circ$  może nastąpić przebicie osłon wykonanych ze stali konstrukcyjnej zwykłej jakości o grubości 8-10 mm przy prędkości uderzenia powyżej 780 m/s, za tarczą pocisk ulega całkowitemu sproszkowaniu.
5. Dla kątów  $\beta_0$  powyżej  $60^\circ$  zachodzące przy uderzeniu zjawiska mają charakter losowy i nie są powtarzalne w stopniu pozwalającym na właściwy jakościowy i ilościowy opis.
6. W całym zakresie przebadanych prędkości następuje sproszkowanie lub znaczne odkształcenie pocisków modelowych przy uderzeniu w tarczę.
7. Dla kątów  $\beta_0$  od  $30^\circ$  do  $60^\circ$  krzywa granicy balistycznej dla przebadanego przypadku przebiega powyżej prędkości 750 m/s.

8. W trakcie prac nie przeprowadzono badań kątów i prędkości odbicia fragmentów powstałych po uderzeniu pocisków modelowych, jednak kształt, ilość i wielkość przestrzelin w „świadkach” pozwala przypuszczać, że nie jest to konieczne.
9. Zbadania wymaga żywotność lufy przy stosowaniu proponowanej amunicji. Tlenek glinu zastosowano ze względu na jego dostępność i niewielkie koszty zakupu, jednak można również w spieku zastosować azotek boru  $\text{BN}\alpha$ , zaś do porów wprowadzić parafinę.
10. Z przedstawionych rezultatów wstępnych badań wynika, że z odpowiednio wykonanych spieków można uzyskać ćwiczebne pociski amunicji strzeleckiej o właściwościach antyrykoszetowych.

Należy podkreślić, iż prowadzone badania, których fragment został przedstawiony w niniejszym artykule, stanowią jedną z pierwszych w kraju prób ilościowego opisu zjawiska rykoszetu oraz praktycznego sposobu przeciwdziałania skutkom jego rażenia.

### Abstract

In the paper, terminal ballistic research on effects of target penetration by projectiles manufactured with the powder metallurgy technology are presented.

The projectile is made with copper and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  powder. This ballistic research was conducted on the basis of research methodology described in [1]. This research are proved that projectiles was made with copper and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  powder may be used in training pistol or rifle ammunition. External ballistic properties of this projectiles are comparable with properties of FMJ projectiles, but safety of using projectile was made with copper and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  powder is higher then safety of using FMJ projectiles. In the paper, phase diagram for 7.62 mm-dia. projectile and 8mm steel target element are presented.

### Conclusions

In this paper we have presented the results of terminal ballistic research on effects of target penetration by training projectiles manufactured with the powder metallurgy technology.

This research are proved that projectiles was made with copper and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  powder may be used in training pistol or rifle ammunition. Projectiles were made with copper and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  powder has lower inclination to ricochet then FMJ projectiles. The influence of these projectiles after ricochet is not dangerous.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam JACKOWSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

**INVESTIGATION OF THE BEHAVIOUR OF STEEL AND LAMINATED  
FABRIC PLATES UNDER BLAST WAVE LOAD  
PART I – EXPERIMENTAL APPROACH**

**BADANIE ZACHOWANIA SIĘ PŁYT STALOWYCH I LAMINATÓW  
WŁÓKNINOWYCH PO OBCIĄŻENIU FAŁĄ PODMUCHOWĄ  
CZĘŚĆ I – EKSPERYMENT**

**Waldemar A. TRZCIŃSKI\*, Radosław TRĘBIŃSKI\*, Stanisław CUDZIŁO\*\***

\* Institute of Electromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna

\*\* Institute of Chemistry, Military University of Technology, Warsaw, Poland

Instytut Chemii, Wojskowa Akademia Techniczna

**Abstract**

An experimental investigation was undertaken in order to study the behaviour of laminated fabric and steel plates when subjected to impulsive loads. A special set up had been constructed, in which fully clamped rectangular plates were loaded by the blast waves generated due to explosion of TNT charges. To observe highly dynamic movement of plates, X-ray photography method was used. The data obtained enable us to determine the deformation of the plates under shock loading.

**Conclusion**

X-ray photography method was applied to study the behaviour of laminated fabric and steel plates when subjected to blast wave loads. It was proved that the movement of a plate strongly depends on the plate material properties.

The data obtained can be compared with the numerical simulation of response of steel and laminate plates on blast waves. Then, the analysis of the behaviour of plates will be more complete.

**Streszczenie**

Podjęto próbę zbadania eksperymentalnie zachowania się płyt stalowych i z laminatów włókninowych poddanych działaniu obciążenia impulsowego. Skonstruowano specjalne stanowisko badawcze, w którym zamocowane w sposób sztywny płyty prostokątne obciążane były falą podmuchową generowaną wybuchem ładunków trotylowych. Do obserwacji dynamicznej odpowiedzi płyt zastosowano metodę rentgenografii impulsowej. Uzyskane wyniki umożliwiają określenie deformacji płyt pod wpływem dynamicznego obciążenia.

Reviewer:

dr hab. inż. Bogdan ZYGMUNT (Military University of Technology, Warsaw)

## **INVESTIGATION OF THE BEHAVIOUR OF STEEL AND LAMINATED FABRIC PLATES UNDER BLAST WAVE LOAD PART II – NUMERICAL APPROACH**

### **BADANIE ZACHOWANIA SIĘ PŁYT STALOWYCH I LAMINATÓW WŁÓKNINOWYCH PO OBCIĄŻENIU FAŁĄ PODMUCHOWĄ CZEŚĆ II – SYMULACJA KOMPUTEROWA**

**Vladislav ADAMÍK\*, Waldemar A. TRZCIŃSKI\*\*, Jiří VÁGENKNECHT\*\*\***

\* External Consultant of the DTTX on Continuum Dynamics

Konsultant zewnętrzny Katedry Teorii i Technologii Materiałów Wybuchowych  
Uniwersytetu w Pardubicach, Czechy

\*\* Institute of Electromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, Polska

\*\*\* Department of Theory and Technology of Explosives (DTTX),

University of Pardubice, Czech Republic

Katedra Teorii i Technologii Materiałów Wybuchowych, Uniwersytet w Pardubicach, Czechy

#### **Abstract**

The paper deals with numerical 3D simulation, through the code LS-DYNA, of the effects caused by air blast waves generated by cylindrical TNT charges (the mass of 50g, 75g, and 100g) on fully clamped rectangular plates made of steel or steel-composites combination. The paper presents constitutive models used for the numerical system parts: TNT, air, steel, and laminated fabric composites. Then, it describes numerical 3D models used for the simulations. The main output results of the simulations are presented and compared with the experiments performed at the Institute of Armament Technology, Military University of Technology, Warsaw, Poland. From the comparison, it follows that the numerical simulations are in a good agreement with the experiments but a future research effort is needed in the field of the constitutive description of the composite plate dynamic behaviour.

#### **Conclusions**

The paper deals with numerical 3D simulation, using the code LS-DYNA, of the effects caused by air blast waves generated by cylindrical TNT charges on fully clamped steel or steel-laminated fabrics plates. For the simulation, the experiments performed at the Institute of Electromechanics of Military University of Technology were used.

For steel plates, a very good agreement was obtained for maximum displacement at the centre of the plates. A good agreement was also presented for displacement distribution along the plate central line.

For steel-laminated plates with modified material parameters, a good agreement was obtained for both maximum displacement at the centre of the plates and displacement distribution along the plate central line. However, the dynamic behaviour of laminated fabrics was only approximated by the material model no.24. In this field, a future research effort is needed.

The material constitutive models used for steel and laminated fabrics did not take into account possible material strain rate sensitivity, but the comparison has shown that this assumption was correct. This can be explained by the fact that the average strain rates involved were only around  $50\text{s}^{-1}$  and this value is much more lesser than strain rates encountered in impact analysis (strain rates usually higher than  $1000\text{s}^{-1}$ ).

Presented analysis has shown that the code LS-DYNA can be a very powerful tool for the analyses of this type. It can offer very useful information about the system details (e.g. force histories, node displacement histories) – however, its application requires great experience of the user and especially reliable materials behaviour modelling.

### **Streszczenie**

W pracy zbadano skutki oddziaływania fali podmuchowej generowanej detonacją cylindrycznego ładunku trotylu o masie 50, 75 lub 100 g na płytę stalową lub układ płyta stalowa-laminat. Zastosowano trójwymiarową symulację komputerową z wykorzystaniem kodu LS-DYNA. Praca zawiera opis modeli konstytutywnych produktów detonacji, stali i laminatów włókninowych zastosowanych w symulacji oraz modelowego układu badawczego. Zaprezentowano zasadnicze wyniki modelowania numerycznego i dokonano ich porównania z rezultatami doświadczalnymi. Z analizy porównawczej wynika dobra zgodność rezultatów symulacji i eksperymentu, ale konieczne są dalsze badania w kierunku pełniejszego opisu właściwości płyty kompozytowych i ich zachowania się pod wpływem obciążenia dynamicznego.

Reviewer:

dr hab. inż. Bogdan ZYGMUNT (Military University of Technology, Warsaw)

**TEORETYCZNO-EKSPERYMENTALNA ANALIZA PENETRACJI  
PŁYTY LAMINATOWEJ PRZEZ POCISK 9 MM NAPĘDZONY DO  
PRĘDKOŚCI 350 m/s**

**THEORETICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF PENETRATION  
OF LAMINATE PANEL BY 9-MM PROJECTILE DRIVEN TO  
VELOCITY OF 350 m/s**

**Karol JACH<sup>\*</sup>, Krzysztof JAMROZIAK<sup>\*\*</sup>, Krzysztof RUTYNA<sup>\*</sup>,  
Marek SZUDROWICZ<sup>\*\*\*</sup>, Robert ŚWIERCZYŃSKI<sup>\*</sup>**

<sup>\*</sup> Instytut Optoelektroniki, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Optoelectronics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

<sup>\*\*</sup> Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych

Tadeusz Kościuszko Land Forces Military Academy, Wrocław, Poland

<sup>\*\*\*</sup> Wojskowy Instytut Techniki Pancernej i Samochodowej  
Military Institute of Armoured and Automotive Technology, Sulejów, Poland

**Streszczenie**

W pracy przedstawiono wyniki badań teoretyczno-eksperymentalnych procesu penetracji płyt laminatowych wykonanych na bazie tkanin aramidowych pociskiem 9 mm wystrzelonym z Parabellum. W eksperymencie mierzono prędkość pocisku oraz wyznaczano przemieszczenia (ugięcia) płyt laminatowych w funkcji czasu trwania procesu wychwytu. Pomiar prędkości pocisku zrealizowano metodą pomiaru czasu (bramki optyczne oraz czujniki zwarciove współpracujące z licznikiem czasu), przemieszczenie laminatu zaś mierzono metodą pomiaru odległości - wykorzystując fotografie kadrowe. Do analiz teoretycznych procesu oddziaływania pocisku z warstwą laminatu wykorzystano kod komputerowy oparty na metodzie punktów swobodnych. Uzyskano dobrą zgodność wyników symulacji komputerowych z eksperymentalnymi, jeśli chodzi o prędkość powierzchni laminatu.

**Wnioski**

1. W pracy podjęto próbę zamodelowania oddziaływania pocisku 9x19mm Parabellum lecącego z prędkością 350 m/s z pancerzem aramidowym LIM1.
2. Wyniki wstępnych symulacji komputerowych wskazują, że jest możliwe uzyskanie bardzo dobrej zgodności jakościowej rzeczywistego ugięcia płyty laminatowej z wartościami otrzymanymi w wyniku symulacji komputerowej i dobrej zgodności ilościowej. Dowodzi to, że próba adaptacji metody punktów swobodnych do rozwiązywania zagadnień oddziaływania pocisku z tarczą LIM1 zakończyła się powodzeniem.
3. Rozbieżności między teorią a eksperymentem, jeśli chodzi o kształt deformowanego pocisku, wynikają z założonego na wstępnym etapie badań, uproszczonego modelu pocisku nie uwzględniającego płaszcza miedzianego. W dalszych badaniach model pocisku zostanie uzupełniony tak, aby oddawał jego rzeczywisty kształt w procesie deformacji.

4. Zastosowanie kamer elektronooptycznych do rejestracji kształtu ugięcia płyty laminatowej wykorzystując metodę fotografii cieniowej, w zupełności nadaje się do tego typu pomiarów.

#### **Abstract**

The paper presents results of theoretical and experimental investigations of penetration process of laminate panels, made on the basis of aramid fabrics, by a 9-mm projectile shot from a Parabellum. The projectile velocity was measured and deformations of laminate panels as a function of time duration a capture process were determined. The projectile velocity was measured with a method of time measurement (optical gates and short-circuit sensors connected with a time counter) and laminate deformation was measured by distance measurement method – using frame photographs. For theoretical analyses of a process of projectile interaction with laminate layer, a computer code based on free particles numerical method was used. Good consistence of computer simulation results with experimental ones has been obtained for velocity of laminate surface.

#### **Conclusions**

1. In the work, an attempt of modelling of interaction of 9x19mm projectile of Parabellum with a velocity of 350 m/s with LIM1 aramid target has been made.
2. The results of initial computer simulations show that it is possible to obtain very good qualitative and good quantitative consistence of real deformation of laminate panel with the deformation values obtained from a computer simulation. It proves that a trial to adapt a free particles numerical method to solve the problems of projectile interaction with LIM1 was satisfactory.
3. Discrepancies between theoretical and experimental shapes of deformed projectile result from initially assumed simplified projectile model in which a copper cover was neglected. In further investigations, a projectile model will be completed in such a way to represent its real shape during a deformation process.
4. Application of electrooptical cameras for registration of a shape of laminate panel deformation using a method of shade photography is proper for such measurements.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Edward WŁODARCZYK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **V50 DETERMINATION OF ARMOUR MATERIALS FOR BULGARIAN ARMY**

### **OKREŚLENIE WSPÓŁCZYNNIKA V50 MATERIAŁÓW OCHRONNYCH PRZEZNACZONYCH DLA ARMII BUŁGARSKIEJ**

**Hristo HRISTOV\*, Ivan GABROVSKY\*, Juliana KARAKANEVA\*,  
Plamen TASHKOV\*\*, Kosta SARAJDAROV\*\***

\* Defence Advanced Research Institute, “Rakovski” Defence and Staff College, Sofia, Bulgaria  
Wyższa Szkoła Wojskowa im. Rakowskiego, Sofia, Bułgaria

\*\* Mars Modular Systems Ltd., Sofia, Bulgaria

#### **Abstract**

The task of creation of effective means of individual ballistic protection of the warrior is extremely important. The perfection of those means is caused, first of all, by achievement in the field of used materials and circuits of protection. However quality of methodical maintenance determining accuracy of an estimation of an actual level of the protective characteristics brings in the contribution to development and optimization of design data of elements of protection. The increase of accuracy and reliability of definition of a level of actual stability of protection allows optimizing thickness of protection, to remove its unreasonable stock, to minimize weight of a sample, which, at the end, determines perfection of the technical decision of a means of individual protection as a whole. Now to protective structures of the means are required of maintenance 100 percent no-penetrating. Taking into account, that there cannot be a protection, which would ensure 100 percent protection of the warrior, as the vital parts of a body are protected, as a rule, only, it would be expedient to proceed to estimation of probability with definition of a degree of risk. The definition of the probabilistically characteristics of protection of the mean requires perfection of techniques of realization of tests, with the purpose of increase them data of information, and also methods of processing of results allowing to estimate a degree of risk of the accepted decisions.

Military use in practice *V50* ballistic test, which is the internationally recognised standard for assessing the fragmentation resistance of personal protection, particularly hard armour, helmet, and vest. *V50* testing experimentally identifies the velocity at which a bullet has 50 percent chance of penetrating the test object.

The *V50* ballistic limit velocity for material is defined as that velocity for which the probability of penetration of the chosen projectiles is exactly 0.5 (STANAG 2920).

This material presents an application of mathematical method for the risk assessment under the statistical determination of ballistic limits and mixed results zone of the protection equipment. The authors perform a mathematical model based on the Pierson-criteria. Software realization of the model allows to evaluate the indicator *V50* and to assess the statistical hypothesis reliability. The results provide the specialists with the information about the interval valuations of determined probability during the testing process.

### **Conclusion**

The mathematical model and procedure to estimate the basic characteristics of body protection armours had created in form of the probability functions of the impact velocities especially  $V05$ ,  $V50$  and  $V95$ .

The authors' efforts are focused on the creation of mathematical model and procedure to estimate the basic characteristics of body protection armours. The application of probabilistic statistical approach allows doing much estimation based on the real experiments with the helmets and body armour. The obtained results confirm the theoretical hypothesizes.

The presented elaboration gives to responsible agency an effective tool to estimate the body armours characteristics during ballistic tests.

The developed procedure is used at research and designing of means of individual ballistic protection for the Bulgarian army.

### **Streszczenie**

Referat przedstawia zastosowanie metody matematycznej do oceny ryzyka w statystycznym określeniu ograniczeń balistycznych i stref wyposażenia ochronnego. Autorzy wykonali model matematyczny oparty na kryterium Piersona. Oprogramowanie realizujące ten model pozwala ocenić wskaźnik  $V50$  i oszacować solidność hipotez statystycznych. Otrzymane rezultaty dostarczają specjalistom informacje na temat oceny wyznaczonego prawdopodobieństwa podczas procesu badawczego.

### **Wnioski**

Wysiłki autorów zostały nakierowane na stworzenie modelu matematycznego oraz procedury oceny podstawowych charakterystyk materiałów ochraniających ciało. Zastosowanie probabilistycznego przybliżenia pozwala przeprowadzić lepszą estymację opartą na rzeczywistych eksperymentach z hełmami i kamizelkami. Otrzymane rezultaty potwierdzają teoretyczne hipotezy. Procedura ta jest wykorzystywana w badaniach naukowych i projektowaniu indywidualnych środków ochrony balistycznej dla Sił Zbrojnych Bułgarii.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Military University of Technology, Warsaw)

## **O PEWNYM MODELU DLA SZACOWANIA DYNAMICZNEGO WSPÓŁCZYNNIKA TARCIA POŚLIZGOWEGO W PROCESIE PENETRACJI SZTYWNEGO POCISKU W METALOWĄ TARCZĘ**

### **ON SOME MODEL FOR THE ESTIMATING OF THE MEAN DYNAMICAL SLIDING FRICTION COEFFICIENT AT THE PROCESS PENETRATION RIGID PROJECTILE INTO A METAL TARGET**

**Edward WŁODARCZYK\*, Zbigniew GŁODOWSKI \*\***

\* Wydział Mechatroniki, Wojskowa Akademia Techniczna

Faculty of Mechatronic Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\* Wydział Techniki Wojskowej, Wojskowa Akademia Techniczna

Faculty of Military Technology, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Jednym z głównych parametrów decydujących o głębokości wnikania pocisku w tarczę jest wartość prędkości uderzenia. Z tego punktu widzenia, rozpatrywane w literaturze zagadnienia można podzielić na trzy grupy.

Pierwsza grupa obejmuje problemy dla prędkości zderzenia zawartych w przedziale od 100 do 1000 m/s. Jest to zakres prędkości pocisków broni strzeleckiej. Dla tych wartości prędkości, pociski wykonane z twardych, wysokowytrzymałych materiałów (np. węgliki spiekane, stale o dużej hartowności), wnikające w tarcze z miękkich metali (żelazo armco, stal miękka, aluminium, ołów itp.) można traktować jako ciała doskonale sztywne (nieodkształcalne).

Do drugiej grupy zaliczamy zagadnienia dotyczące penetracji pocisku w przegrodę w przedziale prędkości zderzenia od 1000 do 10000 m/s. Zagadnienia z tego przedziału prędkości zderzenia dotyczą rdzeni pocisków podkalibrowych i strumieni kumulacyjnych wnikających w pancerze. W tym zakresie prędkości materiały pocisków i tarcz płyną; zachowują się jak ciecz nieściśliwa. Dla tego przypadku opracowano odpowiednie modele hydrodynamiczne, które symulują proces powstawania kraterów w tarczy.

Trzecia grupa problemów dotyczy zderzenia się ciał z prędkościami kosmicznymi, rzędu dziesiątek km/s (zderzenia meteorytów z elementami konstrukcji statków kosmicznych). W tych warunkach pewne objętości ciał położonych w otoczeniu powierzchni kontaktu, po ich zderzeniu się z hiperprędkością, większą od prędkości progowej, wybuchają.

Fizyczną przyczyną tego zjawiska jest znaczny lokalny przyrost energii wewnętrznej zderzających się ciał, na skutek wysokiej ich kompresji, który istotnie przekracza energię kohezji cząsteczek, powodując wybuchowy przebieg procesu dekompresji.

W niniejszej pracy skonstruowano zamknięte analityczne rozwiązanie zagadnienia wnikania nieodkształcalnego pocisku w metalową półprzestrzeń (gruba płyta) .

W procesie wnikania uwzględniono opór wywołany spoistością (twardością) materiału tarczy i siłami małej lepkości dynamicznej, działającymi na pobocznice pocisku oraz masą wirtualną tarczy w otoczeniu pocisku. Zagadnienie rozwiązano dla prostopadłego wnikania pocisku w tarczę (oś pocisku pokrywa się z normalną do płaszczyzny półprzestrzeni).

Uzyskano analityczne wzory określające chwilową prędkość wnikania pocisku w tarczę oraz aktualną i końcową głębokość penetracji.

### Wnioski

Z analizy wyprowadzonych wzorów wynika, że parametrami, które determinują proces wnikania nieodkształcalnego pocisku w metalową półprzestrzeń są: *dynamiczna twardość* ( $H_t$ ) i *gęstość* ( $\rho_t$ ) *materiału tarczy*, *prędkość prostopadłego uderzenia* ( $V$ ), *gęstość materiału pocisku* ( $\rho_p$ ) i *jego długość* ( $L$ ), *średni współczynnik dynamiczny tarcia poślizgowego* ( $\mu$ ) oraz *współczynnik kształtu wierzchołka pocisku* ( $k$ ).

Ponadto końcowa głębokość wnikania  $l_k$ , przy ustalonych parametrach układu pocisk-tarcza ( $L, V, k, \rho_p, \rho_t, H_t$ ), jest jednoznacznie funkcją średniego dynamicznego współczynnika tarcia poślizgowego  $\mu$ . Zatem po eksperymentalnym określeniu wielkości  $l_k$ , z wyprowadzonych wzorów można jednoznacznie określić współczynnik  $\mu$  zależny od wymienionych parametrów układu pocisk – tarcza.

### Abstract

The analytical solution of penetration problem of the rigid projectile into a metal half – space, including small kinetic sliding friction has been constricted in this paper. The cohesive resistance of the target, small frictional effects, and the acceleration of target material in the neighbourhood of the projectile (virtual mass effects) have been taken into account in the penetration process. The problem has been solved for the normal impact (the velocity vector be coincident with the axis of symmetry of the projectile and both are in the direction of the normal to the target surface). The analytical formulae that determine the penetration velocity, trajectory of a projectile into target, and the final depth of the projectile penetration have been derived. In addition, with the aid of these formulae and final depth of the projectile penetration, determined experimentally, it is possible to determine the mean friction coefficient.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam JACKOWSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## TECHNICAL ASPECTS OF THE USE OF HIGH ENERGETIC EXPLOSIVES IN TANDEM SHAPED CHARGES

### TECHNICZNE PROBLEMY UŻYCIA WYSOKOENERGETYCZNYCH MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH W TANDEMOWYCH ŁADUNKACH KUMULACYJNYCH

**Adam WIŚNIEWSKI, Paweł PODGÓRZAK**

Military Institute of Armament Technology, Zielonka, Poland

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, Zielonka

#### Abstract

In the paper the methods of the shell filling of projectiles with explosives is presented. The parameters and the results of pressing of the small and the large blocks of the main warhead of tandem shaped charge were shown. During pressing of these blocks the explosive desensitized with wax or teflon was used. The difficulties connected with the selection of the lubrication way of the die block, the cracking of the blocks and the liners, the liner separation from explosive during pressing were presented. The good stamping of the mould form of the die block was achieved, without spalls of explosive of both the large and the small block. The problems, which occurred during pressing of the explosive desensitized with teflon, were shown.

The good distribution of density of pressed explosive in the large block and in the small one of the complicated shape, were achieved. In case of explosive desensitized with wax, very high maximum density values of the explosive blocks have been achieved and they were:  $1.837 \text{ g/cm}^3$  – of the large block, i.e. 99.6% of theoretical density and  $1.813 \text{ g/cm}^3$  – of the small block, i.e. 98.3% of theoretical density. The largest depth of penetration of the steel with the jet of the main shaped charge warhead, consisting of pressed blocks was 973 mm.

#### Conclusions

On the basis of the investigations which were carried out it can be stated that:

- The pressing technology of the blocks of shaped charges with the diameter of 106 mm (the first one of so large diameter which was pressed in Poland) has been worked out.
- Good distribution of density of pressed HEE was achieved, even during pressing so complicated shape of small block of HEE.
- Very high, maximum measured block density of HEE, which was desensitized with wax, have been achieved:
  - large -  $\rho_{uz} = 1,813 \div 1,837 \text{ g/cm}^3$  (the upper - the bottom part of the block), i.e.  $b = (\rho_{uz} / \rho_{max}) 100\% = 98,3 \div 99,6\%$  TMD – of the theoretical density,
  - small -  $\rho_{uz} = 1,761 \div 1,813 \text{ g/cm}^3$  (the bottom - the upper part of the block), i.e.  $b = 95.5 \div 98.3 \%$  the TMD – of the theoretical density.
- It was determined that formation of blocks made of HEE, which was desensitized with teflon requires the use of higher tonnage of a press than 160 T.

- It was confirmed, that the proposed construction and technology of manufacturing of warhead II (the shape and kind of warhead material, the cumulative liner, the diaphragm, the SO - *stand off* - distance of warhead from RHA, etc.) is correct. There are the possibilities to achieve better results by means of better concentration of jet energy as a result of different technological processes of block pressing.
- the maximum depth of penetration of steel rods was achieved  $DP = 973 \text{ mm} = 8.7 CD$  of the tandem shaped charge model, i.e. this depth of penetration is 40% larger than the largest depth of penetration, which has been achieved in our country so far, i.e.  $DP \approx 600 \text{ mm}$ .

### Streszczenie

Przedstawiono parametry i wyniki prasowania kostek małych i dużych głowicy zasadniczej kumulacyjnego pocisku tandemowego. Podczas prasowania tych kostek stosowano materiał wybuchowy flegmatyzowany woskiem lub teflonem. Uzyskano dobre odwzorowanie gniazda matrycy, bez wykruszeń materiału wybuchowego, zarówno kostki dużej jak i małej. Przedstawiono problemy podczas prasowania materiału wybuchowego flegmatyzowanego teflonem.

Uzyskano dobry rozkład gęstości prasowanego materiału wybuchowego w kostce dużej i małej, o złożonym kształcie. W przypadku materiału wybuchowego flegmatyzowanego woskiem uzyskano bardzo wysokie maksymalne gęstości kostki dużej  $1,837 \text{ g/cm}^3$ , tj. 99,6% gęstości teoretycznej i kostki małej  $1,813 \text{ g/cm}^3$ , tj. 98,3% gęstości teoretycznej. Największa głębokość przebiccia stali strumieniem kumulacyjnym głowicy zasadniczej złożonej z zaprasowanych kostek wyniosła 973 mm.

### Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że:

- Opracowano technologię prasowania kostek ładunku kumulacyjnego o średnicy 106 mm (pierwszego, o tak dużej średnicy, prasowanego w Polsce).
- Uzyskano dobry rozkład gęstości prasowanego MW nawet podczas prasowania tak złożonego kształtu jak kostka mała.
- Dla materiału wybuchowego flegmatyzowanego woskiem uzyskano bardzo wysokie maksymalne zmierzone gęstości kostki:
  - dużej -  $\rho_{uz} = 1,813 \div 1,837 \text{ g/cm}^3$  (górną ÷ dolną część kostki), tj.  $b = (\rho_{uz} / \rho_{max}) 100\% = 98,3 \div 99,6\%$  TMD - gęstości teoretycznej,
  - małej -  $\rho_{uz} = 1,761 \div 1,813 \text{ g/cm}^3$  (dolną ÷ górną część kostki), tj.  $b = 95,5 \div 98,3\%$  TMD - gęstości teoretycznej.
- Określono, że kształtowanie kostek z materiału wybuchowego flegmatyzowanego teflonem wymaga zastosowania prasy o wyższych naciskach niż 160 T.
- Uzyskano potwierdzenie, że zaproponowana konstrukcja i technologia wykonania głowicy II (kształt i rodzaj materiału głowicy, wkładki kumulacyjnej, przesłony, odległość SO - *stand off* - głowicy od RHA, itp.) jest prawidłowa. Osiągnięto maksymalną głębokość przebiccia prętów stalowych równą  $DP = 973 \text{ mm} = 8,7 CD$  modelu tandemowego pocisku kumulacyjnego, to jest o 40% większą od największej głębokości przebiccia, jaką uzyskano dotychczas w kraju, tj.  $DP \approx 600 \text{ mm}$ .

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Radosław TRĘBIŃSKI (Military University of Technology, Warsaw)

## **BADANIA TECHNOLOGICZNE FRAGMENTUJĄCEGO SIĘ POCISKU PISTOLETOWEGO**

### **TECHNOLOGICAL INVESTIGATIONS OF THE FRANGIBLE PISTOL BULLETS**

**Jacek JANISZEWSKI, Wojciech FURMANEK, Jacek KIJEWSKI**

Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Electromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W celu zapewnienia właściwego wyszkolenia strzeleckiego żołnierzy oraz funkcjonariuszy, np. policji, niezbędny jest częsty trening strzelecki. Powinien on umożliwić oswojenie się ze zjawiskiem strzału, wyrobić prawidłowe nawyki w posługiwaniu się bronią i częściowo przyzwycząć do rzeczywistych warunków bojowych. Aby trening strzelecki spełniał swoją rolę, powinien odbywać się często i na odpowiednio przygotowanych obiektach – strzelnicach lub placach ćwiczeń. Jednak proces szkolenia z wykorzystaniem amunicji bojowej wiąże się z dużymi kosztami, wynikającymi z konieczności utrzymania odpowiedniej infrastruktury technicznej strzelnic i zapewnienia rygorystycznych warunków bezpieczeństwa.

W dobie przebudowy Sił Zbrojnych (likwidacji wielu strzelnic i poligonów) i problemów finansowych państwa, realizacja szkolenia strzeleckiego pododdziałów w jednostkach wojskowych napotyka coraz większe trudności. Problem ten jeszcze się pogłębi, kiedy zaczną obowiązywać nowe unijne regulowania prawne w zakresie bezpieczeństwa i ekologii.

Jednym z możliwych rozwiązań zapewniających częściową poprawę tego stanu rzeczy jest wprowadzenie do uzbrojenia Wojska Polskiego nowego typu amunicji przeznaczonej do prowadzenia szkolenia strzeleckiego na strzelnicach garnizonowych, którą ogólnie określa się terminem „amunicji o ograniczonej strefie rażenia”. Charakteryzuje się ona przede wszystkim tym, iż zapewnia bezpieczeństwo treningu nawet na strzelnicach z małymi strefami bezpieczeństwa, zachowując jednocześnie realizm szkolenia.

W artykule skoncentrowano się na bezołowiowych fragmentujących się pociskach pistoletowych wytworzonych metodą metalurgii proszków. W artykule przedstawiono wyniki wstępnych badań dotyczących opracowania technologii wytwarzania fragmentującego się pocisku pistoletowego. Stwierdzono, że otrzymane pociski pistoletowe ze spieku Cu-Sn, zapewniają poprawność działania automatyki broni i fragmentują po penetracji traczy stalowej o grubości 2 mm.

#### **Wnioski**

W wyniku przeprowadzonych badań i analiz opracowano wstępnie proces technologiczny wytwarzania materiału spiekanego na fragmentujący pocisk pistoletowy. Przyjęte rozwiązanie bazujące na wyborze do badań proszków miedzi i cyny przyniosło pozytywny efekt. Przede wszystkim otrzymano materiał, który użyty jako pocisk pistoletowy fragmentuje się na małe odłamki o małej energii kinetycznej.

Dzięki temu uzyskano efekt ograniczenia strefy rażenia tego pocisku. Ponadto stosując proszki miedzi i cyny spełniono wymagania ekologiczne, które koncentrują się wokół eliminowania ołowiu w produkcji amunicji strzeleckiej. Oprócz tego, dzięki przyjętym parametrom technologicznym uzyskano materiał spiekany zapewniający pociskowi odpowiednią masę, gwarantującą poprawną pracę automatyki broni (automatyczne przeładowanie i dosyłanie naboju).

Ponieważ problematyka amunicji fragmentującej jest w Polsce dopiero rozwijana, a zaprezentowane w niniejszej pracy wyniki badań należy traktować jako wstępne, dlatego dalsze prace powinny skoncentrować się na:

- zbadaniu właściwości penetracyjnych opracowanych pocisków w zależności od rodzaju przegrody (tarczy),
- zbadaniu możliwości wytwarzania spieków z zastosowaniem niższych temperatur spiekania,
- zbadaniu właściwości balistycznych nowo opracowanych pocisków i ewentualne opracowanie nowej konstrukcji pocisku mającej na celu zmniejszenie jego donośności.

#### **Abstract**

The aims of this paper are lead-free frangible bullets made by using powder metallurgy technique. The initial investigation results of manufacturing process of the bullets made from copper and tin powders have been presented. It was found that sintered bullets are sufficiently difficult to provide regular working of the automatic weapons and they break up into small pieces upon contact with 2 mm steel plate.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam WIŚNIEWSKI (Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia)

## **SYMULATOR MORSKIEJ SYTUACJI RADIOLOKACYJNEJ**

### **THE SIMULATOR OF SEA RADIOLOCATING SITUATION**

**Bogdan ŻAK**

Wydział Mechaniczno-Elektryczny, Akademia Marynarki Wojennej  
Department of Mechanical and Electrical Engineering, Naval University of Gdynia, Poland

#### **Streszczenie**

W Instytucie Podstaw Techniki AMW, w latach 1994-95 został wykonany trenażer do symulacji i zobrazowania ruchu okrętu. Jest on elementem systemu zbierania i zobrazowania informacji nawigacyjnej i taktycznej „ŁEBA”. Na bazie systemu ŁEBA zostało zbudowane stanowisko laboratoryjne wykorzystywane do badań nad zautomatyzowanymi systemami dowodzenia (ZaSyD) w zakresie wizualizacji sytuacji nawigacyjnej i taktycznej na tle cyfrowej mapy morskiej. Podstawą zasilania informacyjnego rzeczywistego systemu „ŁEBA” jest stacja radiolokacyjna. W warunkach laboratoryjnych, ze względu na problemy ekologiczne oraz trudności związane z uzyskaniem powtarzalności sytuacji radiolokacyjnej nie można użyć bezpośrednio stacji radiolokacyjnej. Stąd wynikła potrzeba zbudowania symulatora sytuacji radiolokacyjnej.

Zbudowany symulator jest uniwersalnym zestawem komputerowym służącym jako cyfrowe wejście informacyjne danych radiolokacyjnych dla zautomatyzowanych elektronicznych systemów dowodzenia stosowanych w MW. Zestawu ten przeznaczony jest do zbierania, przetwarzania i archiwizacji oraz zobrazowania danych z radarów okrętowych. Ma on również możliwość ręcznego (i automatycznego) symulowania dowolnej sytuacji radiolokacyjnej na akwenie Morza Bałtyckiego oraz wokół jednostki pływającej.

Zestaw ten ma możliwość zapisu w czasie rzeczywistym danych radarowych o pozycji własnego okrętu oraz o wykrytych obiektach. Dane te są archiwizowane w bazie danych systemu i zobrazowane na tle mapy nawigacyjnej. Oprócz rejestracji rzeczywistego obrazu obiektów radarowych zestaw może symulować na życzenie operatora dowolną sytuację radiolokacyjną.

#### **Abstract**

In the paper the simulator of sea radiolocating situation which was building at the Basic Technique of Institute of Naval University is presented. This simulator was worked out and built in frames of purposeful project funded through the Polish Naval and the Science and Computerization of Ministry. It is the task of simulator the assembling and filing of radiolocating data from radars as well as the simulation of at will constructed radiolocating situation on reservoir of Baltic Sea. Simulator hae been designed to power supply informative ACS during training their services.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Jerzy R. MŁOKOSIEWICZ (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **METODA ŚLEDZENIA DYSKRETNEGO I ALGORYTM PRZELICZNIKA DLA CELÓW MANEWRUJĄCYCH W CELOWNIKU PRZECIWLOTNICZYM CP-1**

### **THE METHOD OF DISCRETE TRACKING AND THE ALGORITHM OF THE BALLISTIC COMPUTER FOR MANOEUVRED TARGETS IN THE CP-1 NEW GENERATION PROGRAMMED ANTI-AIRCRAFT SIGHT**

**Paweł DOBRZYŃSKI**

Instytut Systemów Mechatronicznych, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Mechatronic Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W ciągu ostatnich dekad dzięki komputerowemu wspomaganii pilota manewrowość i prędkość celów powietrznych wzrosła kilkakrotnie. Możliwości taktyczne i zasięgi oraz metody wypracowania nastaw do strzelania w zestawach artyleryjskich krótkiego zasięgu (PZA) zatrzymały się na poziomie lat 50-tych. W dalszym ciągu na armatach tego typu instalowane są celowniki wykorzystujące w rozwiązaniu zagadnienia trafienia metody określania parametrów ruchu celu poprzez ciągły pomiar prędkości kątowych i kątów śledzenia celu powietrznego oraz hipotezy zakładające niezmienny w czasie ruch celu za czas lotu pocisku. Systemy mikroprocesorowe wykorzystywane są jedynie do digitalizacji rozwiązań i systemów pracujących w systemach analogowych. Proponowana przez autora metoda i algorytm przelicznika przedstawione zostały w ogólnych zarysach na konferencji „Kierowanie ogniem naziemnych systemów obrony powietrznej (przeciwlotniczej)” w Koszalinie w maju 2004r i została przyjęta z zainteresowaniem. Poniższy referat ma na celu przybliżenie zalet proponowanego rozwiązania oraz problemów z tym związanych.

W referacie przedstawiono sposób celowania bazujący na dyskretnym określaniu punktów charakterystycznych i parametrów ruchu celu oraz algorytm pracy przelicznika dokonujący predykcji punktu wyprzedzonego na podstawie ekstrapolacji współrzędnych położenia celu z jednokrotnym uwzględnieniem jego manewru.

#### **Wnioski**

Rozwiązanie zagadnienia trafienia realizowane zgodnie z przedstawioną w referacie metodą śledzenia dyskretnego i algorytmem pracy przelicznika umożliwia:

1. Przyspieszenie czasu otwarcia ognia – przy wykorzystaniu napędów elektrycznych od momentu wykonania pierwszego pomiaru do otwarcia ognia już od 4s.
2. Eliminację konieczności płynnego śledzenia celu przez operatora w okresie przejściowym („doganiania” celu pierścieniowym znakiem celowniczym) i podczas prowadzenia ognia.
3. Poprawienie komfortu pracy celowniczego – znak celowniczy zachowuje się stabilnie a jego położenie w przestrzeni nie zależy od jakości napędów i sposobu doganiania celu przez operatora.
4. Eliminację konieczności stosowania filtracji współrzędnych kątowych celu.

5. Strzelanie do celu manewrującego kursem i kątem nurkowania.
6. Uniezależnienie nastaw do strzelania od nawyków i stopnia wyszkolenia celowniczego.
7. Skrócenie czasu szkolenia celowniczych.
8. Przekazywanie wiarygodnych danych do innych zestawów połączonych w sieć bateryjną czasu rzeczywistego.
9. Stabilną pracę algorytmu bez konieczności obsługi sytuacji wyjątkowych (np. przekroczenie zakresu zmiennych, dzielenie przez zero itp.).
10. Dokładniejsze niż w innych algorytmach określenie współrzędnej odległości do celu -mającej największy wpływ na dokładność nastaw do strzelania.

#### **Abstract**

The paper presents the way of aiming to the flying target which bases on discrete measurement of characteristic points and moving parameters of target. The algorithm of ballistic computer predicts the coordinates of ahead-point, using extrapolation of coordinate targets system with its one-take manoeuvre into considering.

Recenzent:

kmdr dr hab. inż. Jan KOBIERSKI (Akademia Marynarki Wojennej)

## **MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH RADARÓW OBRONY POWIETRZNEJ W PROJEKCIE RADARU ROZPOZNANIA ARTYLERII**

### **APPLICATION OF COMPONENTS FROM AIR DEFENSE RADAR TO DESIGN OF COUNTER-BATTERY RADAR**

**Tomasz RUTKOWSKI, Mirosław SANKOWSKI, Wiesław KLEMBOWSKI**

Przemysłowy Instytut Telekomunikacji

Telecommunications Research Institute, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W pracy przedstawiono zagadnienia związane z praktycznym wykorzystaniem rozwiązań technicznych zastosowanych w nowoczesnym radarze obrony powietrznej w realizacji projektu radaru rozpoznania artylerii. Wskazano części wspólne obu konstrukcji, wyróżniono elementy, które należy poddać mniej lub bardziej głębokim modyfikacjom oraz moduły zupełnie nowe, które należy zaprojektować od podstaw. Przedstawiono zalety i ograniczenia wynikające z opisanego podejścia projektowego.

#### **Wnioski**

W pracy przedstawiono zagadnienia związane z praktycznym wykorzystaniem rozwiązań technicznych zastosowanych w nowoczesnym ROP-ESPW w realizacji projektu RRA. Proponowane podejście pozwala na znaczne oszczędności czasu i środków finansowych poświęconych na jego realizację. Metodologia ta charakteryzuje się jednak ograniczonymi możliwościami kształtowania pewnych cech wynikowego systemu, które wiążą się z zachowaniem istotnych elementów aparatury ROP. Pozwala ona jednak na opracowanie w krótkim czasie w pełni funkcjonalnego prototypu urządzenia, które może być dalej rozwijane i doskonalone zarówno w zakresie rozwiązań sprzętowych jak i oprogramowania.

#### **Abstract**

The paper is devoted to the problem of design of counter-battery radar (CBR). Direct use of certain components from an air defence radar (ADR) with the passive, electronically scanned antenna is considered. A comparison of functional parameters and structures of these radars is made and then similarities and differences are highlighted. Based on that, certain components of the ADR are recognized to comply fully with the requirements imposed by the CBR, some are supposed to be modified, while the other must be considered as completely new designs. The discussed methodology is cost-effective, however, certain parameters of the final system are inherited from the basis project (ADR). Nevertheless, this approach allows for rapid development of a fully functional prototype of the CBR, and does not exclude more extensive changes in further stages of the project life, if required.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Jerzy R. MŁOKOSIEWICZ (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **METODA OCENY WPŁYWU BŁĘDÓW CELOWANIA NA ZMIANĘ SKUTECZNOŚCI ZASTOSOWANIA SYSTEMU UZBROJENIA LOTNICZEGO**

### **METHOD OF OPINION OF INFLUENCE MISTAKES SIGHT IN RELAYS THE EFFECTIVENESS OF USE OF SYSTEM THE AIR-EQUIPMENT**

**Henryk TOMASZEK\*, Mariusz WAŻNY\*\***

\*Instytut Techniki Lotniczej, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Aviation Technology, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\*Wydział Techniki Wojskowej, Wojskowa Akademia Techniczna

Faculty of Military Technology, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Historia konfliktów zbrojnych w sposób dobitny ukazuje coraz mocniejszą pozycję lotnictwa wojskowego w działaniach taktycznych sił zbrojnych. Ze względu na charakter zastosowania sił powietrznych, do jednych z podstawowych celów operacji lotniczej zaliczyć można realizację zadania bojowego z wykorzystaniem lotniczych środków bojowych. Ich zastosowanie pociąga za sobą uzyskanie określonego efektu w postaci energetycznego oddziaływania czynnika rażącego środka bojowego na obiekt ataku. Stopień tego oddziaływania zależy od wielu czynników, wśród których można wyróżnić m.in. odległość pomiędzy środkiem rażenia a celem. Zjawisko to określane jest mianem rozrzutu punktu upadku (wybuchu) środka bojowego. Jest ono nieodłącznym elementem procesu użycia środków bojowych i ujawnia się w sposób szczególny w przypadku zastosowania niekierowanych środków bojowych. Identyfikacja parametrów charakteryzujących rozrzut stanowi podstawę do oceny realizacji zadania bojowego z użyciem lotniczych środków bojowych.

W referacie przedstawiono metodę umożliwiającą ocenę wpływu błędów występujących podczas realizacji procesu celowania na skuteczność zastosowania systemu uzbrojenia lotniczego. Występowanie wielu przyczyn sprawia, że znacznik celowniczy wykonuje ruch błądzący. Z kolei położenie znacznika wskazuje teoretyczny punkt upadku środka bojowego. Wykorzystując te własności dokonano przekształcenia równań celowniczych w wyniku czego otrzymano zależności umożliwiające wyznaczenie wartości współrzędnych punktu upadku środka bojowego. Posiłkując się zależnościami stosowanymi w statystyce matematycznej wyznaczono charakterystyki opisujące rozrzut punktów upadku środków bojowych, co pozwoliło na określenie prawdopodobieństwa porażenia celu. Przedstawioną metodę zilustrowano przykładem liczbowym.

### **Wnioski**

Zaproponowana metoda wyznaczania wpływu błędów celowania na wartość rozrzutu i skuteczność zastosowania lotniczych środków bojowych jest uniwersalna i może znaleźć zastosowanie do każdego rodzaju niekierowanego lotniczego środka bojowego, systemu nawigacyjno-celowniczego, jak i systemu uzbrojenia lotniczego. Podstawowym warunkiem jej stosowania jest dostęp do zbioru niezbędnych danych umożliwiających wyznaczenie określonych parametrów. Ukazuje ona zarazem jak istotny jest etap celowania w procesie użycia lotniczych środków bojowych. Dlatego też istnieje konieczność nieustannego doskonalenia i podnoszenia umiejętności pilotów w tym zakresie.

Należy zaznaczyć, że pełna analiza wpływu błędów występujących podczas realizacji procesów celowania i ataku na wartość otrzymanego rezultatu operacji taktycznej możliwa jest w sytuacji, gdy istnieje dostęp do danych charakteryzujących poszczególne etapy procesu eksploatacyjnego rozpatrywanego systemu zbrojenia lotniczego oraz gdy możliwy jest pomiar rzeczywistych współrzędnych punktów upadku środków bojowych.

### **Abstract**

The method in report was introduced the enabling opinion of influence of mistakes occurring during realization of process the sight on effectiveness of use of formation the air - equipment. Occurrence many causes inflict, that index gun-layer executes devious movement. In turn the bearings of index shows the theoretical point of fall of operational centre. It these properties using were executed was mapping in result of what gun-layers' equations enabling dependencies were received the delimitation the power of co-ordinates of point fall operational centre. Making the use mark with practical in mathematical statistics dependencies the describer the dispersion of points of fall operational centres profiles, which permitted on qualification of probability the paralysis of aim. Numerical example was illustrated introduced method.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Jerzy JAŻWIŃSKI (Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych)

## **OPROGRAMOWANIE APARATURY KZA DO REJESTRACJI PARAMETRÓW PRACY ZESTAWU PRZECIWLOTNICZEGO**

### **KZA DEVICE SOFTWARE FOR RECORDING OF ANTI-AIRCRAFT SYSTEM OPERATION PARAMETERS**

**Jacek DUDZIŃSKI, Dariusz RODZIK, Jacek WARCHULSKI, Marcin WARCHULSKI**

Instytut Systemów Mechatronicznych, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Mechatronics Systems, Military University of Technology

#### **Streszczenie**

Ważną i cenną rzeczą staje się możliwość dostępu do informacji odnośnie przebiegu pracy bojowej oraz stanu technicznego zestawu przeciwlotniczego podczas i tuż po zwalczaniu środków napadu powietrznego. Powszechnie stosowaną staje się automatyczna aparatura do rejestracji powyższych procesów. Pozwala ona na rejestrację i szczegółową analizę zachodzących zjawisk, a w szczególności procesu naprowadzania rakiety na cel oraz ocenę stanu technicznego zestawu.

W referacie zaprezentowano opis działania oprogramowania aparatury KZA przeznaczonej do rejestracji parametrów pracy przeciwlotniczego zestawu rakietowego. Podano przeznaczenie i możliwości wykorzystania opracowanych aplikacji programowych.

#### **Wnioski**

Zastosowanie w aparaturze KZA sterowników swobodnie programowalnych do pomiaru i rejestracji parametrów pracy bojowej zestawu przeciwlotniczego, wymagało stworzenia specjalizowanego oprogramowania, które umożliwia:

- konfigurację systemu pomiarowego;
- dobór kolejności odczytów z kanałów pomiarowych;
- wyznaczenie częstotliwości pomiaru;
- określenie sposobu oraz czasu rejestracji;
- konwersję zapisu z poziomu języka CONTROL – AWL do plików tekstowych;
- różne sposoby wizualizacji zapisanych danych;
- gromadzenie pozyskanej informacji;
- odpowiednie zarządzanie pozyskaną wiedzą.

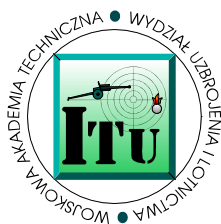
Przedstawione, elastyczne rozwiązania programowe pozwalają na rozbudowę systemu pomiarowego aparatury KZA o dodatkowe, wielokanałowe moduły rejestracji analogowej i cyfrowej.

#### **Abstract**

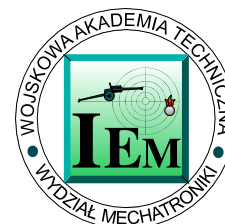
In this paper there is presented structure description of KZA device software to recording and analysis anti aircraft missile system operation parameters. Destination and abilities of taking programme applications advantages there are presented too.

Recenzent:

dr hab. inż. Zbigniew KORUBA (Politechnika Świętokrzyska)



## X LAT DZIAŁALNOŚCI



### INSTYTUTU TECHNIKI UZBROJENIA – INSTYTUTU ELEKTROMECHANIKI WOJSKOWEJ AKADEMII TECHNICZNEJ

**Józef GACEK, Jacek KIJEWSKI, Zbigniew LECIEJEWSKI, Sławomir PIECHNA,  
Waldemar A. TRZCIŃSKI, Ryszard WOŹNIAK**

Wojskowa Akademia Techniczna

*15 listopada 2004 roku przypada jubileusz dziesięciolecia działalności Instytutu Elektromechaniki Wydziału Mechatroniki WAT (funkcjonującego do 1 stycznia 2003 roku pod nazwą Instytut Techniki Uzbrojenia Wydziału Uzbrojenia i Lotnictwa WAT), którego twórcą, szefem (do 2002 roku) i dyrektorem (od 2003 roku) jest płk rez. prof. dr hab. inż. Józef GACEK.*

**INSTYTUT TECHNIKI UZBROJENIA (ITU)  
(15.11.1994 – 31.12.2002)**



Budynek 69 – siedziba dyrekcji Instytutu Elektromechaniki (dawnego Instytutu Techniki Uzbrojenia) oraz części Zakładu Konstrukcji Specjalnych i Balistyki (dawnego Zakładu Konstrukcji i Eksploatacji Broni Palnej)

Instytut Techniki Uzbrojenia (ITU) powstał 15.11.1994 r. w wyniku restrukturyzacji Wojskowej Akademii Technicznej, której celem było dostosowanie Uczelni do nowych zadań dydaktycznych i prowadzenia prac naukowo-badawczych, związanych z techniczną modernizacją Sił Zbrojnych RP. W nowej strukturze Akademii wprowadzono wiele zmian, w tym między innymi zmieniono nazwę ówczesnego Wydziału Elektromechanicznego

na Wydział Uzbrojenia i Lotnictwa. W ramach Wydziału z kolei w miejsce dotychczasowych katedr powołano trzy instytuty:

- Instytut Techniki Uzbrojenia,
- Instytut Techniki Rakietowej,
- Instytut Techniki Lotniczej

oraz utworzono:

- Katedrę Eksploatacji Uzbrojenia Przeciwlotniczego z siedzibą w Koszalinie;
- Pracownię Zintegrowanych Systemów Informacyjnych, na bazie której w 1999 r. utworzono Zakład Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji Systemów Mechatronicznych.

Instytut Techniki Uzbrojenia powstał z połączenia następujących jednostek wydziałowych

i pozawydziałowych:

- Katedry Konstrukcji i Eksploatacji Uzbrojenia Klasycznego,
- Katedry Teorii Strzelania i Balistyki,
- Katedry Technologii i Naprawy Uzbrojenia,
- Zakładu Materiałów Wybuchowych i Fizyki Wybuchu, Wydziału Chemii i Fizyki Technicznej,
- części Parku Sprzętu Wydziału Elektromechanicznego.

Działalność naukowo-dydaktyczną Instytut Techniki Uzbrojenia rozpoczął w strukturze, zawierającej: komendę, cztery zakłady i Park Sprzętu Uzbrojenia Klasycznego, a jego kadrę kierowniczą stanowili:

▪ **w Komendzie:**

- szef - płk prof. dr hab. inż. Józef GACEK,
- z-ca ds. dydaktyczno-naukowych - płk dr inż. Ryszard WÓJCIK,
- z-ca;d-ca Parku Sprzętu Uzbrojenia Klasycznego - płk mgr inż. Witold KOPERSKI,

▪ **w Zakładach:**

- Broni Lufowej i Amunicji - płk dr inż. Andrzej CIEPLIŃSKI,
- Teorii Strzelania i Balistyki - płk dr inż. Krzysztof SZNUK,
- Technologii Uzbrojenia - płk dr inż. Adam JACKOWSKI,
- Materiałów Wyb. i Fizyki Wybuchu - płk dr hab. inż. Radosław TRĘBIŃSKI.

W 1998 r. zastępcą do spraw dydaktyczno-naukowych został ppłk dr inż. Zbigniew LECIEJEWSKI, a kierownikiem Zakładu Teorii Strzelania i Balistyki – płk dr n. techn. Jan PRZANOWSKI. W 1999 r. w miejsce Zakładu Broni Lufowej i Amunicji utworzono Zakład Konstrukcji i Eksploatacji Broni Palnej, na czele którego stanął mjr dr inż. Ryszard WOŹNIAK.

W 2002 r. nastąpiła kolejna restrukturyzacja Wojskowej Akademii Technicznej, a także Wydziału i Instytutu. Nowa struktura Instytutu Techniki Uzbrojenia zawierała: dyrekcję oraz trzy zakłady, których kadrę kierowniczą stanowili:

▪ **w Dyrekcji:**

- dyrektor - prof. dr hab. inż. Józef GACEK;
- zastępca ds. dydaktyczno-naukowych - płk dr inż. Zbigniew LECIEJEWSKI;

▪ **w Zakładach:**

- Konstrukcji i Eksploatacji Broni Palnej – ppłk dr inż. Ryszard WOŹNIAK;
- Balistyki, Teorii Strzelania i Materiałów Wybuchowych – płk dr n. techn. Jan PRZANOWSKI;
- Technologii Uzbrojenia i Środków Bojowych – płk prof. dr hab. inż. Waldemar A. TRZCIŃSKI;

Podstawowym zadaniem Instytutu Techniki Uzbrojenia było kształcenie kadr uzbrojeniowych dla: Sił Zbrojnych RP, ośrodków naukowych, szkół wojskowych oraz ośrodków badawczo-rozwojowych polskiego przemysłu zbrojeniowego, a także dla instytucji pozawojskowych. Uwzględniając dynamiczny rozwój techniczno-technologiczny współczesnego uzbrojenia, budowanego często jako zespół urządzeń: elektromechanicznych, mikromechanicznych, elektronicznych i optycznych, sterowanych mikroprocesorowo, od 1998 r. na Wydziale Uzbrojenia i Lotnictwa, a tym samym w Instytucie, uruchomiono stacjonarne i zaoczne studia magisterskie oraz inżynierskie na nowym kierunku studiów – „Mechatronika”. W ramach tego kierunku Instytut rozpoczął kształcenie studentów w specjalności „Uzbrojenie klasyczne” w następujących profilach dyplomowania:

- „Uzbrojenie wojsk lądowych” oraz „Środki bojowe” – na studiach magisterskich;
- „Eksploatacja uzbrojenia wojsk lądowych” oraz „Eksploatacja środków bojowych” – na studiach inżynierskich.

Przyszli absolwenci ITU, oprócz przygotowania w zakresie eksploatacji sprzętu uzbrojenia, zdobywali wiedzę i umiejętności w zakresie projektowania, wytwarzania i eksploatacji najnowszych systemów uzbrojenia (z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi i środków wspomagających te procesy), a także gruntowne przygotowanie do pracy twórczej i badawczej, umożliwiającej kontynuację kształcenia na studiach doktoranckich. Studenci swoje zainteresowania mogli również rozwijać w Kole Naukowym ITU w sekcjach odpowiadających działalności poszczególnych Zakładów.

Każdy student odbywał praktyki w jednostce wojskowej, gdzie był ukierunkowywany na problematykę, którą w przyszłości ma się zajmować. Otrzymywał on zatem pełną, kompleksową wiedzę, od konstrukcji do eksploatacji uzbrojenia. Dzięki nabytej wiedzy, m.in. o sprzęcie eksploatowanym w Wojsku Polskim, sprzęcie NATO-wskim, perspektywach i tendencjach rozwojowych techniki wojskowej na świecie, jest wszechstronnie przygotowany zarówno do pracy w jednostce wojskowej na stanowisku technicznym, jak i w instytucjach badawczo-rozwojowych, komórkach techniczno-planistycznych IC MON, zespołach analityczno-eksperymentalnych i przemyśle. Jest więc wysokiej klasy eksploatatorem techniki wojskowej i jej świadomym użytkownikiem. Takie wykształcenie gwarantuje mu konkurencyjność nie tylko na wojskowym, ale i cywilnym rynku pracy.

Oprócz kształcenia studentów Instytut realizował wiele prac naukowo-badawczych dla Sił Zbrojnych RP i gospodarki narodowej. Ich wyniki prezentowano na licznych krajowych i zagranicznych konferencjach oraz sympozjach naukowo-technicznych, a także w publikacjach naukowych i naukowo-technicznych.

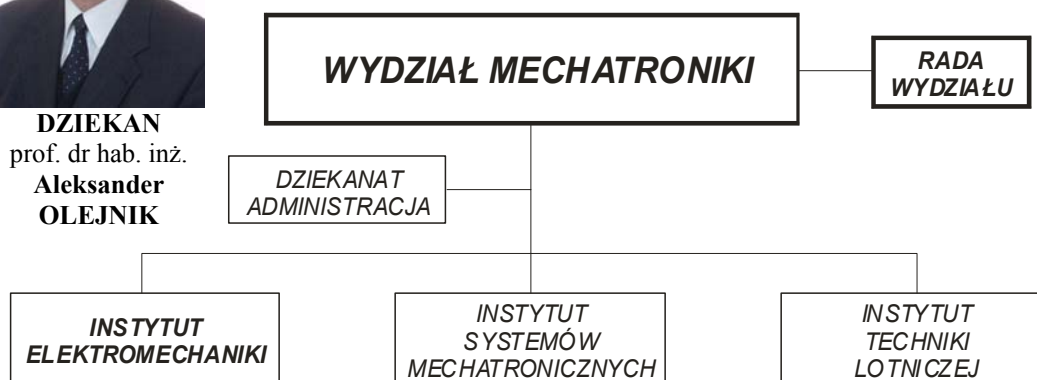
**INSTYTUT ELEKTROMECHANIKI (IEM)****(1.01.2003 ÷...)**

Najpoważniejsze zmiany w strukturze Instytutu nastąpiły 1.01.2003 r., kiedy Wojskowa Akademia Techniczna, zgodnie z ustawą o WAT z 27.02.2003 r., stała się uczelnią wojskowo-cywilną, kształcącą zarówno żołnierzy, jak i studentów cywilnych na studiach dziennych, zaocznych i wieczorowych. W strukturze Akademii usytuowano sześć wydziałów: jeden wojskowy (Wydział Techniki Wojskowej) oraz pięć cywilnych: Wydział Cybernetyki, Wydział Elektroniki, Wydział Inżynierii Chemii i Fizyki Technicznej, Wydział Mechaniczny oraz Wydział Mechatroniki, utworzony na bazie Wydziału Uzbrojenia i Lotnictwa, składający się z trzech Instytutów cywilnych:

- Instytutu Elektromechaniki (dawny wojskowy Instytut Techniki Uzbrojenia),
- Instytutu Systemów Mechatronicznych (dawny wojskowy Instytut Techniki Rakietowej),
- Instytutu Techniki Lotniczej (dawny wojskowy Instytut Techniki Lotniczej).



**DZIEKAN**  
prof. dr hab. inż.  
**Aleksander**  
**OLEJNIK**



Umiejscowienie Instytutu Elektromechaniki w strukturze Wydziału Mechatroniki

Struktura Instytutu Elektromechaniki Wydziału Mechatroniki zawiera dyrekcję oraz trzy zakłady, a ich kadrę kierowniczą stanowią:

▪ **w Dyrekcji:**

- |                                      |                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| ➤ dyrektor                           | - prof. dr hab. inż. Józef GACEK; |
| ➤ zastępca ds. dydaktyczno-naukowych | - dr inż. Zbigniew LECIEJEWSKI;   |
| ➤ starszy specjalista techniczny     | - kpt. mgr inż. Jacek KIJEWSKI    |



płk rez. prof. dr hab. inż.  
Józef GACEK



płk rez. dr inż.  
Zbigniew LECIEJEWSKI



kpt. mgr inż.  
Jacek KIJEWSKI

▪ **w Zakładach:**

- Konstrukcji Specjalnych i Balistyki - płk dr inż. Ryszard WOŹNIAK;
- Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji - dr inż. Sławomir PIECHNA;
- Materiałów Wybuchowych - prof. dr hab. inż. Waldemar TRZCIŃSKI;

Konsekwencją otwarcia się WAT na studentów cywilnych jest oferta kształcenia Instytutu Elektromechaniki na studiach dziennych, wieczorowych i zaocznych w następujących specjalnościach:

- „Konstrukcja i technologia broni lufowej (urządzeń specjalnych)”;
- „Komputerowe wspomaganie w mechatronice”
- „Techniczne zastosowania materiałów wybuchowych”

Ponadto Instytut oferuje studia podyplomowe pod nazwą:

- „Warsztat pracy brokera unijnego”;
- „Ochrona osób i mienia”;
- „Komputerowe systemy inżynierskie”;
- „Bezpieczeństwo lokalne”.

Poniżej przedstawiono listę dotychczasowych pracowników Instytutu Techniki Uzbrojenia oraz Instytutu Elektromechaniki oraz niektóre obszary działalności naukowo-dydaktycznej poszczególnych Zakładów Instytutu Elektromechaniki na przestrzeni ostatnich lat.

PRACOWNICY  
INSTYTUTU TECHNIKI UZBROJENIA I INSTYTUTU ELEKTROMECHANIKI  
(15.11.1994 r. – 14.11. 2004 r.)

|                                      |                                                |
|--------------------------------------|------------------------------------------------|
| pan Stanisław ALBRECHT               | kpt. mgr inż. Ireneusz MACHEJ                  |
| ppłk dr inż. Leszek BARANOWSKI       | ppłk dr inż. Tomasz MAJEWSKI                   |
| plk dr inż. Jan BIS                  | prof. dr hab. inż. Andrzej MARANDA             |
| plk dr inż. Janusz BISKUP            | pan Dariusz MARCHWICKI                         |
| chor. Andrzej BIERWIACZONEK          | plk mgr inż. Bronisław MARCINIAK               |
| por. mgr inż. Grzegorz BORYSEWICZ    | dr inż. Jerzy MICHAŁOWSKI                      |
| pani Renata CHROMIK                  | por. mgr inż. Marcin MICHAŁOWSKI               |
| pani Joanna CHRUSCIAK                | pani Anna NIKICIUK                             |
| ppłk mgr inż. Stanisław CIEPIELSKI   | dr inż. Jerzy NOWACZEWSKI                      |
| plk dr inż. Andrzej CIEPLIŃSKI       | kpt. mgr inż. Paweł OCZKOWSKI                  |
| pani Gabriela CIEŚLAK                | pani Wanda OSIŃSKA                             |
| ppłk dr inż. Stanisław CUDZIŁO       | plk dr inż. Andrzej PAPLIŃSKI                  |
| pan Janusz DASIEWICZ                 | ppłk mgr inż. Władysław PARCHACZ               |
| pani Lucyna DĄBROWSKA                | por. mgr inż. Robert PASZKOWSKI                |
| mjr mgr inż. Stanisław DERECKI       | ppłk dr inż. Sławomir PIECHNA                  |
| por. dr inż. Robert DEC              | dr inż. Jan PIĘTASZEWSKI                       |
| ppłk dr inż. Andrzej DĘBSKI          | plk dr n. techn. Jan PRZANOWSKI                |
| por. mgr inż. Kazimierz FEDAK        | chor. Radosław RAJMER                          |
| mjr dr inż. Konrad FEDYNA            | pan Tadeusz SANTOREK                           |
| st. sierż. Wiesław FILIPIAK          | pan Marek SIEKIERSKI                           |
| kpt. mgr inż. Wojciech FURMANEK      | pan Marcin SIDOR                               |
| plk prof. dr hab. inż. Józef GACEK   | ppłk mgr inż. Janusz SITEK                     |
| pan Wiesław GADOMSKI                 | pan Jacek SMOSARSKI                            |
| kpt. dr inż. Dariusz GAŁĘZOWSKI      | plk dr inż. Włodzimierz SOBCZAK                |
| kpt. dr inż. Marek GĄSIOROWSKI       | pan Czesław SOBIEPANEK                         |
| plk dr hab. inż. Mirosław GLAPSKI    | ppłk dr inż. Roman STELMASIAK                  |
| pani Elżbieta IWANICKA               | kpt. dr inż. Zbigniew SURMA                    |
| plk dr hab. inż. Adam JACKOWSKI      | chor. Ernest SZALEWSKI                         |
| por. mgr inż. Arkadiusz JASKÓLSKI    | plk dr inż. Krzysztof SZNUK                    |
| mjr dr inż. Jacek JANISZEWSKI        | kpt. mgr inż. Leszek SZYMAŃCZYK                |
| kpt. mgr inż. Dariusz JAROSZ         | mjr dr inż. Jacek SZYMAŃSKI                    |
| pani Renata JUCHNER                  | kpt. mgr inż. Wacław SZYSZKA                   |
| pani Irena KAMIŃSKA                  | pan Paweł SZWEJKOWSKI                          |
| kpt. mgr inż. Robert KAMIŃSKI        | plk dr inż. Witold ŚWIDERSKI                   |
| ppłk mgr inż. Ryszard KAJAK          | plk prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI       |
| pani Hanna KĘPKA                     | plk prof. dr hab. inż. Radosław TRĘBIŃSKI      |
| kpt. mgr inż. Jacek KIJEWSKI         | plk prof. dr hab. inż. Waldemar TRZCIŃSKI      |
| pani Elżbieta KLUBA                  | kpt. mgr inż. Jerzy WAKULUK                    |
| plk mgr inż. Witold KOPERSKI         | plk mgr inż. Bogumił WESOŁEK                   |
| por. mgr inż. Wojciech KOPERSKI      | gen. dyw. prof. dr hab. inż. Edward WŁODARCZYK |
| kpt. mgr inż. Jarosław KORPIKIEWICZ  | pani Blandyna WOJCIECHOWSKA                    |
| kpt. mgr inż. Mariusz KOWALSKI       | pani Maria WOJTASIK                            |
| por. mgr inż. Arkadiusz KUCZAJ       | dr inż. Stanisław WOROSZYL                     |
| mjr dr inż. Przemysław KUPIDURA      | plk dr inż. Ryszard WOŹNIAK                    |
| por. mgr inż. Wojciech KUROWSKI      | plk dr inż. Ryszard WÓJCIK                     |
| pan Marek LACHOWSKI                  | st. sierż. sztab. Czesław WRZOSEK              |
| plk dr inż. Zbigniew LECIEJEWSKI     | kpt. mgr inż. Mirosław ZAHOR                   |
| mł. chor. sztab. Andrzej ŁAWRUSZCZYK | pan Waldemar ZAJKOWSKI                         |
| plk dr hab. inż. Zdzisław ŁĘGOWSKI   | pan Andrzej ZIEMNICKI                          |

**ZAKŁAD  
KONSTRUKCJI SPECJALNYCH I BALISTYKI**



plk dr inż. Ryszard WOŹNIAK

Zakład Konstrukcji Specjalnych i Balistyki Instytutu Elektromechaniki, kierowany przez plk. dr. inż. Ryszarda WOŹNIAKA, powstał 1.01.2003 r. na bazie kadry naukowo-dydaktycznej i infrastruktury Zakładu Konstrukcji i Eksploatacji Broni Palnej oraz części Zakładu Balistyki, Teorii Strzelania i Materiałów Wybuchowych Instytutu Techniki Uzbrojenia.

Biorąc pod uwagę zakres i przedmiot problematyki dydaktyczno-naukowo-badawczej (ściśle związanej z uzbrojeniem lufowym i amunicją), będącej w gestii zainteresowania Zakładu można stwierdzić, że jego „korzenie” sięgają początków Wojskowej Akademii Technicznej, a jego aktualna struktura organizacyjno-zadaniowa jest wynikiem ewolucyjnych zmian zachodzących w Akademii na przestrzeni ponad 50 lat jej istnienia.

Historia Zakładu Konstrukcji Specjalnych i Balistyki jest długa i interesująca. Tworzyli ją zarówno wybitni naukowcy, jak i kadra naukowo-dydaktyczna i inżyniersko-techniczna, których osiągnięcia są znane nie tylko w kraju, ale i zagranicą. Oto jak kształtował się Zakład funkcjonujący w obecnej strukturze.

Zgodnie z ustawą o utworzeniu WAT pierwszy jej etat obejmował Fakultet Uzbrojenia w składzie:

- Katedra Balistyki i Teorii Strzelania,
- Katedra Broni Artyleryjskiej (jej szefem w latach 1953-1955 był plk mgr inż. Sergiusz KAMIENIEW);
- Katedra Broni Strzeleckiej (jej szefem w latach 1951-1955 był gen. bryg. prof. dr inż. Michał AREFIEW);
- Katedry Amunicji (jej szefem w latach 1952-1955 był Mikołaj KULESZ, a w latach 1955-1961 – plk doc. dr inż. Stefan HIPSZ).

W 1952 r. zgodnie z nowym etatem WAT zmianie uległa nazwa Fakultetu Uzbrojenia na Fakultet Artyleryjsko-Techniczny, którego szefem w latach 1955-1956 był gen. bryg. dr inż. Arnold IWASZKIEWICZ, a od 1956 r. plk mgr inż. Karol LEŚNIAK.

W 1959 r. zlikwidowano fakultety i powołano wydziały według dziedzin wiedzy technicznej. Katedra Sprzętu Uzbrojenia i Katedra Technologii Uzbrojenia weszły w skład Wydziału Mechanicznego. Szefem Katedry Sprzętu Uzbrojenia został prof. mgr inż. Marian WAKALSKI (1958-1962).

Od września 1968 r. do nowopowstałego, samodzielnego Wydziału Uzbrojenia Rakietowego włączono Katedrę Uzbrojenia Ogólnowojskowego, której szefem w latach 1962-1971 był płk doc. dr inż. Jan KOSSOWSKI. Katedra składała się z trzech Zakładów:

- Broni Strzeleckiej (kierowanego przez płk doc. dr. hab. inż. Stanisława TORECKIEGO),
- Broni Artyleryjskiej (kierowanego przez płk. mgr. inż. Edwarda WASSERMANA),
- Amunicji (kierowanego przez płk. dr. inż. Stanisława KLUSA),

oraz dwóch laboratoriów:

- Broni Strzeleckiej (kierowane przez płk. dr. inż. Ireneusza DOBIECHA)
- Broni Artyleryjskiej i Amunicji (kierowane przez mjr. mgr. inż. Mieczysława PURWINA, a potem przez płk. mgr. inż. Stanisława SIENKO).

Po reorganizacji Wydziału, w 1972 r. utworzono Katedrę Konstrukcji i Eksploatacji Uzbrojenia Klasycznego, której szefem został płk doc. dr inż. Henryk GŁOWICKI. W Katedrze działały trzy Zakłady:

- Broni Artyleryjskiej (kierowany przez płk. dr. inż. Mariana CZELADZKIEGO),
- Broni Strzeleckiej (kierowany przez płk. dr. hab. inż. Stanisława TORECKIEGO, a następnie przez płk. mgr. inż. Stanisława NIEZGODZKIEGO),
- Amunicji (kierowany przez płk. dr. inż. Stanisława KLUSA, a od 1980 roku przez płk. dr. inż. Sylwestra MAJEWSKIEGO).

W strukturze Katedry funkcjonowało jedno Laboratorium Broni Strzeleckiej, Artyleryjskiej i Amunicji, kierowane przez płk. mgr. inż. Stanisława SIENKO, a następnie płk. mgr. inż. Witolda KOPERSKIEGO.

W 1987 r. szefem Katedry Konstrukcji i Eksploatacji Uzbrojenia Klasycznego został płk prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI, a strukturę Katedry tworzyły:

- Zakład Konstrukcji i Eksploatacji Broni Lufowej (kierowany przez płk. dr. inż. Mariana Czeladzkiego, a następnie płk. dr. inż. Andrzeja CIEPLIŃSKIEGO),
- Zakład Konstrukcji i Eksploatacji Amunicji (kierowany przez płk. dr. inż. Tadeusza STOMPORA, później – płk. dr. inż. Sylwestra MAJEWSKIEGO, a następnie ppłk. mgr. inż. Stanisława CIEPIELSKIEGO),
- Laboratorium Broni (kierowane przez płk. mgr. inż. Witolda KOPERSKIEGO),
- Laboratorium Amunicji (kierowane początkowo przez płk. dr. inż. Zbigniewa JOPKA, a później – przez ppłk. mgr. inż. Stanisława CIEPIELSKIEGO).

W 1994 r. zmieniono organizację Wojskowej Akademii Technicznej ze struktury katedralnej na instytutową. Rozwiązano Katedrę Konstrukcji i Eksploatacji Uzbrojenia Klasycznego, a na jej bazie 15.11.1994 r. powstał Zakład Broni Lufowej i Amunicji (kierowany przez płk. dr. inż. Andrzeja CIEPLIŃSKIEGO) wraz z zakładowym Laboratorium Badań Broni i Amunicji (kierowanym przez ppłk. mgr. inż. Stanisława CIEPIELSKIEGO), który wszedł w struktury Instytutu Techniki Uzbrojenia Wydziału Uzbrojenia i Lotnictwa.

W dniu 29.09.1999 r. Rozkazem Komendanta WAT zmieniono nazwę Zakładu Broni Lufowej i Amunicji na Zakład Konstrukcji i Eksploatacji Broni Palnej (kierownik - mjr dr inż. Ryszard WOŹNIAK) oraz zakładowego Laboratorium Badań Broni i Amunicji na Laboratorium Broni Palnej (kierownik – por. mgr inż. Jacek KIJEWSKI). W czerwcu 2002 r. utworzono zakładową Pracownię Eksploatacji Broni Palnej, kierowaną przez por. mgr. inż. Wojciecha KOPERSKIEGO.



Coroczne Spotkania Wigilijne z udziałem obecnych i byłych pracowników Zakładu oraz zaproszonych gości na stałe wpisały się w kalendarz uroczystości zakładowych (spotkanie z grudnia 2003 r.)

Z dniem 1.01.2003 r., w wyniku głębokiej restrukturyzacji Wojskowej Akademii Technicznej, zmieniono nazwę Zakładu Konstrukcji i Eksploatacji Broni Palnej na Zakład Konstrukcji Specjalnych i Balistyki (kierownik – ppłk dr inż. Ryszard WOŹNIAK), w ramach którego funkcjonują dwa nieetatowe laboratoria: Laboratorium Konstrukcji Specjalnych (kierowane przez por. mgr. inż. Wojciecha KOPERSKIEGO) i Laboratorium Badań Balistycznych (kierowane przez kpt. dr. inż. Zbigniewa SURME).

Obecnie Zakład Konstrukcji Specjalnych i Balistyki (z siedzibą w budynku 69), tworzy 16. pracowników, w tym 2. profesorów zwyczajnych, 7. doktorów, 5 magistrów inżynierów oraz 2. pracowników pomocniczych.

Podstawowym kierunkiem działalności Zakładu (oprócz dydaktyki, obejmującej konstrukcję, projektowanie i eksploatację broni palnej oraz balistykę i teorię strzelania) są prace innowacyjne, dotyczące projektowania i modernizacji broni i amunicji oraz systemów kierowania ogniem; badania specjalistyczne, eksploatacyjne i patentowe uzbrojenia, amunicji oraz materiałów napędowych i miotających; analizy i ekspertyzy z zakresu broni i amunicji oraz modelowanie i symulowanie zjawisk balistyki wewnętrznej, zewnętrznej i końcowej.

Zadania wynikające z powyższych kierunków Zakład realizuje w czterech wiodących panelach naukowo-badawczo-dydaktycznych: „Konstrukcji i eksploatacji broni strzeleckiej”, „Konstrukcji i eksploatacji broni artyleryjskiej”, „Konstrukcji i eksploatacji amunicji”, „Modelowania i badań zjawisk balistycznych” oraz czterech panelach specjalistycznych: „Badań dynamicznych broni”, „Badań patentowych”, „Badań normalizacyjnych” i „Badań balistycznych broni, amunicji i ich elementów”.



Pracownicy merytoryczni Zakładu Konstrukcji Specjalnych i Balistyki (siedzą od lewej):  
 płk dr n. techn. Jan PRZANOWSKI, płk w st. spocz. prof. dr hab. inż. Stanisław  
 TORECKI, płk rez. prof. dr hab. inż. Józef GACEK, płk rez. dr inż. Zbigniew  
 LECIEJEWSKI, płk dr inż. Ryszard WOŹNIAK; (stoją od lewej): kpt. mgr inż. Wojciech  
 FURMANEK, por. mgr inż. Wojciech KOPERSKI, kpt. dr inż. Zbigniew SURMA, ppłk dr  
 inż. Leszek BARANOWSKI, ppłk dr inż. Roman STELMASIAK, kpt. mgr inż. Robert  
 KAMIŃSKI, kpt. mgr inż. Mirosław ZAHOR, mjr dr inż. Przemysław KUPIDURA, kpt.  
 mgr inż. Jacek KIJEWSKI

W realizacji niektórych zadań uczestniczą również studenci, kształcący się według indywidualnych programów studiów oraz studenci skupieni w Sekcji Uzbrojenia Koła Naukowego Mechatroników. W latach 1999-2003 prace wielu z nich (wykonywane pod kierunkiem pracowników Zespołu) zdobyły nagrody i wyróżnienia, w tym m.in.: trzykrotnie I miejsce na Międzynarodowej Konferencji organizowanej przez słowacką Akademię Wojskową w Liptovskim Mikulaszu (2001, 2003 i 2004 r.) oraz II miejsce w „Konkursie Rektora WAT na najlepszą pracę inżynierską” (2002 r.). Ponadto jedna z prac uzyskała nagrodę w „Ogólnopolskim Konkursie na najlepszą pracę dyplomową o profilu mechanicznym” (2002 r.), 18 prac uzyskało nagrody i wyróżnienia na organizowanych co roku „Seminariach Kół Naukowych Studentów”, a 23 prace prezentowano na „Wystawach prac dyplomowych”.

Zakład dysponuje dobrze wyposażonymi dwoma nieetatowymi laboratoriami: Laboratorium Konstrukcji Specjalnych (gromadzącym m.in. unikatowy w skali kraju zbiór polskiej i zagranicznej broni strzeleckiej i artyleryjskiej oraz amunicji) oraz Laboratorium Balistyki (dysponujące m.in. tunelem strzeleckim długości 50 m, trzema torami strzeleckimi oraz nowoczesną aparaturą naukowo-badawczą, umożliwiającą prowadzenie wszechstronnych badań balistycznych i dynamicznych strzeleckich obiektów specjalnych,

Waplewo, 6-8 października 2004 r.

amunicji oraz materiałów miotających i napędowych), a także nowoczesną, 10. stanowiskową Komputerową Pracownią Projektową (pozwalającą na projektowanie złożonych obiektów technicznych w najnowszych programach inżynierskich) i Pracownią Mechaniczną, przystosowaną do wykonywania prostych modeli badawczych broni i amunicji.



Tunel strzelecki w Laboratorium Balistyki (budynek 26) z aparaturą do pomiaru charakterystyk balistycznych broni i amunicji (z lewej) oraz Pracownia Amunicji w Laboratorium Konstrukcji Specjalnych (z prawej)

Od wielu lat Zakład współpracuje z wieloma instytucjami i ośrodkami, w tym m.in.:

- Zakładami: „H.Cegielski-Poznań S.A.”; FB „Łucznik”-Radom Sp. z o.o.; ZM „Mesko” S.A.; TM „Pressta” S.A.”; HSW S.A.; WB Electronics; Prexer; ZM „Tarnów” S.A.
- Instytutami i Ośrodkami Badawczo-Rozwojowymi: OBR „Skarżysko”; OBR SM „Tarnów”; OBR HSW S.A.; Wojskowym Instytutem Technicznym Uzbrojenia; Instytutem Mechaniki Precyzyjnej; Przemysłowym Instytutem Telekomunikacji.
- Politechnikami: Warszawską, Poznańską, Świętokrzyską;
- Wojskowym Centrum Normalizacji, Jakości i Kodyfikacji; Polskim Komitetem Normalizacyjnym; Centralnym Szpitalem Klinicznym WAM.

Ponadto Zakład utrzymuje owocną współpracę o charakterze konsultacyjnym w zakresie problematyki eksploatacji uzbrojenia i sprzętu wojskowego ze: Sztabem Generalnym Wojska Polskiego, Akademią Obrony Narodowej, Akademią Marynarki Wojennej, Departamentem Polityki Zbrojeniowej MON, Departamentem Infrastruktury MON, Komendą Główną Policji oraz Dowództwem Wojsk Lądowych, w tym: Szefostwem Wojsk Pancernych i Zmechanizowanych oraz Szefostwem Wojsk Rakietowych i Artylerii.

Zakład Konstrukcji Specjalnych i Balistyki w ostatnich 5. latach (obok dydaktyki, zrealizowanej w około 112,5%) wykonywał ponad 30 prac naukowo-badawczych (w tym: 4 projekty badawcze celowe, 6 projektów badawczych GRANT, 8 projektów badawczych zamawianych i umownych oraz 2. prace typu ABZ), w ramach których powstały m.in.:

- „System broni strzeleckiej UKM-2000 wraz z taśmą nabojoową i kompletem amunicji 7,62x51 mm NATO”, wyróżniony DEFENDEREM’2002 na X MSPO w Kielcach oraz Nagrodą Rektorską w 2003 r.;



System broni strzeleckiej UKM-2000 (z lewej) oraz prototypowy 5,56 mm karabinek maszynowy wz.2003 w wersji desantowej (z prawej)

- „5,56 mm karabinki maszynowe wz.2003P i wz.2003D wraz z taśmą nabojową” (pracę zakończono pozytywnymi badaniami we wrześniu 2003 r.); bronie te wraz z karabinkiem wz.1996 Beryl i subkarabinkiem wz.1996 Mini-Beryl mają szansę stworzyć przyszłościowy, polski system broni strzeleckiej kalibru 5,56 mm;
- „Model badawczy dwukomorowego układu miotającego do granatnika kalibru 23 mm wraz z nabojem”, którego pozytywne wyniki badań, stwarzają warunki do uruchomienia w kraju (przy udziale pracowników Zakładu) prac badawczo-rozwojowych nad przyszłościową bronią strzelecką typu granatnik-karabinek;
- „Modele badawcze broni: 9 mm pistoletu małowabarytowego KOP-1; 5,56 mm karabinka bezkolbowego BIN i 7,62 mm karabinka wyborowego LEW-1”;
- „Założenia do Polskich Norm Obronnych kompatybilnych ze STANAG-ami”;
- „Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać strzelnice garnizonowe oraz ich usytuowanie”, zawarte w Rozporządzeniu Ministra Obrony Narodowej z 4.10.2001 r. (Dziennik Ustaw nr 132, poz. 1479).

Zakład z ramienia Wydziału Mechatroniki jest organizatorem odbywającej się od 1996 r. (co dwa lata, w Waplewie) Międzynarodowej Konferencji Uzbrojeniowej nt. „Naukowe Aspekty Techniki Uzbrojenia”, gromadzącej przedstawicieli świata nauki, przemysłu i wojska zarówno z kraju, jak i z zagranicy.

Ponadto w ostatnich latach Zakład zorganizował m.in.:

- trzy międzynarodowe seminaria naukowo-techniczne pt.: „Hity GIAT w dziedzinie uzbrojenia”, „Systemy Zarządzania współczesnym polem walki” oraz „Środki głębokiego rażenia”;
- studia podyplomowe pt. „Ochrona osób i mienia” (obecnie odbywa się druga ich edycja) oraz „Warsztat pracy brokera unijnego” (w lutym 2004 r. zakończono pierwszą edycję studiów, a obecnie przygotowywana jest kolejna).

To dzięki inicjatywie i zaangażowaniu Zakładu (przy wsparciu Komendy Akademii i dziekanów wszystkich Wydziałów) Wojskowa Akademia Techniczna w 2003 r. uzyskała 50. letnią „Koncesję na wykonywanie działalności gospodarczej w zakresie wytwarzania i obrotu materiałami wybuchowymi, bronią i amunicją”.



Modele badawcze dwukomorowego układu miotającego do granatnika kalibru 23 mm (u góry, z lewej) oraz broni: 9 mm pistoletu małogabarytowego KOP-1 (u góry, z prawej); 5,56 mm karabinka bezkolbowego BIN (u dołu, z lewej) i 7,62 mm karabinka wyborowego LEW-1 (u dołu, z prawej)

Ponadto pracownicy Zakładu od 2002 r. stanowią grupę ekspercką Wydziału Mechatroniki, upoważnioną przez Ministra Obrony Narodowej do przeprowadzania strzałów sprawdzających warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać strzelnice garnizonowe i ich usytuowanie. Uczestniczą także w pracach gremiów o zasięgu międzynarodowym (m.in.: komisje NATO „Army Armament Group Land Group 4 Surface-to-Surface Artillery i Subgroup 2 on Ballistics” oraz zespół ds. ograniczenia stosowania niektórych rodzajów amunicji strzeleckiej w aspekcie proponowanej nowelizacji „Konwencji Genewskiej”), a także krajowym (m.in.: komisje badań kwalifikacyjnych uzbrojenia i sprzętu wojskowego oraz normalizacyjne komisje problemowe).

Bardzo ważnym obszarem działalności Zakładu jest upowszechnianie dorobku naukowego i badawczego w krajowych i zagranicznych wydawnictwach specjalistycznych. W ostatnich 5. latach pracownicy Zakładu opublikowali m.in.:

- dwa skrypty WAT oraz siedem monografii, w tym czterotomową „Encyklopedię Najnowszej Broni Palnej”, która została wyróżniona Nagrodą Rectorską i Nagrodą Dziekanów Wydziału Mechanicznego i Mechatroniki w 2002 r. oraz została wydana na Białorusi w 2004 r.;
- cykl dziesięciu książek (przetłumaczonych na język polski i zredagowanych naukowo) z dziedziny współczesnej techniki wojskowej, wyróżniony Nagrodą Rectorską w 2003 r.;
- około 70 artykułów w czasopismach naukowych i w materiałach konferencyjnych,
- ponad 200 artykułów w polskich czasopismach naukowo-technicznych.

Zakład Konstrukcji Specjalnych i Balistyki jako jedyny w kraju (a może i na świecie) redaguje i publikuje w odcinkach na łamach czasopism fachowych trzy cykle o tematyce uzbrojeniowej, pt.: „Ilustrowana Encyklopedia Współczesnej Broni Palnej” (od 1992 r., przy czym w latach 1992-1996 na łamach miesięcznika „Nowa Technika Wojskowa”,

Waplewo, 6-8 October 2004

w latach 1996-2003 – dwumiesięcznika „Wojskowy Przegląd Techniczny i Logistyczny”, a od 2004 r. – dwumiesięcznika „Myśl Wojskowa”); „Ilustrowany Słownik Broni Palnej Angielsko-Polski” („Wojskowy Przegląd Techniczny i Logistyczny” – lata 1999-2003); „Leksykon Uzbrojenia Wojsk Lądowych” (miesięcznik „Przegląd Wojsk Lądowych” – od 2002 r.). Pozycje te, adresowane do młodzieży i studentów oraz miłośników współczesnej techniki militarnej, mają duży walor dydaktyczny i poznawczy, i cieszą się dużą popularnością.



Osiągnięcia Zakładu z ostatnich 5. lat: dyplomy „Nagród Rektorskich” (z 1999, 2001, 2002, 2003 – dwukrotnie) (z lewej), statuetka DEFENDERA’2002 oraz publikacje książkowe (z prawej)

Obecnie działalność naukowa Zespołu koncentruje się na realizacji 6. prac naukowo-badawczych, w tym czterech projektów GRANT oraz projektu celowego, dotyczącego „Opracowania i wdrożenia do produkcji amunicji strzeleckiej o ograniczonym rykoszetowaniu: 9x19 mm, 9x18 mm, 7,62x39 mm, 7,62x51 mm i 7,62x54R mm”.



Komputerowa Pracownia Projektowa (z lewej) oraz Pracownia Broni Strzeleckiej (z prawej) w Laboratorium Konstrukcji Specjalnych, która gromadzi unikatowy w skali kraju zbiór polskiej i zagranicznej techniki wojskowej

**ZAKŁAD**

**WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA, WYTWARZANIA I EKSPLOATACJI**



dr inż. Sławomir PIECHNA

Zakład Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji kierowany przez dr inż. Sławomira PIECHNĘ powstał 01.01.2003 r. w wyniku połączenia kadry naukowej i dydaktycznej oraz infrastruktury dwóch zakładów: Zakładu Technologii Uzbrojenia i Środków Bojowych oraz Zakładu Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji Systemów Mechatronicznych. W ten sposób utworzono Zakład, „łączący” technologie tradycyjne z nowoczesnymi technikami komputerowymi.

Historia obu połączonych zakładów jest bardzo różna i wynika głównie z charakteru prowadzonej przez nie działalności naukowo-dydaktycznej oraz z tego, że pierwszy z nich swoją działalność rozpoczął 36 lat temu, natomiast drugi – 5 lat temu.

Początki działalności Zakładu Technologii Uzbrojenia i Środków Bojowych przypadają na 1968 r., kiedy to Katedrę Technologii Uzbrojenia włączono do Wydziału Uzbrojenia Rakietowego. W tym czasie kierownikiem Katedry był prof. dr inż. Tadeusz PEŁCZYŃSKI, który kierował zespołem specjalizującym się w przeróbce plastycznej. Największym osiągnięciem tego zespołu było uzyskanie Nagrody Państwowej I stopnia za opracowanie i wdrożenie technologii produkcji cienkościennych rur stalowych.

Po przejęciu Katedry przez prof. dr inż. Stanisława GĘBALSKIEGO (1971 r.), działalność naukową rozszerzono o inne kierunki technologiczne. W tym celu uzupełniono i zmodernizowano wyposażenie laboratoryjne oraz utworzono nowe pracownie: Obróbki Ciepłej i Ciepłno-chemicznej, Odlewnictwa, Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych oraz Spawalnictwa. Niebawem podjęto również pierwsze prace nad metalurgią proszków w nowo utworzonej Pracowni Metalurgii Proszków. Dynamiczny rozwój tej technologii rozpoczął się w 1976 r. po objęciu obowiązków kierownika Katedry przez prof. dr. hab. inż. Aleksandra MOSZCZYŃSKIEGO. Prace zespołu katedralnego znalazły uznanie wielu krajowych ośrodków badawczych oraz polskiego przemysłu. W wyniku współpracy z zakładami produkcyjnymi zrealizowano wiele prac naukowo-badawczych, których rezultaty wdrożono do produkcji seryjnej (m.in. w Fabryce Samochodów Małolitrażowych – 19 części samochodowych z proszków spiekanych). Ten kierunek specjalności naukowej był utrzymywany zarówno po objęciu stanowiska kierownika Katedry przez płk. dr. inż. Adama JACKOWSKIEGO w 1993 r., jak i przez płk. dr. hab. inż. Waldemara TRZCIŃSKIEGO w 2002 r. W tym czasie Katedra została zreorganizowana do struktury zakładu, o nazwie Zakład Technologii Uzbrojenia.

Zakład Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji Systemów Mechatronicznych powstał z rozwinięcia Pracowni Zintegrowanych Systemów Informacyjnych powołanej w celu informatyzacji Wydziału Uzbrojenia i Lotnictwa w 1995 r. pod kierownictwem mjr. dr. inż. Sławomira PIECHNY. Zespół Pracowni zaprojektował i nadzorował prace związane z budową lokalnej sieci komputerowej Wydziału oraz koordynował wszelkie działania związane z rozwojem informatycznym i poligraficznym Wydziału.

W okresie tym mocno rozwinęły się produkty informatyczne wspomagające prace projektowe i obliczeń inżynierskich CAD/CAE, produkty wspomagające wytwarzanie CAM oraz wspomagające eksploatację CMM. Pod merytorycznym kierownictwem prof. dr. hab. inż. Aleksandra OLEJNIKA wdrażano do badań naukowych oraz do dydaktyki produkty z grupy CAD/CAE i CAM oraz opracowano własne aplikacje wspomagające zarządzanie procesem eksploatacji uzbrojenia. Wydział organizował spotkania użytkowników zintegrowanego systemu CAD UNIGRAPHICS w Żegiestowie wraz z firmą Unigraphics Solutions oraz Szkołę Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji poświęconą wszelkim produktom informatycznym CAx.

W 1999 r. powołano do życia samodzielny Zakład Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji Systemów Mechatronicznych, któremu powierzono zadania badawcze i dydaktyczne w zakresie systemów CAD, CAM i CMM.

W 2003 r. przy kolejnej reorganizacji Wydziału połączono Zakład z Zakładem Technologii Uzbrojenia i utworzono Zakład Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji w nowopowstałym Instytucie Elektromechaniki Wydziału Mechatroniki Zakład liczy 17 pracowników, w tym: 1 profesor zwyczajny, 1 doktor habilitowany, 8 doktorów, 4 magistrów inżynierów oraz 3 pracowników pomocniczych.

Działalność naukowa Zakładu, związana głównie z problematyką wytwarzania i eksploatacji części maszyn, a zwłaszcza technologią metalurgii proszków i eksploatacji uzbrojenia, wynika z zapotrzebowania na nowatorskie rozwiązania w przemyśle maszynowym. Prace obecnie realizowane przez Zakład koncentrują się m.in. na:

- opracowywaniu technologii wytwórczych części maszyn produkowanych głównie metodą metalurgii proszków,
- badaniu właściwości mechanicznych i mikrostruktury materiałów,
- opracowywaniu teoretycznych i doświadczalnych analiz zjawisk zachodzących w materiałach poddawanych odkształceniom udarowym (np. wybuchowym),
- analizowaniu zagadnień związanych z eksploatacją części maszyn i urządzeń,
- badaniu technik spawalniczych w zastosowaniu do regeneracji części maszyn,
- badaniu trwałości wybranych elementów broni i amunicji,
- prognozowaniu stanu systemów sterowania rakiet lotniczych,
- projektowaniu i wdrażaniu komputerowych systemów do zarządzania procesem eksploatacji urządzeń i systemów technicznych.

Zakład dysponuje nowoczesnymi pracowniami wyposażonymi w unikatową aparaturę badawczą technologii i wytwarzania części maszyn, w tym m.in.

- mikroskopami optycznym i skaningowym,
- maszynami wytrzymałościowymi,
- twardościomierzami,
- maszyną współrzędnościową,
- piecami do obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej oraz piecem próżniowym,



Pracownicy Zakładu Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji (stoją od lewej): dr inż. Jan PIĘTASZEWSKI, technik Tadeusz SANTOREK, mgr inż. Wacław SZYSZKA, dr inż. Marek GAŚSIOROWSKI, dr inż. Jerzy MICHAŁOWSKI, por. mgr inż. Arkadiusz JASKÓLSKI, prof. dr hab. inż. Edward WŁODARCZYK, dr inż. Andrzej DĘBSKI, dr inż. Sławomir PIECHNA, ppłk dr inż. Tomasz MAJEWSKI, dr hab. inż. Adam JACKOWSKI, mgr inż. Mariusz KOWALSKI, mjr dr inż. Jacek JANISZEWSKI (na fotografii nie ma: dr inż. Jana BISA, por. mgr inż. Roberta PASZKOWSKIEGO, technika Marka LACHOWSKIEGO oraz technika Gabrieli CIEŚLAK)

- prasami mechanicznymi i hydraulicznymi oraz prasą izostatyczną,
- tokarką i frezarką sterowanymi numerycznie,
- urządzeniem spawalniczym, do napawania i natryskiwania (plazmotron).



Obrabiarka sterowana numerycznie



Piec węglowy do obróbki cieplnej



Piec do wyżarzania redukującego spieki ciężkie



Maszyna współrzędnościowa do precyzyjnego pomiaru brył

Zakład dysponuje również pracownią komputerową (30 stanowisk) z najnowszymi wersjami oprogramowania CAD/CAM/CMM, wyposażoną m.in. w:

- skaner laserowy trójwymiarowy Rolland,
- boroskop sztywny 4,1 mm z oświetlaczem światłowodowym i kamerą kolorową,
- stanowisko mikrokomputerowe ze specjalizowaną kartą przechwytywania i rejestracji obrazów z oprogramowaniem do obróbki obrazów,
- stanowisko mikrokomputerowe ze specjalizowanym układem wprowadzania danych diagnostycznych rakiet lotniczych wraz ze specjalizowanym oprogramowaniem do prognozowania stanów SEKCJA,
- oprogramowanie: Solid Edge, Solid Works, Edge CAM, Master CAM, ZERO SN oraz PLAN 9000.



Pracownia komputerowych systemów inżynierskich



Stanowisko komputerowego wspomaganie eksploatacji lotniczych pocisków rakietowych



Stanowisko do cyfrowej obróbki obrazu



Stanowisko do nieniszczącego badania trwałości luf małych kalibrów za pomocą boroskopu

Prowadzone prace naukowo-badawcze zaowocowały wieloma publikacjami i zgłoszeniami patentowymi oraz przyczyniły się do podniesienia kwalifikacji naukowych pracowników Zakładu. W ostatnich pięciu latach opublikowano ponad 170 artykułów naukowych i referatów na konferencjach naukowych, zgłoszono 7 wniosków patentowych oraz pomyślnie ukończono: 1 przewód habilitacyjny, 4 prace doktorskie oraz 30 prac magisterskich i 20 prac podyplomowych.

Osiągnięcia naukowe pracowników Zespołu bardzo często były wynikiem współpracy z wieloma krajowymi ośrodkami naukowo-badawczymi i zakładami przemysłowymi, w tym m.in.: Politechniką Warszawską, Wojskowym Instytutem Technicznym Uzbrojenia, Instytutem Technicznym Wojsk Lotniczych, Instytutem Mechaniki Precyzyjnej, Polskim Komitetem Normalizacyjnym oddział Katowice, OBR „Skarżysko”, OBR SM „Tarnów”, Fabryką Wyrobów z Proszków Spiekanych POLMO (Łomianki) oraz Fabryką Broni „Łucznik-Radom”.

Zakład uczestniczy w realizacji zadań dydaktycznych szczególnie w specjalnościach „Konstrukcja i technologia broni” oraz „Komputerowe wspomaganie w mechatronice”, organizuje studia podyplomowe „Komputerowe systemy inżynierskie w eksploatacji” oraz bierze udział w realizacji studiów podyplomowych „Warsztat pracy brokera unijnego” i „Ochrona osób i mienia”.

**ZAKŁAD MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH**



prof. dr hab. inż. Waldemar TRZCIŃSKI

Korzenie Zakładu Materiałów Wybuchowych, kierowanego przez prof. dr. hab. inż. Waldemara Trzcińskiego, sięgają pierwszych lat istnienia Wojskowej Akademii Technicznej, kiedy wybitnemu polskiemu chemikowi prof. Tadeuszowi URBĄŃSKIEMU powierzono utworzenie w ramach ówczesnego Fakultetu Artyleryjsko-Technicznego zespołu zajmującego się materiałami wybuchowymi. Prof. T. URBĄŃSKI zorganizował, a potem kierował Katedrą Materiałów Wybuchowych, w której wybitni specjaliści z dziedziny technologii materiałów wybuchowych, mieszanin pirotechnicznych i paliw raketowych: prof. Kazimierz OKOŃ, doc. Edgar BISHOFF, doc. Kazimiera SZYCLEWAŃSKA, doc. Edward WOŹNIAK. Z czasem dołączyli do nich absolwenci WAT-u: Antoni SEMEŃCZUK, Michał SYCZEWSKI, Jan STATUCH, Mieczysław PISKORZ, Mirosław MACIEJEWSKI, Stanisław CETNER. W Katedrze powstały jedne z pierwszych obronionych w WAT prac doktorskich (1956 r. – Kazimiera SZYCLEWAŃSKA i Antoni SEMEŃCZUK). Katedra kształciła specjalistów w zakresie technologii materiałów wybuchowych i paliw raketowych.

W tym czasie pracownicy Katedry zajmowali się m. in.: opracowaniem mieszanek napalmowych na bazie surowców krajowych i nowych plastycznych materiałów wybuchowych (lewanit, tajwanit), technologią inicjujących materiałów wybuchowych i związków samozapalnych (trójmetyloglinu) do granatów zapalających i bomb napalmowych, wytwarzaniem wzorców czystości izomerów dinitro- i trinitro-toluenów, a także badaniem właściwości nieznanej do tego czasu grupy silnych, kruszących materiałów wybuchowych o nazwie „astrolity” oraz mieszanin pirotechnicznych i stałych paliw raketowych. Dla marynarki wojennej opracowano pirotechniczne race sygnalizacyjne i kołnierz ratunkowy, stanowiące wyposażenie szalup ratunkowych okrętów wojennych.

W 1959 r. Katedra przeszła z Fakultetu Artyleryjskiego na nowo powstały Wydział Chemii Wojskowej (od 1962 r. Wydział Chemii i Fizyki Technicznej), jako Katedra Chemii Stosowanej, a w 1973 r. – do Instytutu Chemii i Obrony Przeciwartomowej, zmieniając nazwę na Zakład Chemii Stosowanej, a później Zakład Materiałów Wybuchowych. Po dołączeniu do Zakładu grupy pracowników z Zakładu Mechaniki Falowej i Fizyki Wybuchu, kierowanego przez gen. dyw. prof. dr. hab. inż. Edwarda Włodarczyka, zmieniono jego nazwę na Zakład Materiałów Wybuchowych i Fizyki Wybuchu.



Pracownicy Zakładu Materiałów Wybuchowych (siedzą od lewej):  
prof. dr hab. inż. Andrzej MARANDA, prof. dr hab. inż. Radosław TRĘBIŃSKI,  
prof. dr hab. inż. Waldemar TRZCIŃSKI, (stoją od lewej): technik Dariusz  
MARCHWICKI, dr inż. Józef PASZULA, dr inż. Andrzej PAPLIŃSKI,  
dr inż. Jerzy NOWACZEWSKI, mgr inż. Leszek SZYMAŃCZYK, dr inż. Dariusz  
GAŁĘZOWSKI (na fotografii nie ma technika Marcina SIDORA)

Współpraca chemików – specjalistów w zakresie technologii materiałów wybuchowych – z fizykami, specjalizującymi się w zagadnieniach propagacji fal uderzeniowych i detonacyjnych, zaowocowała licznymi osiągnięciami. Można do nich zaliczyć równoległe opracowanie technologii zawieszinowych materiałów wybuchowych oraz opracowanie teorii inicjowania detonacji tych materiałów – dzieło zespołu kierowanego przez prof. Edwarda Włodarczyka, który tworzyli m.in.: dr hab. inż. Bogdan Zygmunt, prof. dr hab. inż. Andrzej Maranda, dr Jerzy Nowaczewski i prof. dr hab. inż. Waldemar Trzcinski. Opracowane w Zakładzie zawieszinowe materiały wybuchowe charakteryzują się dużą skutecznością urabiania skał, wysokim stopniem bezpieczeństwa, prostotą produkcji i użycia. Na cześć Wojskowej Akademii Technicznej nadano im nazwę WATEX. Kontynuacją prac nad bezpiecznymi, przemysłowymi materiałami wybuchowymi było opracowanie technologii emulsyjnych materiałów wybuchowych.

Innym osiągnięciem Zakładu było opracowanie technologii wytwarzania silnych plastycznych materiałów wybuchowych, które znalazły zastosowanie m.in.: do obróbki metali, cięcia osłony kabiny pilota przy awaryjnym opuszczaniu samolotu oraz wybuchowego umacniania elementów kruszarek kamieni. Zostały również wykorzystane w opracowanych w Zakładzie technologiach umacniania powierzchni elementów stalowych oraz technologii wybuchowego zgrzewania i platerowania.

W latach 1981-1988 w Zakładzie prowadzono prace badawcze nad technologią mieszanek dymotwórczych oraz konstrukcją granatu do szybkiego wytwarzania zasłon dymnych. Ich efektem było zaprojektowanie granatu WGD-1, przeznaczonego do szybkiej generacji zasłon, przystosowanego do współpracy z pokładowymi systemami osłony przed promieniowaniem laserowym systemów naprowadzających.

Granat wdrożono do produkcji w ZTS-ERG Jasło i wprowadzono do uzbrojenia Wojska Polskiego. Kontynuacją prac w tym zakresie było opracowanie nowatorskiej konstrukcji oraz technologii sporządzania mieszanin dymotwórczych do wypełnienia granatu dymnego CYTRYN przeznaczonego do szybkiego wytwarzania zasłon dymnych o zwiększonej zdolności przesłaniania w zakresie podczerwieni. Granat, opracowany przez zespół, w skład którego wchodził m.in.: prof. dr hab. inż. Edward Włodarczyk, dr inż. Andrzej Papliński i dr hab. inż. Stanisław Cudziło, został wdrożony do produkcji i wprowadzony do uzbrojenia Sił Zbrojnych RP.

W latach 1984-1990 w Zakładzie prowadzono badania nad wybuchową technologią wytwarzania materiałów supertwardych, których efektem były technologie wytwarzania proszków diamentu i twardych odmian azotku boru. Ponadto opracowano metodę wybuchowego zagęszczania i umacniania kompozytów ceramiczno-metalicznych.



#### Unikatowy w kraju zestaw do rentgenografii impulsowej SCANDIFLASH-450

W 1994 r. Zakład przeszedł z Wydziału Chemii i Fizyki Technicznej na Wydział Uzbrojenia i Lotnictwa i wszedł w skład nowo utworzonego Instytutu Techniki Uzbrojenia. Od tego momentu Zakładem kierował prof. dr hab. inż. Radosław Trębiński. W 2003 r. Zakład zmienił nazwę na Zakład Materiałów Wybuchowych i stał się częścią Instytutu Elektromechaniki Wydziału Mechatroniki.

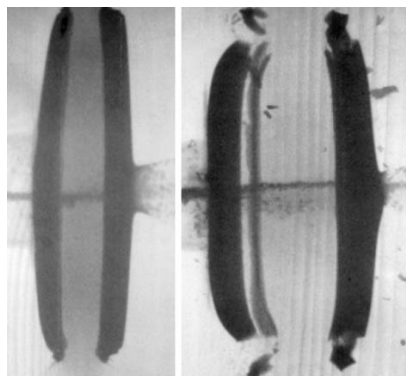
Obecnie Zakład (z siedzibą w budynkach 24 i 32), tworzy 10. pracowników, w tym 3. profesorów zwyczajnych, 4. doktorów, 1. magister inżynier oraz 2. pracowników pomocniczych.

Profil działalności naukowej Zakładu obejmuje m.in.:

- technologię materiałów wybuchowych, mieszanin pirotechnicznych i środków dymotwórczych,
- teoretyczne i eksperymentalne metody badania zjawisk wybuchowych oraz propagacji fal uderzeniowych i podmuchowych,
- zastosowanie energii wybuchu w inżynierii materiałowej i procesach technologicznych.

W Zakładzie prowadzi się prace m.in. nad:

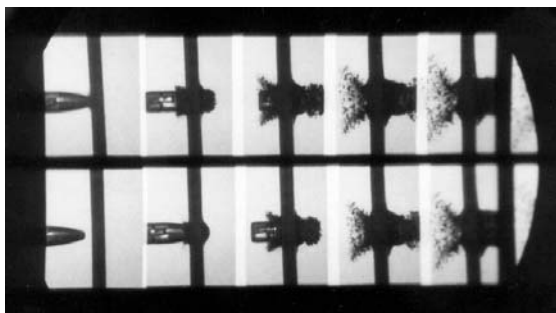
- nowymi formami użytkowymi wojskowych materiałów wybuchowych (np. opracowano nowe plastyczne i flegmatyzowane materiały wybuchowe z lepiszczem fluoropolimerowym, materiały typu PBX),
- nowymi kompozycjami wybuchowymi o obniżonej wrażliwości na bodźce zewnętrzne (NTO, FOX-7),
- projektowaniem i wdrożeniem metodyki badań parametrów detonacyjnych i energetycznych materiałów wybuchowych, w której wykorzystuje się nowoczesne metody pomiaru szybkozmiennych procesów (rentgenografia impulsowa, ultraszybka kamera) oraz symulacje komputerowe zjawisk detonacji i oddziaływania wybuchu na otoczenie,
- badaniem charakterystyk detonacyjnych i energetycznych materiałów wybuchowych nieidealnych,
- badaniem zjawiska kumulacji i wybuchowego formowania penetratorów oraz ich oddziaływania na pancerz reaktywny,
- opracowaniem metody wyznaczania zdolności do wykonania pracy w teście wybuchu podwodnego,
- metodyką określania równań makrokinetyki z wykorzystaniem wyników tzw. testu klinowego.



Rentgenograficzna rejestracja odpowiedzi pancerza reaktywnego na uderzenie strumienia kumulacyjnego

W ostatnich pięciu latach pracownicy Zakładu opracowali m.in. metodykę wyznaczania charakterystyk detonacyjnych i energetycznych na podstawie wyników tzw. testu cylindrycznego i testu wodnego, a także zaproponowali oryginalne metody określania ciśnienia detonacji na podstawie wyników testu wodnego oraz energii detonacji i zdolności miotających produktów detonacji z testu cylindrycznego. Ponadto opracowali własne, teoretyczno-eksperymentalne metody określania efektywnego wykładnika izentropii i współczynników równania stanu JWL produktów detonacji. Metody te zastosowano do kompleksowej charakterystyki parametrów detonacyjnych i energetycznych klasycznych materiałów wybuchowych z dodatkami metali (Al, Mg), nowych flegmatyzowanych i plastycznych materiałów z lepiszczem fluoropolimerowym, materiałów wybuchowych o niskiej wrażliwości (NTO) oraz górniczych materiałów wybuchowych (amonowosaetrzane i emulsyjne materiały wybuchowe).

Zweryfikowane metody mogą stać się standardowymi w Polsce metodami badania charakterystyk detonacyjnych i energetycznych materiałów wybuchowych.



Zarejestrowany proces przebijania przegrody przez pocisk karabinowy (z lewej) za pomocą kamery elektronowo-optycznej IMACON (z prawej)

W Zakładzie prowadzi się eksperymentalne badania zjawiska dopalania produktów detonacji w przestrzeniach zamkniętych, pod kątem zwiększenia efektywności amunicji przeznaczonej do niszczenia obiektów podziemnych, a także badania nad zjawiskiem detonacji nieidealnych materiałów wybuchowych, których celem jest rozpoznanie zjawisk towarzyszących detonacji amonowo-saletrzanych materiałów wybuchowych i modyfikacja ich właściwości.



Komora wybuchowa o objętości 7 m<sup>3</sup> (z lewej) oraz zestaw do pomiaru ciepła detonacji materiałów wysokoenergetycznych (z prawej)

Ważny kierunek badań pracowników Zakładu dotyczy teorii detonacji homogenicznych i heterogenicznych materiałów wybuchowych. Obecnie są prowadzone intensywne prace nad modelowaniem zjawisk towarzyszących procesowi detonacji górniczych i kruszących materiałów wybuchowych. Ich efektem są modele teoretyczne procesu inicjowania detonacji w heterogenicznych materiałach wybuchowych, wykorzystane m.in. do analizy zjawiska pobudzania detonacji w górniczych materiałach wybuchowych (amonale, saletrole, saletroty, emulsyjne i zawiesinowe materiały wybuchowe).

Waplewo, 6-8 października 2004 r.

W ramach badań nad nowymi kompozycjami wybuchowymi o obniżonej wrażliwości na bodźce zewnętrzne w Zakładzie opracowano wydajną metodę syntezy NTO, pozwalającą uzyskać produkt o wysokiej czystości. Znalazł on zastosowanie w nowych kompozycjach wybuchowych z trotylem, heksogenem i oktogenem, których właściwości są obecnie badane.

W eksperymentalnych metodach badania zjawisk wybuchowych wykorzystuje się unikalną w skali kraju aparaturę i infrastrukturę laboratoryjną, w tym m.in.: zestaw do impulsowej rentgenografii, kamerę do superszybkiej fotografii, zestaw kalorymetryczny do pomiaru ciepła detonacji, komory wybuchowe oraz betonowe bunkry, umożliwiające prowadzenie prac strzałowych z ładunkami wybuchowymi o masie do 2 kg.

W ciągu ostatnich 5 lat pracownicy Zakładu opublikowali: 2 monografie naukowe (pt. „Wojskowe materiały wybuchowe” i „Technologie wybuchowe w inżynierii materiałowej”), około 100 artykułów naukowych w czasopismach polskich i zagranicznych (m.in. w „Shock Waves”, „Combustion and Flame”, „Propellants, Explosives, Pyrotechnics”, „Journal of Energetic Materials”, „Combustion, Explosion and Shock Waves” i „Journal of Materials Science Letters”) oraz około 150 referatów w materiałach konferencji krajowych i międzynarodowych. Pracownicy Zakładu byli kilkakrotnie wyróżniani nagrodami Rektora WAT, resortowymi oraz instytucji naukowych.

Zakład jest mocno zaangażowany w realizację procesu dydaktycznego w specjalnościach: „Techniczne zastosowania materiałów wybuchowych”, „Środki bojowe” oraz „Materiały wybuchowe i paliwa rakietowe”.

Pracownicy Zakładu ściśle współpracują z zagranicznymi ośrodkami naukowymi, w tym m.in. z:

- amerykańskim instytutem Lawrence Livermore National Laboratory (w zakresie badań nad dopalaniem produktów detonacji w obiektach zamkniętych oraz określaniem granic wybuchowości heksanu),
- Zakładem Teorii i Technologii Materiałów Wybuchowych Uniwersytetu Pardubickiego (nad określaniem właściwości detonacyjnych materiałów emulsyjnych oraz materiałów wybuchowych o obniżonej wrażliwości),

a także z ośrodkami krajowymi, w tym m.in. z:

- Politechnikami: Warszawską (Instytut Techniki Ciepłej), Częstochowską i Świętokrzyską,
- Instytutem Przemysłu Organicznego w Warszawie, Głównym Instytutem Górnictwa w Gliwicach,
- zakładami produkcyjnymi: ZTS Nitron S.A., ZTS ERG-Bieruń S.A., Blastexpol S.A.,
- Wojskowym Centrum Normalizacji, Jakości i Kodyfikacji; Polskim Komitetem Normalizacyjnym.

Obecnie działalność naukowa Zakładu koncentruje się na realizacji 5. prac naukowo-badawczych typu GRANT oraz 2. prac umownych, dotyczących zagadnień związanych z materiałami wybuchowymi.

**THE 10<sup>th</sup> ANNIVERSARY OF INSTITUTE OF ARMAMENT  
TECHNOLOGY-INSTITUTE OF ELECTROMECHANICS,  
MILITARY UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

**Józef GACEK, Jacek KIJEWSKI, Zbigniew LECIEJEWSKI, Sławomir PIECHNA,  
Waldemar A. TRZCIŃSKI, Ryszard WOŹNIAK**  
Military University of Technology, Warsaw, Poland  
[dyr.-iem@wul.wat.edu.pl](mailto:dyr.-iem@wul.wat.edu.pl); [zbilec@wul.wat.edu.pl](mailto:zbilec@wul.wat.edu.pl)

**Abstract**

The paper presents history and present-day of Institute of Electromechanics (previous Institute of Armament Technology).

Institute of Armament Technology (in structure of Faculty of Armament & Aviation Technology, Military University of Technology) was founded on 15 November 1994 on the basis of existing chairs, as a result of deep transformation in Military University of Technology. Institute was organized in four departments:

- Barrel Armament & Ammunition,
- Theory of Firing & Ballistics,
- Process Engineering of Armament and
- Explosives & Explosion Physics.

In 2003 Institute was renamed Institute of Electromechanics (in structure Faculty of Mechatronics- previous Faculty of Armament & Aviation Technology) and reorganized in three departments:

- Special Designs & Ballistics;
- Explosives and
- Design, Operating & Production Computer-Aided.

A lot of military engineers and technician engineers have graduated from Institute. Due to their scientific, technical and managerial training they have successfully met the requirements the job and positions they have been appointed to.

The Institute engineer designs and integrates highly technical complex electronic and mechanical engineering systems, for which he has mastered the relevant computer technology. The training he has received in science, technology and human resource management prepares him for a career as a design, research, development and trial engineering, or to manage a project in one of these fields: special construction, mechanical engineering & structural calculations, pyrotechnics & explosives engineering.

Research is one of the principal functions of the Institute. Naturally directed toward gathering knowledge and combining it with innovation, it is also closely connected to the education of an engineer. For these reasons, students can participate in research projects as working members of the Institute's research teams. Research work at the Institute covers a large spectrum from basic research to product development. The scientific research results have been presented and welcomed with great interest in internationally attended scientific events organized at home and abroad, as well as in international exhibitions.

## **PRZENOŚNE URZĄDZENIE OKREŚLANIA KIERUNKU NADEJŚCIA I POMIARU PARAMETRÓW SYGNAŁÓW MIKROFALOWYCH**

### **THE PORTABLE DEVICE FOR THE ANGLE OF ARRIVAL DETERMINATION AND FOR THE MICROWAVE SIGNALS PARAMETERS MEASUREMENT**

**Adam K. RUTKOWSKI**

Zakład Mikrofal Instytutu Radiolokacji Wydziału Elektroniki, Wojskowa Akademia Techniczna  
Military University of Technology, Faculty of Electronics, Division Of Microwaves, Warsaw,  
Poland

#### **Streszczenie**

Odebranie sygnałów wielkiej częstotliwości oraz określenie ich parametrów jest źródłem informacji o emitującym je urządzeniu nadawczym. Do najważniejszych estymowanych parametrów wykrytych sygnałów mikrofalowych zalicza się: częstotliwość nośną, częstotliwość chwilową, strukturę częstotliwościową, strukturę fazową oraz kierunek nadejścia sygnału. W Zakładzie Mikrofal Instytutu Radiolokacji WEL WAT opracowano model urządzenia służącego do pomiaru kierunku nadejścia i chwilowych parametrów sygnałów mikrofalowych w pasmie 0.79 – 1.31 GHz. Pomiar kierunku realizowany jest metodą fazową. Estymacja chwilowej wartości częstotliwości odbywa się przy wykorzystaniu mikrofalowego dyskryminatora częstotliwości. System antenowy składa się z czterech anten dwugrzbietowych co umożliwia pomiar kąta przyjścia sygnałów zarówno w płaszczyźnie elewacji jak i w azymucie. Urządzenie może służyć do rozpoznawania sygnałów prostych oraz złożonych. Średni błąd pomiaru częstotliwości był mniejszy niż  $\pm 0.2$  MHz, a jego wartość maksymalna nie przekraczała  $\pm 0.5$  MHz w całym zakresie mierzonych częstotliwości. Kierunek nadejścia sygnału określany był z dokładnością  $\pm 0.2^\circ$  w całym pasmie pracy.

#### **Wnioski**

Opracowane urządzenie może być wykorzystane do namiaru oraz rozpoznawania parametrów zarówno sygnałów prostych jak i złożonych. Tor NPCz posiada również zdolność pomiaru częstotliwości tak zwanych sygnałów pokrywających się w czasie. W celu zapewnienia dookrężnej obserwacji przestrzeni i jednocześnie uzyskania dużej odporności na zakłócenia, korzystniej jest stosować kilka współpracujących ze sobą systemów sektorowych z płaskim lub cylindrycznym szykiem antenowym, niż pojedynczy system dookrężny z dużą liczbą anten i rozbudowanym układem formownia charakterystyki kierunkowej. W celu zapewnienia obserwacji dookrężnej należałoby utworzyć sieć składającą się z dziewięciu urządzeń takich jak wyżej prezentowany, sterowanych wspólnym komputerem. Należy podkreślić, że system obserwacji dookrężnej zrealizowany przy użyciu małych urządzeń sektorowych ma tę przewagę nad pojedynczymi systemami o charakterystyce dookólnej, iż jego elementy nie muszą być umieszczane w jednym miejscu.

W związku z tym, w przeciwieństwie do pojedynczych systemów dookrężnych, nie ma konieczności instalowania ich w najwyższym punkcie osłanianego obiektu. Takie rozmieszczenie jest często utrudnione ze względów konstrukcyjnych, a ponadto najwyżej położone urządzenia są zawsze w największym stopniu narażone na zniszczenie.

### **Abstract**

The paper concerns small device designed for the reconnaissance of the electromagnetic space. The presented device determines angle of arrival AOA and immediately evaluates frequency of received microwave signal. The angular segment of the instantaneous surveillance is 44 degrees in width. The device works within the frequency band from 0.79 to 1.31 GHz. It contains four-element antenna array, direction finding DF channel and instantaneous frequency measurement IFM channel. This structure performs so called single-pulse phase method of direction of signal arrival estimation. The experimental version of the device worked in conjunction with personal computer. This set has been successfully used for recognition various signals emitted by remote electromagnetic sources working with the frequency around the lower limit of the L band. Device's architecture and results of experiments were presented.

### **Conclusions**

A portable device has been developed for frequency and AOA determination into the  $\pm 22$  degrees sector width. The device is small but very useful. It was equipped with 2x2 linear antenna array, IFM channel and DF channel. The microwave parts of the both these channels were printed onto single substrate. This appliance was controlled by the computer which stores calibration data and respects them in the process of evaluation of the frequency and the direction of incoming microwave signals. The achieved average error of the frequency estimation was  $\pm 0.3$  MHz, and maximum frequency error didn't exceed  $\pm 0.5$  MHz. The accuracy of the angle of arrival determination was better than 0.2 degrees. Presented model of the device has been developed for observation some segment of the space. To obtain all around instantaneous scanning it is necessary to appropriately place several such devices. The device can intercept simple radar signals and signals with LFM, FSK and PSK modulation as well. The IFM channel of this appliance has capability to determinate frequency of both single and overlapping signals.

Recenzent:

płk dr hab. inż. Zygmunt MIERCZYK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **OCENA WYKONANIA WYBRANEGO ZADANIA MYŚLIWSKIEGO Z WYKORZYSTANIEM TEORII ZBIORÓW ROZMYTYCH**

### **EVALUATION OF EXECUTION SELECTED COUNTER AIR MISSION WITH USING OF FUZZY SETS THEORY**

**Michał BUREK, Mirosław ADAMSKI, Norbert GRZESIK**

Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych  
Polish Air Force Academy, Dęblin, Poland

#### **Streszczenie**

W publikacji autorzy przedstawiają propozycję wykorzystania teorii zbiorów rozmytych w ocenie wykonania wybranego zadania myśliwskiego wykonywanego przez samolot klasy Mig-29. Przetawiono krótką charakterystykę systemów rozmytych oraz projekt sterownika rozmytego określającego prawdopodobieństwo zniszczenia obiektu – celu z wykorzystaniem posiadanych środków rażenia. Ze względu na złożoność problemu konieczne było wprowadzenie odpowiednich założeń. Publikacja jest integralną częścią badań, które prowadzą autorzy.

#### **Wnioski**

Wykonane projekty charakteryzują się precyzyjną i niezawodną pracą. Mała ilość sygnałów wejściowych pozwala na otrzymywanie wyników w czasie rzeczywistym (ten parametr zależy również od szybkości maszyny liczącej).

Duża ilość założeń upraszczających przy projekcie sterownika, a co za tym idzie i przeprowadzonej oceny daje jedynie przybliżoną wartość efektywności. Jednak zalety tego typu rozwiązań skłaniają do przeprowadzenia dalszych badań i sukcesywne zmniejszanie ilości założeń upraszczających, które niewątpliwie obarczają wynik końcowy błędami.

#### **Abstract**

The authors will try to present a project of evaluation system of execution selected counter air mission. The system will use fuzzy sets to evaluate efficiency of elimination targets during counter air mission. Complexity of the problem cause imposed restrictions. This publication is an integral part of the authors' scientific researches.

#### **Conclusion**

Project system works precise and infallible. Small amount of data input cause calculation in a real time. This small amount of data input imposed calculation deviation, but advantages of this solution bring about that further researches are necessary.

Recenzent:

dr hab. inż. Grzegorz KOWALECZKO (Wojkowska Akademia Techniczna)

## **TECHNICZNE MOŻLIWOŚCI SYMULACJI RADAROWEGO WYKRYWANIA I LOKALIZACJI OBIEKTÓW ARTYLERYJSKICH**

### **TECHNICAL ASPECTS OF SOFTWARE SIMULATION OF ARTILLERY PROJECTILES DETECTION AND LOCALIZATION**

**Jarosław POPIK, Ewa BLOK, Piotr CIUNEL, Tomasz RUTKOWSKI, Piotr URUSKI**

Przemysłowy Instytut Telekomunikacji, Oddział Gdańsk  
Telecommunications Research Institute Gdańsk Division, Poland

#### **Streszczenie**

Projekt i realizacja stacji radiolokacyjnej jest procesem złożonym oraz kosztownym, który pochłania dużo czasu i angażuje wielu specjalistów. Proces ten wymaga przeprowadzenia szeregu obliczeń w celu oceny i optymalizacji parametrów projektowanego radaru. Istotne w procesie projektowania analizy mogą być przeprowadzone za pomocą odpowiednio zaprojektowanego symulatora radaru, który powinien zapewniać modelowanie zarówno sprzętu, jak i otoczenia stacji radiolokacyjnej. Stopień skomplikowania oraz koszt realizacji symulatora stacji radiolokacyjnej jest uwarunkowany wieloma czynnikami, wśród których można wymienić następujące:

- przeznaczenie symulatora i zakres modelowanych funkcji urządzenia,
- poziom interaktywności (możliwości wpływu użytkownika na pracę symulatora),
- wymagana szybkość działania i dokładność modelowania,
- czas przeznaczony na realizację projektu.

Konieczność pogodzenia często przeciwnych wymagań wpływa na sposób modelowania funkcji radaru i uzyskiwaną zgodność z rzeczywistymi wynikami.

Można wskazać dwa podejścia do modelowania systemów radiolokacyjnych: funkcjonalne oraz sygnałowe. Modelowanie funkcjonalne polega na opisywaniu konkretnych bloków funkcjonalnych urządzenia za pomocą zbioru znanych (np. zmierzonych) lub szacowanych parametrów tych bloków oraz opisów jakości realizowania poszczególnych funkcji za pomocą np. formuł matematycznych, tabel, systemów ekspertowych itp. Modelowanie sygnałowe oparte jest na tworzeniu modeli bloków funkcjonalnych w formie odzwierciedlającej operacje wykonywane przez ten blok (identycznej jak w rzeczywistym urządzeniu bądź uproszczonej).

W referacie opisano techniczne możliwości modelowania radarowego wykrywania i lokalizacji obiektów artyleryjskich na przykładzie zrealizowanego symulatora radaru artyleryjskiego. Przedstawiono przyjęte rozwiązania matematycznego opisu funkcjonowania radaru i obserwowanych obiektów, które wynikają z funkcjonalnego podejścia do rozwiązania symulatora. Opisany model funkcjonalny elementów radaru i jego otoczenia pozwala na wiarygodne symulowanie wykrywania i lokalizacji pocisków artyleryjskich.

### **Wnioski**

Z punktu widzenia uzyskania wystarczającej dokładności modelowania wykrywania i lokalizacji obiektów artyleryjskich, przy modelowaniu otoczenia radaru, konieczne jest odtworzenie trajektorii lotu pocisku oraz zmian RCS w kolejnych oświetleniach (kierunkach). Fluktuacje RCS w funkcji czasu (od impulsu do impulsu) może być uwzględniona w procesie detekcji wykorzystującym statystyczny opis fluktuacji echa za pomocą modeli Swerlinga.

W procesie detekcji konieczne jest modelowanie SNR w torach nadawczo-odbiorczych (łącznie z anteną), obróbki cyfrowej oraz strat atmosferycznych. Znaczący wpływ na SNR ma również uwzględnione zjawisko odbicia fali elektromagnetycznej od powierzchni ziemi, które może powodować zaniki sygnałów dla pewnych kątów elewacyjnych. Podejście funkcjonalne zakłada przybliżone modelowanie analogowej kompresji impulsu oraz algorytmów filtracji dopplerowskiej, CFAR, integracji impulsów i detektora N-P. Jednakże takie podejście zapewnia nam symulację procesu detekcji, której wyniki są zgodne z oczekiwaniami.

W celu odtworzenia procesu estymacji kątów azymutu i elewacji metodą mono-impulsową zaimplementowano dokładne modele antenowych charakterystyk kierunkowych i pelengacyjnych. Metoda ta jest bliska rzeczywistej i umożliwia wiarygodne modelowanie lokalizacji celu. Modelowanie estymacji prędkości radialnej oraz odległości zostało przybliżone poprzez określenie statystycznego błędu pomiarowego i dodanie go do wartości dokładnej wyznaczonej w generatorze trajektorii.

Opisany model funkcjonalny elementów radaru i jego otoczenia pozwala na wiarygodne symulowanie wykrywania i lokalizacji pocisków artyleryjskich oraz testowania algorytmów śledzenia, zarządzania zasobami i przetwarzania danych. Można go również modyfikować w celu modelowania radarów innego typu i przeznaczenia.

### **Abstract**

This paper concerns the technical aspects of software simulation of artillery projectiles detection and localization based on the accomplished artillery radar simulator. The implemented algorithms for radar performance and radar environment description have been presented, which result from the functional approach to the simulator. The presented radar and environment simulator makes allowances for reliable simulation of detection and localization of artillery projectiles.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Jerzy R. MŁOKOSIEWICZ (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **KSZTAŁTOWANIE UKŁADU ROZPOZNANIA OTOCZENIA DLA BEZZAŁOGOWEGO POJAZDU LĄDOWEGO**

### **STUDY OF SURROUNDING'S RECOGNITION SYSTEM FOR UNMANNED GROUND VEHICLE**

**Adam BARTNICKI\*, Franciszek KUCZMARSKI\*, Stanisław KONOPKA\*\*,  
Andrzej TYPIAK\***

\* Instytut Logistyki Systemów Dowodzenia i Wsparcia, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Logistics, Command Systems and Support, Military University of Technology

\*\*Instytut Budowy Maszyn, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute Mechanical Engineering, Military University of Technology

#### **Streszczenie**

Rozpoznanie otoczenia zdalnie sterowanych lub autonomicznych maszyn i pojazdów jest jednym z podstawowych czynników warunkujących prawidłowe wykonanie postawionego zadania. Warunkiem pełnego wykorzystania systemu percepcji jest ściśle powiązanie go z układami lokalizowania i sterowania obiektem oraz zobrazowania o nim informacji. W artykule przedstawiono analizę wymagań wobec układów rozpoznania otoczenia dla pojazdów o różnej mobilności. Ponadto opisano koncepcję systemu rozpoznania otoczenia dla bezzałogowego pojazdu lądowego.

#### **Wnioski**

Krytycznym problemem w rozwoju BPL pozostaje ciągle rozpoznanie otoczenia (środowiska, celów i zagrożeń) oraz brak metodyk do oceny jakości (wiarygodności) tego rozpoznania. Powiązanie ciągle rozproszonych technologii dotyczących zastosowania BPL z ich strukturą mechaniczną (część nośna i napędowa) – jest koniecznym wymogiem dalszego ich rozwoju.

Głównym problem, warunkującym realizację proponowanego układu sterowania jest opracowanie układu omijania przeszkód. Jego podstawowym zadaniem będzie generowanie informacji o położeniu obiektów i opracowanie bezkolizyjnego toru ruchu pojazdu.

Przedstawiony w referacie, badawczy układ wizyjny może być wykorzystywany zarówno do lokalizowania przeszkód terenowych w układzie maszynowego widzenia jak też obserwacji otoczenia przez operatora. Wprzęgnięcie do układu wizyjnego dalmierzy laserowych, może zapewnić uzyskanie efektywnego systemu wykrywania i lokalizowania zarówno ruchomych obiektów jak i przeszkód w przestrzeni działania pojazdu.

Aktualny stan rozwoju BPL należy ciągle uznawać za etap prac na poziomie opracowywania demonstratorów technologii. Wyraźnym hamulcem w rozwoju BPL jest określenie ich zadań we współczesnym systemie obronnym. Zasadnym wydaje się też ich rozgraniczanie na zadania wynikające z programu DaT (Defence against Terrorism), FCSs (Future Combat Systems) a także wydzielenie zastosowań w akcjach humanitarnych (misjach pokojowych).

### **Abstract**

Recognition of surroundings remote controlled or autonomic machines and vehicles is one from basic factors conditioning proper realization of put assignment.

Exact connection of its is condition of full utilization of perception system with arrangements of locating and steering object as well as image about its of information. In article analysis of requirements was introduced in the face of arrangements of recognition for vehicles with different mobility. Moreover conception of system of recognition of surroundings for unmanned ground vehicle was described.

### **Conclusions**

The main problem which determine the completion of presented system is building the avoid obstacles system. Its main task will be to generate information concerning the position of the obstacles and presenting non-collision patch for the vehicle.

The vision system presented in this paper can be used to localize the terrain obstacles in a “machine-sight” configuration, as well as in a remote controlled by the operator. Putting laser telemeters into the system allowed making a system which effectively detects and localizes both moving and non-moving objects as well as obstacles in the operating space.

The current state of development of the UGV is stilling a technology-demonstration phase. The main problem, which slows down further development of the UGV, is an unclear theirs position in the modern defence system. It’s also necessary to divide the tasks of the UGV into three categories. The ones set up by the DaT (Defence against Terrorism) program, the FCSs (Future Combat Systems) and the humanitarian missions (peace keeping missions).

Recenzent:

plk dr hab. inż. Zygmunt MIERCZYK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## WYBRANE ASPEKTY SZACOWANIA NIEZAWODNOŚCI ZINTEGROWANEGO SYSTEMU DOWODZENIA

### THE SELECTED ASPECTS ASSESSING OF COMMAND, CONTROL, COMMUNICATION SYSTEM RELIABILITY

**Artur CYWIŃSKI, Bogusław JAKUBOWSKI**

Wydział Nawigacji i Uzbrojenia Okrętowego, Akademia Marynarki Wojennej  
Navigation and Naval Weapon Department, Naval University, Gdynia, Poland

#### Streszczenie

Współczesne zintegrowane systemy dowodzenia stosowane na pokładach jednostek pływających (okrętów) mają za zadanie zbieranie, przetwarzanie, gromadzenie oraz wykorzystanie informacji w celu optymalizacji procesu dowodzenia. Jednym z elementów tej informacji jest oszacowanie dokładności określenia pozycji jednostki pływającej jak i parametrów ruchu celu.

Może się zdarzyć, że w czasie wykonywania zadania bojowego zawodzi jeden z systemów określania parametrów nawigacyjnych. Pozycja określona w tym czasie jest obciążona dużym błędem. Aby ustrzec się od takich przypadków stosuje się integrację przyrządów nawigacyjnych, przez co podwyższa się niezawodność działania zintegrowanego systemu dowodzenia jak również otrzymywane dane nawigacyjne są na pewnym zadawalającym nas poziomie wiarygodności.

Przedmiotem rozważań będzie wyznaczenie wskaźników niezawodności systemu:

- gotowości asymptotycznej (graniczny współczynnik gotowości),
- gotowości chwilowej (wskaźnik gotowości),

w oparciu o ocenę wiarygodności informacji dostarczonej z zintegrowanego systemu dowodzenia.

Zakładając, że pracę zintegrowanego systemu dowodzenia można traktować jako proces użytkowania o natychmiastowej odnowie. Przy założeniu, że czasy  $\tau_n$  poprawnej pracy systemu są ciągłymi niezależnymi zmiennymi losowymi, proces ten można traktować jako proces semi-Markowa.

#### Wnioski

Rozpatrywane zagadnienia dotyczące modeli matematycznych procesów eksploatacji zintegrowanego systemu dowodzenia pozwala stwierdzić, że:

- Istotę modeli procesów eksploatacji obiektów technicznych oddaje matematyczny model decyzyjny, w którym wyróżnia się człon dotyczący identyfikacji procesów rzeczywistych i człon uwzględniający podejmowanie decyzji;
- Procesy zachodzące w zintegrowanych systemach dowodzenia można opisać za pomocą procesów Markowa dyskretnych w stanach i ciągłych w czasie i semi-Markowa.

- Modelami procesów zmian stanów eksploatacyjnych ZSyD mogą być procesy Markowa, a w szczególności procesy semi-Markowa.
- Do wskaźników efektywności charakteryzujących funkcjonowanie zintegrowanego systemu dowodzenia można zaliczyć: prawdopodobieństwo przebywania obiektu w poszczególnych stanach, prawdopodobieństwo przejścia ZSyD między stanami, graniczny współczynnik gotowości, wskaźnik gotowości i inne.

#### **Abstract**

The paper presents the calculations of reliability characteristics values for a reconditions able object or an Integrated and Computers Systems. This kind of information characterized by two values of credibility. It worked out necessary theoretical fundaments for description of reliability of information system. For making this assessing was used the model based on semi-Markov process.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **WYKORZYSTANIE WYBRANYCH METOD DO OCENY TECHNIKI WOJSKOWEJ NA PRZYKŁADZIE MOSTÓW TOWARZYSZĄCYCH I SZTURMOWYCH**

### **APPLICATION OF CHOSEN METHODS TO ESTIMATION OF MILITARY TECHNIQUE ON EXAMPLE OF MECHANIZED BRIDGES**

**Franciszek KUCZMARSKI\*, Jarosław ZELKOWSKI\*\***

\* Instytut Systemów Uzbrojenia, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Armament Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\* Instytut Automatyzacji Systemów Dowodzenia i Logistyki, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Command Systems Automation and Logistics, Military University of Technology,  
Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W referacie przedstawiono metodykę oceny mostów towarzyszących i szturmowych, która składa się z dwóch etapów. W pierwszym etapie, wykorzystując metodę taksonomiczną, oceniono mosty towarzyszące i szturmowe i na tej podstawie wybrano rodzaj mostu. W drugim etapie wykorzystano metodę ekspertów, za pomocą której podjęto decyzję o wyborze najkorzystniejszego wariantu mostu towarzyszącego.

#### **Wnioski**

Zaproponowana metodyka oceny możliwych do realizacji koncepcji mostu towarzyszącego wykorzystująca dwie metody może być z powodzeniem zastosowana do innych rodzajów sprzętu wojskowego. Do zaprezentowanego toku postępowania, w zależności od potrzeby i narzuconych wymagań przez decydentów, można dołączyć procedury pośrednie, za pomocą których dokonuje się oceny szczegółowej sprzętu. W związku z powyższym istotnym problemem staje się dobór metody postępowania, stosownej do potrzeb aktualnie prowadzonych badań. Pozwoli to zwiększyć wiarygodność uzyskanych wyników oceny.

Przedstawiona analiza umożliwia obiektywną oceną wytypowanych wariantów i wybór najkorzystniejszego rozwiązania mostu ze względu na spełnienie wielu kryteriów, np. wymagań taktyczno-technicznych..

#### **Abstract**

In the paper authors presented methodology of mechanized bridges estimation, which consist of two phases. In first phase method of taxonomic was used. The estimation of mechanized bridges was done and on the base of it authors choose the kind of bridge. In second phase method of experts was used, thanks to it decision was made about the most appropriate variant of bridge.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Aleksander OLEJNIK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA BOROSKOPU DO PRZEGLĄDANIA PRZEWODÓW LUF BRONI MAŁOKALIBROWEJ**

### **ASSESSMENT POSSIBILITY OF APPLICATION BOROSCOPE FOR INVESTIGATION THE BORE BARRELS OF THE SMALL CALIBRE GUNS**

**Andrzej DĘBSKI, Marek GAŚSIOROWSKI, Sławomir PIECHNA**

Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Electromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Głównym czynnikiem wyznaczającym trwałość małokalibrowej broni strzeleckiej jest zużycie przewodu lufy skutkujące utratą najważniejszych parametrów taktyczno-technicznych takich jak: prędkość wylotowa pocisku i celność. Przyczyny powodujące zużywanie się lufy mogą wynikać już z samej konstrukcji broni, zastosowanej technologii, lecz najważniejsze są warunki eksploatacji.

Analiza zjawisk powodujących zużycie przewodów luf broni strzeleckiej, różnych kalibrów, była wielokrotnie przedmiotem badań i jest opisana w literaturze. Zwykle badania polegały na opisie zniszczeń widocznych w przekrojach luf po zakończeniu eksploatacji, bądź po badaniach trwałościowych.

W pracy przedstawiono przykładową konfigurację stanowiska do rejestracji obrazów powierzchni przewodu lufy oraz przykłady zdjęć badanych luf broni strzeleckiej. Dokonano analizy możliwości zastosowania boroskopu do oceny zużywania się przewodu lufy w procesie eksploatacji.

#### **Wnioski**

Z przeprowadzonych analiz wynika, że zaprezentowane stanowisko do nieniszczących badań stopnia zużycia luf broni strzeleckiej, pozwala przy niedużych nakładach na dokonywanie jakościowej oceny wyników procesu produkcji luf, bądź stopnia zużycia podczas eksploatacji lub prób trwałościowych.

Rozwój stanowiska polegać będzie na wprowadzeniu cyfrowej rejestracji sygnału i próbie ilościowej oceny z zastosowaniem cyfrowej obróbki sygnału np. z zastosowaniem oprogramowania (LUCIA).

Duże różnice w zużyciu luf w zależności od zastosowanej amunicji (inny producent) wymagają daleko idących analiz wpływu wielu czynników współpracy lufy i naboju.

Dalsze prace mogą zaowocować sugestiami zmiany technologii produkcji luf, bądź amunicji w wyniku identyfikacji przyczyn utraty trwałości najbardziej wrażliwych elementów (fragmentów) przewodu lufy.

### **Abstract**

It the example - configuration of standing for running and registration was pictured of surface barrel as examples of shots studied barrels shooting guns. The analyses' possibility of application boroscope for the wearing away guns in case of exploitation.

### **Conclusions**

It with conducted analyses' results that presented position to destructive audits of grade of waste barrels protects shooting, it permits near small stock on making the qualitative opinion of results of process production barrels, be during or tests durability exploitations the grade of waste.

The development of position will depend on introduction of digital registration of signal and the test of quantitative opinion with use of digital processing of signal for example with use of software (the LUCIA).

The large differences in waste of barrels in dependence from applied ammunition (different manufacturer) they require going analyses' of influence of many factors of co-operation of bad mark and cartridge far.

The more far running can yield the fruit with hints of change of technology production bad marks, be in result of identification of causes loss durability the most sensitive units the ammunition (the fragments) the conductor of bad mark.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam JACKOWSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **METODA OCENY TRWAŁOŚCI RESZTKOWEJ ELEMENTÓW KONSTRUKCJI STATKU POWIETRZNEGO USZKODZONYCH POCISKAMI PENETRUJĄCYMI**

## **THE METHOD OF ESTIMATION REMINDER DURABILITY OF AIRCRAFT'S STRUCTURE ELEMENTS IMPAIRED BY PENETRATOR PROJECTILE**

**Michał JASZTAŁ, Henryk TOMASZEK**

Instytut Techniki Lotniczej, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Aviation Technology, Military University of Technology, Warsaw, Poland

### **Streszczenie**

Prezentowana praca dotyczy problemu oceny trwałości resztkowej elementów konstrukcji statku powietrznego uszkodzonych pociskami penetrującymi przeciwnika. W pracy dokonano analizy fizyki niszczenia wybranych elementów konstrukcyjnych pod wpływem pocisków penetrujących. Został następnie stworzony deterministyczny opis zmiany wytrzymałości doraźnej oraz zmęzeniowej elementów konstrukcyjnych powstałej po trafieniu pociskami penetrującymi. W analizie wytrzymałości zmęzeniowej został wykorzystany opis prędkości pęknięcia zmęzeniowego dla materiałów liniowo sprężystych oparty na zależności Parisa, natomiast prędkość pęknięcia zmęzeniowego w materiałach nieliniowo sprężystych opisana została za pomocą całki  $J$ . Efektem końcowym pracy było opracowanie metody szacowania trwałości resztkowej uszkodzonych elementów konstrukcji statku powietrznego. Prezentowane opracowanie zawiera również weryfikację opracowanej metody oceny trwałości resztkowej na podstawie danych rozwoju pęknięć zmęzeniowych w elementach płatowca uzyskanych w procesie eksploatacji statków powietrznych.

### **Wnioski**

Analizując zagadnienie odporności statku powietrznego na uszkodzenia można stwierdzić, że w wyniku oddziaływania środków bojowych przeciwnika statek powietrzny może:

- zostać zniszczony natychmiast po trafieniu, lub też,
- zostać uszkodzony bez natychmiastowej utraty zdolności do wykonywania lotu.

Tak jak w pierwszym przypadku trwałość statku powietrznego po otrzymaniu trafienia wynosi zero tak w drugim przypadku powstaje problem oceny trwałości resztkowej czyli czasu, który upłynął od chwili powstania uszkodzeń statku powietrznego do jego ewentualnego zniszczenia.

Rozwiązanie problemu rozpoczęto od stworzenia opisu deterministycznego rozpatrywanych zjawisk oraz określenia warunków wytrzymałościowych opisujących stan w którym nie dojdzie do doraźnego zniszczenia elementu konstrukcyjnego. Następnie dla przypadku w którym statek powietrzny zostanie uszkodzony w wyniku trafień pociskami w sposób nie powodujący jego natychmiastowego zniszczenia, opracowane zostały metody szacowania trwałości resztkowej w aspekcie zmęczenia konstrukcji.

Podsumowując, stworzona metoda wyznaczania trwałości resztkowej konstrukcji statku powietrznego poddanej oddziaływaniu wybranych środków bojowych może być wykorzystana w celu:

- Wspomagania procesu podejmowania decyzji o użyciu danego typu statku powietrznego w działaniach bojowych.
- Wsparcia decyzji o możliwości odbycia kolejnego lotu na zadanie bojowe bez dokonywania naprawy lub też oceny zakresu wymaganych napraw do odbycia następnego lotu.

Wspomagania procesu projektowania lub modernizacji statku powietrznego pod kątem zwiększenia jego odporności na uszkodzenia

### **Abstract**

Presented study concern estimation of remainder durability aircraft's structure elements impaired by penetrator projectile. First stage of the study was analysis of damage physics of chosen structure's elements under projectile influence. Next authors created deterministic description of immediate strength and fatigue strength of construction after hit. Analysis of fatigue strength basis on description of velocity fatigue cracking. In case of linear elastic materials made use of Paris equation, however of nonlinear elastic materials made use of "integral J" equation. On the basis of presented mathematic description authors achieved final effect of this work that is the method estimation of remainder durability aircraft's structure elements impaired by projectile. Presented study include verification created method basis on data of crack growth in aircraft's structure elements carried out in aircraft operation process.

### **Conclusions**

The purpose of this study was estimation remainder durability of aircraft's structure elements impaired by penetrator projectile. In this study authors consider two possible events and described conditions when events occur. Firstly, aircraft is immediately destroyed after being hit. Secondly aircraft have damage that not sufficient to cause a total destruction but with time may ensue fatigue damage. Estimation of remainder durability basis on description of velocity fatigue cracking. Carried out result of method's verification entitle to practical application created method. In the future authors will develop this method through use probabilistic method which take into consideration random character of strength and load parameters.

To sum up presented method is useful for:

- Decision support about makes use of given type of aircraft.
- Decision support about possibility of aircraft flight without structure repair or determine range of repair.
- Support of design or modernization process military aircraft.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Wiesław SOBIERAJ (Wojkowa Akademia Techniczna)

## WARUNKI NAGRZEWANIA STOŻKA PRZEJŚCIOWEGO LUFY WE WSTĘPNYM OKRESIE STRZAŁU

### CONDITION OF HEATING THE FORCING CONE OF BARREL IN INITIAL PERIOD

**Robert KAMIŃSKI, Stanisław TORECKI**

Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Electromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### Streszczenie

Jednym z bardzo istotnych zjawisk towarzyszących strzelaniu z broni palnej jest proces wymiany ciepła w lufach. Zagadnienie to ma bardzo duże znaczenie ze względów konstrukcyjnych, technologicznych i eksploatacyjnych. Intensywność nagrzewania ścian przewodu lufy mająca decydujący wpływ na jej żywotność determinowana jest przez czynniki balistyczno-termiczne

W referacie przedstawiono metodę i wyniki obliczeń współczynnika przejmowania ciepła  $\alpha$  oraz temperatury gazu opływającego ścianki lufy w obszarze stożka przejściowego. Rozważania przeprowadzono dla wstępnego okresu strzału to jest od chwili rozcalenia naboju do chwili rozpoczęcia procesu wrzynania się pierścienia wiodącego w bruzdy lufy na przykładzie 23 mm armaty automatycznej 2A14. Zaprezentowano także wyniki rozwiązania PGBW dla wstępnego okresu strzału.

#### Wnioski

1. Wartość współczynnika przejmowania ciepła  $\alpha(t)$  jest wielkością zmienną w czasie i zależy od wartości zmiennego w czasie iloczynu  $\rho w$ , a w niewielkim stopniu od temperatury gazów.
2. Czas nagrzewania przewodu lufy podczas strzału jest bardzo krótki.
3. Na podstawie obliczonych wartości współczynnika  $\alpha(t)$  i temperatury gazów opływających ścianki lufy należy przypuszczać, że proces nagrzewania przewodu lufy jest bardzo intensywny.
4. Ze względu na bardzo krótki czas działania gazów prochowych o wysokiej temperaturze na ścianki lufy należy przypuszczać, że wysokie temperatury wystąpią jedynie w warstwie przyściennej lufy.

#### Abstract

This paper presents the way and results of calculations coefficient thermal conductivity and gas temperature flowing through slit between the barrel and the driving band of bullet. Calculation was made for initial period of shooting based on automatic cannon 2A14. There was solved the modify system of equations of the main ballistic issue.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **MOŻLIWOŚCI EKSPLOATACJI UKŁADÓW HYDRAULICZNYCH MASZYN INŻYNIERYJNYCH W SKRAJNYCH WARUNKACH KLIMATYCZNYCH**

### **THE OPERATION POSSIBILITY OF HYDRAULIC POWER SYSTEM IN EXTREME CLIMATIC CONDITIONS**

**Marian J. ŁOPATKA**

Instytut Budowy Maszyn, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Mechanical Engineering, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W referacie przedstawiono problemy doboru olejów do układów hydraulicznych maszyn inżynierskich. Wynikają one z konieczności przystosowania współczesnych maszyn do pracy w rozszerzonym zakresie temperatur. Na podstawie charakterystyk dostępnych olejów i zdefiniowanego racjonalnego zakresu temperatur pracy nowoczesnych maszyn inżynierskich sprecyzowano zalecenia dotyczące kształtowania układów hydraulicznych oraz doboru olejów.

#### **Wnioski**

Wysokie wymagania jakościowe w zakresie właściwości smarnych – niezbędne w wysokich temperaturach pracy – zapewniają : oleje hydrauliczne klas HM i HV, oleje silnikowe klas CD i wyższych oraz oleje przekładniowe typu ATF. Wymagany szeroki zakres temperatur w jakich mogą być eksploatowane maszyny inżynierskie powoduje, że niezbędne są oleje o ulepszonych charakterystykach temperaturowo-lepkościowych. Wymaganie to spełniają tylko oleje hydrauliczne klasy HV oraz oleje przekładniowe ATF , które dzięki dodatkom uszlachetniającym mogą osiągać wskaźniki lepkości WL powyżej 250.

Z uwagi na występowanie granicy pompowności olejów - najniższe temperatury pracy układów hydraulicznych spełniających kryteria wielosezonowości nie powinny być niższe od  $-30^{\circ}\text{C}$ . Górna granica temperatur otoczenia zależy od charakterystyki temperaturowo-lepkościowej dobranego oleju, rozwiązań konstrukcyjnych zastosowanych pomp i ich wymagań w zakresie smarowania oraz efektywności pracy układu chłodzenia oleju. Zapewnienie możliwości pracy układów hydraulicznych w skrajnych temperaturach – występujących w warunkach klimatu umiarkowanego i gorącego jest procesem złożonym. Przeprowadzona analiza wskazuje, że wymaga to ingerencji już na etapie jego projektowania.

Rozszerzenie zakresów dopuszczalnej lepkości oleju wymaga zastosowania nowoczesnych pomp zębatych, potrafiących pompować oleje o lepkości nawet  $2000\text{ mm}^2/\text{s}$ , a lepkość kinematyczna w najwyższej temperaturze może wynosić zaledwie  $5\text{ mm}^2/\text{s}$ . Nowoczesne układy sterowania pracujące w systemach kompensacji, pozwalają na precyzyjną regulację prędkości ruchów roboczych również w układach z pompami o stałej wydajności. W celu minimalizacji oporów ssania - zbiorniki hydrauliczne powinny być umieszczone bezpośrednio nad pompami.

Niezbędne są rozbudowane układy chłodzenia - ograniczające maksymalną temperaturę oleju – pozwala to na pracę w wyższych temperaturach otoczenia.

Oddzielnym wymaganiem jest ograniczenie pienienia w układzie poprzez odpowiednią konstrukcję zbiornika, ukształtowanie połączeń, wprowadzenie zaworów odpowietrzających itp. oraz zwrócenie uwagi na dodatki przeciwpienne w oleju.

Zwiększa to intensywność oddawania ciepła, sprawność pracy chłodziń oraz ogólną sprawność układu. Jest to również przydatne podczas transportu lotniczego, gdzie spieniony pod wpływem zmian ciśnienia atmosferycznego olej - może doprowadzić do awarii układu hydraulicznego.

Spełnienie tych wymagań, pozwala na zawężenie temperatur roboczych oleju w warunkach klimatu umiarkowanego i gorącego do zakresu od  $-30^{\circ}\text{C}$  (zima) do  $+100^{\circ}\text{C}$  (latem na pustyni) i dobór odpowiedniego oleju – umożliwiającego uruchomienie i pracę układu hydraulicznego w całym wymaganym zakresie temperatur.

### **Abstract**

The problems of operation in extreme climatic conditions of hydraulic power system and possibility of multi-grade oils are presented. The different type hydraulic and engine oils are taken in consideration and their viscosity characteristics are included. On this basic the method of oil selection is evaluated.

### **Conclusions**

Preparing hydraulic power systems to operation in extreme climatic conditions is possible in limited temperature range and demand high quality multi-grade hydraulic oils or automatic transmission fluids with viscosity index above  $\text{VI} = 200$ . The engine oils are unsuitable. Moreover, wide temperature range of operation demands special attention during hydraulic system design and hydraulic power units' selection. The properties of pump are crucial for cold starting of system and achieving wide temperature range of operation.

Recenzent:

Płk dr hab. inż. Franciszek KUCZMARSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

**BADANIE ABLACYJNEGO ZUŻYCIA KOMPOZYTÓW  
FENOLOWO-FORMALDEHYDOWYCH****ABLATION WASTE OF PHENOL-FORMALDEHYDE COMPOSITES****Wojciech KUCHARCZYK, Wojciech ŻUROWSKI**Instytut Budowy Maszyn, Politechnika Radomska  
Machinery Design Institute, Radom University of Technology, Poland**Streszczenie**

Zastosowanie kompozytów polimerowych o odpowiednim składzie fazowym daje możliwość tworzenia konstrukcji ablacyjnych niedostępnych przy użyciu klasycznych materiałów metalowych, a nadal z powodzeniem wykorzystywanych w przemyśle zbrojeniowym (poszycia komór spalania, ruszty, wkładki, osłony dysz silników na paliwo stałe amunicji rakietowej).

W artykule przedstawiono metodykę, wyniki badań i ich analizy statystyczne: szybkości ablacji  $V_{abl}$ , względnego ubytku masy  $U_m$  [%] i temperatury warstwy chronionej  $T_{ch}$  [°C] podczas krótkotrwałego (do 30s) oddziaływania wysokiej temperatury (rzędu 3 000 °C) dwu badanych grup szklanych laminatów termoutwardzalnych. Określono jakościowy i ilościowy wpływ komponentów (proszek  $Al_2O_3$ , pył grafitowy, tkanina szklana - jako materiał wzmocnienia i wypełnienia oraz - jako materiał osnowy termoutwardzalnej - żywice fenolowo-formaldehadowe rezolowe i nowolakowe) na zużycie ablacyjne kompozytów

**Wnioski**

1. W oparciu o termodynamiczne dane literaturowe można wysunąć wstępną hipotezę o hamowaniu niszczenia materiału poprzez odbieranie ciepła potrzebnego na: depolimeryzację żywicy; rozkład tkaniny szklanej; topienie oraz tworzenie złożonych związków i eutektyk ceramicznych; wymywanie warstwy ablacyjnej; konwekcję ciepła w powierzchniowo stopionym, ciekłym materiale oraz tworzenie - na bazie grafitu i związków nieorganicznych - żużla szklistego o niskiej przewodności cieplnej.
2. Im warunki termiczne pracy badanych kompozytów są bardziej surowe (w tym przypadku - im dłuższy czas oddziaływania strumienia gazów o wysokiej temperaturze) - tym właściwości termoochronne materiału stają się lepsze, tzn. maleje średnia szybkość ablacji.
3. Najsilniejszy wpływ na zmianę właściwości termoochronnych badanych kompozytów hybrydowych wykazuje dla danego rodzaju udział procentowy zastosowanego napelnacza sypkiego ( $b_3$ ). Zwiększenie udziału pyłu grafitowego kosztem ceramiki polepsza cechy termoochronne.
4. Łączny masowy udział procentowy obu żywicy dla jednakowej zawartości Modofenu 54S i Nowolaku MR (w badanym zakresie zmienności  $x_1$ ) nie ma wpływu na procesy destrukcji termicznej kompozytów ( $b_1$ ). Tylko przy wyraźnej przewodzie zwilżacza - w celu zwiększenia odporności termicznej - konieczne jest stosowanie większej zawartości żywicy ( $b_{13}$ ), aby wprowadzić do kompozytu dostateczną ilość lepischer spajającego warstwy tkaniny.

5. O wiele gorsze właściwości termoochronne mają kompozyty zbudowane z grubych warstw tkaniny szklanej ( $b_2$ ) nawet jeśli są dokładniej zwilżone ( $b_{23}$ ) i lepiej przesycone oraz spojone żywicami ( $b_{123}$ ). Kompozyt zbudowany z cieńszych tkanin o większej liczbie warstw wolniej ulega termicznej destrukcji - każda kolejna warstwa stanowi dodatkową barierę mechaniczną rozpraszającą strumień ciepły.

Trzykrotnie większe znaczenie niż wpływ tkaniny szklanej na właściwości termoochronne ma wzajemna relacja użytych żywic ( $b_3$ ). Zwiększenie ilości Modofenu 54S (środka zwilżającego) kosztem spadku zawartości Nowolaku MR (spełniającego funkcję lepiszcza) drastycznie przyspiesza procesy ablacji kompozytów - pomimo lepszego zwilżenia warstwy tkaniny kompozytu są słabiej spojone lepiszczem - prawdopodobnie fakt ten intensyfikuje szybkość przenikania strumienia ciepłego w głąb materiału.

#### **Abstract**

The searching plan of heat-hardening glass laminates about ablation properties, methods and results of research as well as theirs analysis and conclusions are presented. It is qualified the qualitative and quantitative influence of components ( $Al_2O_3$  and  $C$  powders, glass fabric - as material of amplification and of fulfilment as well as - as material of heat-hardening matrix - phenol formaldehyde resins) onto thermal destruction of laminate.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam JACKOWSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **ZARYS METODY SZACOWANIA CZĘŚCI ZAPASOWYCH W SZYBKOSTRZELNYCH ARMATACH AUTOMATYCZNYCH W PRZYPADKU PRZEDŁUŻANIA ICH RESURSU**

### **OUTLINE OF METHOD OF ESTIMATING OF SPARE IN FAST-SHOOTING AUTOMATIC IN CHANCE OF LENGTHENING OF THEM SERVICE LIFE**

**Zdzisław IDZIASZEK**

Instytut Systemów Uzbrojenia, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Armament Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Przedstawiony zarys metody szacowania części zapasowych w szybkostrzelnych armatach automatycznych (SAA) w przypadku przedłużania ich resursu stanowi próbę przedstawienia problemu określania potrzebnych części zapasowych zarówno przy przedłużaniu resursu SAA jak i zastosowaniu innych wariantów procesu eksploatacji SAA np. wg stanu technicznego dla pojedynczego obiektu. W takich przypadkach zachodzi konieczność szacowania zapasów niezbędnych zarówno w procesie szkolenia i działań wojennych dla pojedynczego obiektu jak i całości zasobów oraz dla planowanych do użycia zasobów w funkcji intensywności ich wykorzystania, zakresu zwiększania długości ich resursu jak i przyjętego sposobu określania częstotliwości wymian. Punktem wyjścia jest przy tej metodzie istniejący system eksploatacji i określone w nim warunki wymian części zapasowych dla podanego przez producenta resursu (trwałości).

#### **Wnioski**

Przedstawiony zarys metody jest ważnym elementem w procesie budowy nowego systemu eksploatacyjnego SAA. Pozwala na analizowanie różnorodnych wariantów zastosowanych rozwiązań oraz na czytelne powiązanie zmian reśursowych z ilością części zapasowych i efektami ekonomicznymi. Choć te ostatnie nie są najistotniejsze, bo najważniejsze jest utrzymanie gotowości bojowej statku bojowego. Stąd koszty należy rozpatrywać kompleksowo dla całego systemu wraz ze statkami powietrznymi.

Zaletą proponowanej metody jest:

- Prostota jej aplikacyjnych zastosowań w systemach komputerowego wspomaganie procesu eksploatacji,
- Możliwość zastosowania metody bez względu na liczbę elementów w obiekcie technicznym

Metoda będzie rozbudowana z uwzględnieniem:

- Funkcji określających przebiegi procesów uszkodzeń z eksploatacji
- Indywidualnych wskaźników niezawodnościowych nowych propozycji części zamiennych z zamienników krajowych.
- Szacowanie opłacalności wprowadzania nowego resursu w stosunku do poniesionych kosztów.

### **Abstract**

Introduced outline of method of estimating of spare in fast-shooting automatic guns part (SAA) in chance of lengthening of them service life determines test of performance of problem of qualifying of necessary spare part both at lengthening service life SAA as use of different variants of process of exploitation SAA. Accord to of technical for single object state. In such chances necessity of estimating of indispensable reserves happens both in process of instructions and war activities for single object as the whole of supplies and for planned to use of supplies in function of intensity of them of utilizations, range of enlarging of length of them service life as receive way of qualifying of frequency of exchanges. Point of exit service life is existing system of exploitation and definite in him circumstances of exchanges of spare part for given through producer at this method.

### **Conclusions**

Introduced outline of method is most important element in process of building of new using system of SAA with analysing of quantity of spare part and economic effects permits onto analyzing of various variants of used solutions and onto readable connection of changes. Though this last are not essential, because most important survival of warlike readiness of warlike ship is. One should costs to examine complex for whole system together with aerial ships from here .

It is advantage of proposed method:

- simplicity of her application of uses in systems of computer aid of process of exploitation,
- possibility of use of method without regard onto number of elements in technical object

Method will be complex with regard:

- qualifying Function courses of processes of damages from exploitation
- individual coefficients reliability of new proposal of exchangeable from different home part.
- estimating of profitability of new introducing in relation to costs.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **INTEGRALNA OCENA ZAGROŻENIA POŻAROWO-WYBUCHOWEGO I ZAGROŻENIA DLA ŚRODOWISKA STWARZANEGO PRZEZ MATERIAŁY WYBUCHOWE WEDŁUG METODYKI “TEMCLEV-EX”**

### **EVALUATION OF FIRE AND EXPLOSION HAZARD AND RISK OF ENVIRONMENT INJURY FOR CONDENSED EXPLOSIVES BY THE METHOD OF “TEMCLEV-EX”**

**Andrzej PAPLIŃSKI\*\*, Tadeusz PIOTROWSKI\*, Andrzej MARANDA\*\*,  
Michał FRĄCZAK\*, Tomasz SALACIŃSKI\*,**

**\* Instytut Przemysłu Organicznego  
Institute of Industrial Organic Chemistry, Warsaw, Poland**

**\*\* Wojskowa Akademia Techniczna  
Military University of Technology, Warsaw, Poland**

#### **Streszczenie**

Ocena zagrożeń pożarowo-wybuchowych stanowi istotny element analizy ryzyka instalacji i procesów przemysłu chemicznego. Jednym ze szczególnych działów przemysłu chemicznego o zwiększonym stopniu ryzyka są instalacje, urządzenia i obiekty w których następuje wytwarzanie, przetwarzanie, magazynowanie i transport materiałów wybuchowych. Ze względu na powstający stopień zagrożenia, obiekty i instalacje w których następuje wytwarzanie i eksploatacja materiałów wybuchowych należą do grupy instalacji stwarzających „poważne zagrożenie” (ang. „major hazard”) dla ludzi i środowiska które podlegają postanowieniom dyrektywy Wspólnoty Europejskiej 96/82/WE zwanej „COMAH” lub „Seveso II” dotyczącej zarządzania zagrożeniami poważnymi awariami z udziałem substancji niebezpiecznych. Zgodnie z dyrektywą, instalacje takie powinny posiadać szczegółowo opracowane raporty bezpieczeństwa i plany operacyjno-ratownicze, zawierające między innymi ocenę i klasyfikację zagrożeń procesowych (to jest: pożarowych, wybuchowych i toksycznych).

W Polsce podjęto systematyczne prace nad wypracowaniem własnego systemu analizy i oceny zagrożeń związanych z produkcją i eksploatacją materiałów niebezpiecznych. W latach 1996-2000 w Instytucie Przemysłu Organicznego we współpracy z Politechniką Wrocławską opracowano system TEMCLEV (Technology & Media Classification and Evaluation System) który przeznaczony jest do identyfikacji, klasyfikacji i oceny zagrożeń procesowych w przemyśle chemicznym.

Istotą systemu TEMCLEV jest podział analizowanego obiektu (instalacji) na tzw. „węzły”, tj. procesowe jednostki analizy zagrożeń. Węzły są albo fizycznie wydzielonymi częściami składowymi instalacji albo wydzielonymi w sposób umowny częściami, różniącymi się rodzajem operacji (procesu), zawartością materiałów (mediów) lub warunkami fizykochemicznymi. Podstawą do oceny stopnia zagrożenia stwarzanego przez węzeł jest integralny wskaźnik niebezpiecznych właściwości materiału (w przypadku mieszaniny substancji niebezpiecznych – wskaźnik wypadkowy) pomnożony przez stopień wzrostu zagrożenia powodowany charakterem procesu (np. mieszanie, rozdrabnianie, przesiewanie, itp.).

W przypadku wprowadzenia zabezpieczeń, ocena stopnia zagrożenia jest odpowiednio pomniejszana. Wprowadzenie oceny poprzez analizę węzłów, sposób przyporządkowania poszczególnym wskaźnikom zagrożenia wartości liczbowych, stanowią o specyfice systemu TEMCLEV, w porównaniu z innymi metodami oceny zagrożenia..

W pracy przedstawiane są metody identyfikacji, klasyfikacji i oceny zagrożeń występujących przy produkcji, przechowywaniu i eksploatacji materiałów wybuchowych wg metodyki systemu TEMCLEV-EX. Przedstawione zostały kryteria wyboru i metodyka określania wartości wskaźników obrazujących poszczególne rodzaje zagrożenia stwarzanego przez materiał wybuchowy. Przedstawiono algorytmiczne formuły pozwalające na określenie wypadkowego, integralnego zagrożenia jakie występuje w danym obiekcie, urządzeniu zawierającym materiał wybuchowy.

### Wnioski

Zaproponowano stosowanie dwóch wskaźników głównych:

- $A_{RW}$  – wskaźnik charakteryzujący siłę wybuchu, potencjalne skutki niszczące;
- $B_{RZ}$  – wskaźnik charakteryzujący podatność na pobudzenie.

Obydwa te wskaźniki występują w sumie logicznej, co odpowiada przyjętej zasadzie że słabszy materiał (o mniejszej energii wybuchu) jest pod względem zagrożenia równoważny materiałowi bardziej energetycznemu, jeżeli ten drugi charakteryzuje się zarazem mniejszą wrażliwością, jest mniej podatny na przypadkowe pobudzenie.

Ponadto, wprowadzono pięć wskaźników zagrożenia specjalnego ( $S_1, \dots S_5$ ), które funkcjonują w iloczynie logicznym (formuła (1)) ze wskaźnikami głównymi. Przedstawiono sposób określania wskaźników specjalnych, które mogą podwyższyć stopień zagrożenia stwarzanego przez dany materiał.

Przedstawiono przykłady określania wypadkowego zagrożenia dla różnych typów materiałów wybuchowych.

Przedstawiona metodyka stanowi podstawę do podjęcia prac nad zbiorczym określaniem zagrożenia stwarzanego przez miejsca w których następuje przetwarzanie, przechowywanie, transport i użytkowanie materiałów wybuchowych.

### Abstract

The parametric system of fire and explosion hazard evaluation for condensed explosives has been presented. Classification and evaluation of indices characterising intensity of the explosion, sensitivity of explosives and toxicity of explosion products have been performed for individual reactive materials. An integral formula for resultant risk evaluation that accounts contribution of particular properties of explosive material has been given.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Waldemar A. TRZCIŃSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## BADANIA WŁAŚCIWOŚCI ENERGETYCZNYCH SALETROLU

### THE EXPERIMENTAL STUDY OF ENERGETIC PROPERTIES OF ANFO

**Daniel BUCZKOWSKI\*, Waldemar A. TRZCIŃSKI\*\*, Bogdan ZYGMUNT\*\***

\* Instytut Przemysłu Organicznego, Warszawa

Institute of Organic Industry, Warsaw, Poland

\*\*Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### Streszczenie

Azotan amonowy w postaci granulowanej, nazywany jako produkt handlowy saletrą amonową granulowaną (SAG), jest masowym produktem przemysłu chemicznego na świecie i używany głównie jako sztuczny nawóz azotowy. Znajduje również szerokie zastosowanie jako podstawowy składnik górniczych materiałów wybuchowych (MW), przede wszystkim saletroli (ANFO), stanowiących ponad połowę stosowanych w światowym górnictwie materiałów wybuchowych. Klasyczny saletrol, zastosowany w praktyce 50 lat temu w USA, jest mieszaniną 94,5 % SAG oraz 5,5 % oleju mineralnego. Jedynym składnikiem mającym właściwości wybuchowe w tym materiale jest SAG, która jest produktem technicznym i w zależności od technologii stosowanej przez danego producenta może różnić się właściwościami fizykochemicznymi oraz mechanicznymi, jak również zawartością dodatków modyfikujących jej cechy użytkowe. Obecnie do produkcji saletrolu stosuje się praktycznie wyłącznie porowatą SAG, wytwarzaną przez odparowanie dodatku wody ze stopionej saletry w trakcie operacji granulacji i suszenia (metoda wieżowa) lub przez wymuszenie w saletrze zajścia kilkakrotnej przemiany polimorficznej ogrzewając ją powyżej temp. +32°C, a następnie ochładzając. Akceptowany przez praktykę górnictwą poziom porowatości granul saletry powinien zapewnić wchłonięcie min. 6-8 % oleju mineralnego.

Właściwości wybuchowe MW zależą w dużym stopniu od takich czynników natury fizycznej jak: rozdrobnienie, porowatość, gęstość itp. W przypadku materiałów wybuchowych typu mieszanina nieorganicznego utleniacza z substancją palną, jakim jest saletrol, detonacja przebiega w reżimie nieidealnym. Dla takich mało wrażliwych MW detonujących w ładunkach o dużych średnicach, napotyka się na trudności w określeniu ich właściwości energetycznych. Tradycyjnie stosowane metody jak pomiar wydęcia w bloku ołowianym lub pomiar energii miotania masy produktami wybuchu na wahadle balistycznym, gdzie stosuje się niewielki ładunek badanego MW, pozwalają uzyskać tylko orientacyjne wyniki. Bardziej wiarygodne wyniki pomiarów energetycznych właściwości mało wrażliwych MW można uzyskać stosując pomiar prędkości napędzania masywnej metalowej otoczki ładunku (test cylindryczny) lub pomiar intensywności fali uderzeniowej w wodzie (test wodny, akwarium).

W referacie opisano zastosowanie testu cylindrycznego do oceny właściwości energetycznych saletrolu (ANFO) o różnym składzie chemicznym i różnej strukturze fizycznej granul.

### **Wnioski**

Przeprowadzone badania zdolności miotających produktów wybuchu saletroli przeprowadzone metodą testu cylindrycznego potwierdziły istotny wpływ fizycznej struktury SAG na właściwości wybuchowe sporządzonych z nich saletroli. Wraz ze wzrostem porowatości granul saletry amonowej wyraźnie wzrasta energia Guerneya wykonanych z nich saletroli. Zdecydowanie najlepsze charakterystyki wybuchowe wykazywał saletrol wytworzony z mielonej saletry o wymiarach ziaren poniżej 0,2 mm. Wyniki te wskazują, że ze zwiększaniem się powierzchni saletry poprawiają się właściwości wybuchowe sporządzonych z nich saletroli. Efekt ten jest spowodowany zwiększeniem powierzchni kontaktu składników saletrolu (stałego i ciekłego) co stwarza możliwość pełniejszego przereagowania utleniacza i paliwa w strefie reakcji chemicznej fali detonacyjnej, skutkującego zwiększonym wydzielaniem ciepła zasilającego front detonacji.

Niewielkie zmiany w proporcjach składników, SA i oleju napędowego, nie wpływają w istotny sposób na pogorszenie właściwości energetycznych saletroli. Dopiero duże różnice w ilości składników porównaniu ze składem stechiometrycznym powodują spadek ww. charakterystyk. Dodatek silnie rozdrobnionego aluminium do saletrolu znacznie poprawia jego charakterystyki energetyczne. Dodatek paru procent wody do saletrolu nie pogarsza badanych charakterystyk wybuchowych.

### **Abstract**

The cylinder test was applied for determination of energetic properties of ANFO. Mixtures composed of different physical structure of granules and various chemical compositions of ANFO were tested.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Edward WŁODARCZYK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **ZASTOSOWANIE DWUKOMOROWEGO UKŁADU MIOTAJĄCEGO W PIROTECHNICZNIE ROZWIJANYM ZESTAWIE RATOWNICTWA WODNEGO**

### **APPLICATION ON HIGH-LOW PRESSURE LAUNCHING SYSTEM IN THE PYROTECHNICALLY DEPLOYED WATER RESCUE SET**

**Stanisław CIEPIELSKI, Stanisław CUDZIŁO, Jacek KIJEWSKI, Mirosław ZAHOR**

Wojskowa Akademia Techniczna

Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Celem pracy było opracowanie, wykonanie i zbadanie układu miotającego wyrzutni Pirotechnicznie Rozwijanego Zestawu Ratownictwa Wodnego (PRZRW), zapewniającego wyrzucenie ok. 1-kilogramowego pocisku na odległość ok. 50 m, przy jednoczesnym rozwijaniu linki ratowniczej. Dodatkowym warunkiem był wymóg minimalizacji siły odrzutu, ponieważ pakiet miał być wystrzeliwany z wyrzutni trzymanej przez ratownika.

W referacie przedstawiono opis i model matematyczny dwukomorowego układu miotającego (DUM), rozwiązanie problemu głównego balistyki wewnętrznej DUM, konstrukcję układu miotającego i całej wyrzutni, pomiar ciśnień w komorach i prędkości wylotowej pakietu, wyniki i informację o wstępnych badaniach poligonowych całego pakietu.

#### **Wnioski**

Analiza wyników badań symulacyjnych i doświadczalnych potwierdziła, że opracowany układ miotający spełnia postawione wymagania. Zastosowanie 2-gramowego ładunku prochu WT w łusce myśliwskiej kal. 20 i dwukomorowego układu miotającego zapewnia wyrzucenie zasobnika z kołem ratunkowym o łącznej masie ok. 1 kg z prędkością początkową ok. 32 m/s. W tych warunkach ciśnienie maksymalne w komorze spalania osiąga ok. 85 MPa, a w komorze rozprężania dochodzi do 5,5 MPa. Pozwala to zbudować korpus wyrzutni z lekkiego tworzywa sztucznego zbrojonego włóknem szklanym..

#### **Abstract**

The paper presents:

- description and main characteristics of pyrotechnically deployed water rescue set;
- mathematical model (and its numerical solution) of internal ballistics of high-low pressure launching system used in pyrotechnically deployed water rescue set;
- velocity of the set and pressure measurement systems;
- preliminary results of experimental investigations of working of water rescue set.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **BADANIA ELEKTRYZACJI PYŁÓW PO WYBUCHACH ŁADUNKÓW O ŚREDNIM WAGOMIARZE**

### **INVESTIGATION OF DUST ELECTRIZATION ARISING AFTER ON-GROUND BLOWING-UP OF MIDDLE-WEIGHT HIGH EXPLOSIVE CHARGES**

**Andrzej DŁUGOŁĘCKI, Andrzej FARYŃSKI, Roman KAMIŃSKI,  
Zbigniew ZIÓLKOWSKI**

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa  
Air Force Institute of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Praca niniejsza dotyczy wyznaczania ładunku elektrycznego powybuchowego obłoku pyłowo - gazowego (POPG) wytworzonego przez ładunek wybuchowy, zawierający kilkadziesiąt i więcej kg materiału wybuchowego (M.W.), odpowiadający typowym bombom lotniczym, głowicom raket p-z i z-z i tp. Wyznaczanie to odbywało się drogą pośrednią (oddalone elektrody, rejestracja fotograficzna) ze względu na dużą strefę zniszczeń.

W eksperymencie zmierzono ładunek elektryczny obłoku pyłów powybuchowych. Przedstawiono 3-kanalowy układ pomiarowy i metodę szacowania ładunku elektrycznego bez uwzględnienia kinematyki stref obłoku. Na podstawie przeprowadzonych badań można przyjąć, że powybuchowy obłok, zawierający głównie pył  $\text{SiO}_2$ , pochodzący z eksplozji naziemnego / zagłębionego w gruncie materiału wybuchowego o masie kilkudziesięciu kilogramów, może nieść ładunek elektryczny o energii  $\sim 1\div 10$  kJ, wytwarzający między strefami obłoku a ziemią napięcie nawet  $\sim 10$  MV. Wielkości te mogą rosnąć wraz z masą użytego materiału wybuchowego. W przypadku prowadzenia prac minerskich z użyciem zapalników elektrycznych detonowanych przewodowo stwarza to niebezpieczeństwo podania przez podrzucony do góry przewód impulsu wysokiego napięcia na ciało operatora zapalarki. W przypadku przelotu przez obłok obiektu (środka bojowego) powoduje to przejęcie części ładunku przez obiekt, co może prowadzić do wyładowań elektrycznych (zwłaszcza przy zbliżaniu się obiektu do ziemi), zakłócających pracę różnych układów obiektu.

#### **Abstract**

The experiment is described in which post-explosion-cloud electric charge has been measured. Three-channel measuring setup consisting of electrodes, electrometers and oscilloscopes is presented as well as the electric charge evaluation method that doesn't allow for cloud zones kinematics. Electric charge values are fixed ( $3\div 5$  mC for high explosive charge of approx. 100 kg TNT equivalent) which give evidence of high voltages (growing for some seconds to  $\sim 10$  MV) that occur between cloud zones and earth and may be the source of electromagnetic endangering e.g. when working with high explosive charges using electrically ignited fuses.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Waldemar A. TRZCIŃSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **APARATURA KZA DO REJESTRACJI PARAMETRÓW PRACY PRZECIWLOTNICZEGO ZESTAWU RAKIETOWEGO**

### **KZA DEVICE FOR RECORDING OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEM OPERATION PARAMETERS**

**Jacek DUDZIŃSKI, Dariusz RODZIK, Jacek WARCHULSKI, Marcin WARCHULSKI**

Instytut Systemów Mechatronicznych, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Mechatronics Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Współcześnie, w przeciwlotniczych zestawach raketowych (PZR), powszechnie stosowana jest automatyczna aparatura do rejestracji parametrów naprowadzania rakiet i pracy bojowej zestawu. Pozwala to na szczegółową analizę procesu naprowadzania rakiety na cel oraz ocenę stanu technicznego PZR i rakiety.

Podjęto więc próbę opracowania nowoczesnego tego rodzaju urządzenia pod roboczą nazwą aparatury KZA. Prace badawczo-rozwojowe były realizowane głównie w Instytucie Systemów Mechatronicznych (dawniej Techniki Rakietowej) WAT oraz Szefostwie Wojsk Obrony Przeciwlotniczej i podlegających mu jednostkach wojskowych.

Celowym i ekonomicznie uzasadnionym wydawał się fakt, zastosowania takiej aparatury do monitorowania pracy modernizowanych przeciwlotniczych zestawów raketowych OSA AK.

Celem przedsięwzięcia było opracowanie nowoczesnej konstrukcji automatycznej aparatury do kontroli i rejestracji parametrów pracy bojowej PRWB. Istotą projektu było wyposażenie Wojsk Obrony Przeciwlotniczej w przenośną aparaturę kontrolno – pomiarową, przeznaczoną do rejestracji unikalnych procesów zachodzących podczas naprowadzania rakiet na rzeczywiste cele powietrzne. Dzięki temu zgromadzone cenne dane, można wykorzystać do analizy procesu naprowadzania rakiet i oceny stanu technicznego PRWB. Są one niezbędne również przy wypracowywaniu strategii eksploatacyjnych dla badanych egzemplarzy PRWB, a w szczególności do oceny zakresu prac obsługowych i naprawczych koniecznych do wykonania.

Niniejszy referat przybliży rozwiązania techniczne aparatury KZA i przedstawia szerokie możliwości wykorzystania opracowanego urządzenia.

#### **Wnioski**

Opracowana aparatura KZA przystosowana jest do wykorzystywania w czasie strzelań szkolno-bojowych i treningów. Przeznaczona jest do:

- pomiaru i zobrazowania błędów naprowadzania rakiet, komend kierowania rakiet i ich składowych oraz sygnałów odpowiedzialnych za pracę radiozapalnika, w obu kanałach sterowania;
- rejestracji mierzonych parametrów w czasie 30 s cyklu pomiarowego począwszy od uruchomienia ich zapisu;

- przechowywania zarejestrowanych danych w czasie do 72 godz. od zakończenia pomiarów;
- transmisji wyników pomiarów do stanowiska ich analiz;
- wizualizację wyników pomiarów;
- ewidencji i archiwizacji wyników pomiarów w bazie danych.

Do głównych korzyści wynikających z opracowania aparatury KZA można zaliczyć:

- ocenę skuteczności wykonania strzałów;
- możliwość analizy wybranych elementów pracy bojowej zestawu raketowego;
- ocenę poziomu wyszkolenia poszczególnych elementów ugrupowania pułku przeciwlotniczego poprzez analizę cyklu przedstartowego i startowego rakiety;
- ocenę stanu technicznego wozu bojowego podczas prac obsługowych;
- ocenę stanu technicznego wozu bojowego po wykonaniu modernizacji;
- ocenę stanu technicznego wozu bojowego przed dopuszczeniem do strzałów;

Wyniki prac nad aparaturą KZA mogą zostać w szerokim zakresie wykorzystane przy modernizacji istniejących jak i opracowywaniu nowych przeciwlotniczych zestawów raketowych. W powyższą aparaturę mogą być wyposażone Wojska Obrony Przeciwlotniczej w miejsce dotychczas stosowanej, lecz przestarzałej technologicznie, aparatury PK2.

#### **Abstract**

In this paper there is presented general operation idea of device to recording anti aircraft missile system operation parameters. General construction device and large abilities of taking advantages to evaluation of anti aircraft missile system operation and technical condition are characterized.

Recenzent:

dr hab. inż. Zbigniew KORUBA (Politechnika Świętokrzyska)

## **BADANIA BALISTYCZNE ĆWICZEBNEJ AMUNICJI KARABINOWEJ I POŚREDNIEJ NA PRZYKŁADZIE NABOJÓW 7,62x51 mm**

### **THE SELECTION OF BALLISTIC PROFILES OF MACHINE GUN AND ASSAULT RIFLE TRAINING AMMUNITION FOR EXAMPLE CARTRIDGES 7,62x51 mm**

**Wojciech FURMANEK\*, Józef GACEK\*, Jacek KIJEWSKI\*, Antoni SROKA\*\***

\* Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Electromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\* Metal Works “Mesko” Inc., Skarżysko-Kamienna, Poland

#### **Streszczenie**

Parametrem, który decyduje o przydatności do szkolenia amunicji ćwiczebnej na skróconych strzelnicach i innych obiektach, które nie mają wyznaczonych stref bezpieczeństwa, lub gdzie te strefy są ograniczone, jest donośność maksymalna pocisku. O ile jego kształt i masa, wraz z określoną prędkością, decydują o sposobie i efektach ewentualnego oddziaływania na cel (efekt rażący zależy od wielkości energii kinetycznej pocisku oraz wielkości i kształtu powierzchni przekazującej tę energię), o tyle donośność maksymalna określa możliwość wystąpienia takiego oddziaływania do tej właśnie odległości. Tak więc parametr ten określa minimalną graniczną odległość, do jakiej powinna sięgać strefa bezpieczeństwa (obszar na którym można spodziewać się oddziaływania pocisków na cele), w przeciwieństwie do stref niebezpiecznych, które mogą wyznaczać znacznie mniejszy rejon, gdzie amunicja strzelecka posiada energię kinetyczną wystarczającą do skutecznego rażenia siły żywej.

Miarą jakości amunicji ćwiczebnej jest uzyskiwanie maksymalnie zbliżonych do amunicji bojowej trajektorii lotu (te same przyrządy celownicze, te same nawyki przy celowaniu i sposoby ustalania poprawek) i jednocześnie zredukowanie wielkości strefy upadku pocisku i jego niebezpiecznego oddziaływania. Oprócz odpowiednich charakterystyk balistycznych, decydujących o donośności maksymalnej, pociski ćwiczebne muszą cechować się zmniejszonym, w porównaniu do amunicji bojowej, efektem oddziaływania na cel. Pocisk o ograniczonej strefie rażenia powinien skutecznie oddziaływać na podnoszone figury bojowe (uruchamianie czujnika uderzenia) i tarcze stacjonarne, a po ewentualnym rykoszetowaniu jego zdolność rażenia kolejnego celu, znajdującego się poza obszarem pola tarczowego i strefy niebezpiecznej, musi być wyeliminowana lub poważnie ograniczona. Po uderzeniu w przegrodę pociski powinny przekazać jej jak największą ilość energii, tak by po ewentualnym odbiciu punkt ich upadku był położony jak najbliżej miejsca rykoszetowania.

W referacie przedstawiono charakterystykę wybranych modeli karabinowej i pośredniej amunicji ćwiczebnej oraz wyniki badań z zakresu balistyki wewnętrznej, zewnętrznej i końcowej w odniesieniu do amunicji bojowej.

### **Wnioski**

Wynikiem prac prowadzonych w Instytucie Elektromechaniki WAT ma być opracowanie ćwiczebnej amunicji strzeleckiej przeznaczonej do prowadzenia strzelań szkolnych z etatowej broni strzeleckiej na istniejących strzelnicach garnizonowych bez konieczności ich modernizacji i wyznaczania zwiększonych stref bezpieczeństwa. Cel ma zostać osiągnięty przede wszystkim poprzez zmniejszenie donośności maksymalnej pocisków, zmniejszenie ich energii kinetycznej oraz ograniczenie strefy rażenia (niebezpiecznego oddziaływania) po ewentualnym rykoszetowaniu pocisku.

Z dotychczasowych badań wynika, że do tego celu najbardziej nadają się naboje z lekkimi pociskami, charakteryzującymi się dużym współczynnikiem oporu aerodynamicznego (szybko wytracają prędkość – zmniejszając strefę niebezpiecznego oddziaływania; ich trajektoria na początkowym odcinku jest zbliżona do toru lotu pocisku bojowego), przy masie zapewniającej właściwe funkcjonowanie automatyki broni, oraz wykonane z materiałów ekologicznych, tanich i umożliwiających zmniejszenie, w stosunku do amunicji bojowej, oddziaływania na cel znajdujący się poza osią strzelnicy.

### **Summary**

Results of works providing by Institute of Electromechanics of Military University of Technology and Metal Works “Mesko” Inc. (feasible thanks to the generous support given by Ministry of Scientific Research and Information Technology, Republic of Poland) will be new Polish training ammunition system for assault rifles and machine guns.

Required characteristics of training ammunition we got by:

- reduce energy of bullet at distance more then 300 m;
- reduce maximum range of training ammunition;
- reduce danger zone after ricochet.

Right designed ammunition to existing barrel system must have a minimal dispersion of ballistic characteristics (max. pressure, time of bullet movement), which should be similar to characteristics of service ammunition. Present stage of our investigations give answer, then basic model for further tests can be round “number 20”. To get an appropriate results of light bullet we need stronger powders (with higher rate of burning or with progressive burning grain) but much better results are using surface-phlegmatizing powders (e.g. ball-powder).

By introducing presented in a paper changes we are particularly keen on getting rounds, which will be able to fulfil certain requirements to pave the way for the new Polish training ammunition.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## KONCEPCJA ZAOPATRYWANIA JEDNOSTEK WOJSK LĄDOWYCH WYDZIELONYCH DO SIŁ REAGOWANIA W AMUNICJĘ

### AMMUNITION PROVIDING CONCEPTION OF SPECIAL REACTION FORCES UNITS

**Andrzej GIGA, Mariusz GONTARCZYK**

Institut Automatykacji Systemów Dowodzenia i Logistyki, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Automation Command System and Logistics, Military University of Technology,  
Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Jednostki wydzielone do dyspozycji NATO muszą spełniać określone wymogi gotowości bojowej. Określono 10 kategorii, do których przyporządkowane są konkretne jednostki wojskowe wydzielane do Sił Natychmiastowego i Szybkiego Reagowania oraz do Sił Głównych i Wsparcia. Państwa wystawiające wojska są odpowiedzialne za zabezpieczenie logistyczne, przemieszczanie wojsk i transport, a także za finansowanie swoich kontyngentów w składzie Sił Reagowania. Muszą one także wziąć na siebie udział w zapewnieniu wsparcia tym elementom, które nie są formacjami w pełni narodowymi.

W artykule przedstawiono koncepcję tworzenia zestawów zaopatrzenia w amunicję. Dokonano kalkulacji potrzeb związanych z kontenerowym systemem zaopatrywania Sił Reagowania w amunicję na przykładzie 18 bdsz.

#### **Wnioski**

W systemie wykorzystującym kontenery należy pamiętać o stosowaniu komputerowej identyfikacji asortymentu opartej na kodach kreskowych. Każdy kontener powinien być oznakowany kodem kreskowym oraz naklejką identyfikującą go z danym pododdziałem. W Polsce zastosowanie tak rozbudowanego systemu zaopatrywania nie jest obecnie możliwe ze względu na wiążące się z tym ogromne nakłady finansowe. Przy czym należy stwierdzić, że aktualne prace i badania nad tym zagadnieniem są niewłaściwie ukierunkowane. Zdaniem Autorów pierwszym etapem powinno być dostosowanie wymiarów skrzyń i opakowań stosowanych w Wojsku Polskim do wymagań norm ISO, dzięki czemu byłyby identyczne jak stosowane w armiach państw NATO, a tym samym pozwoliłoby na optymalne wykorzystanie ich przestrzeni ładunkowej oraz zmniejszenie objętości asortymentu o (20÷30) %.

#### **Summary**

In this paper authors show conception of collecting supply units of ammunition. Authors accomplish calculation of needs connected with container supply system of Reaction Forces for ammunition on example of 18 Airborne Battalion.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **BADANIE WYTWARZANIA SPIEKÓW MIEDZI O KONTROLOWANEJ POROWATOŚCI PRZEZNACZONYCH NA WKŁADKI KUMULACYJNE**

### **INVESTIGATION OF THE MANUFACTURING PROCESS OF THE COPPER SINTERS ON MONITORING POROSITY FOR SHAPED CHARGE LINERS**

**Adam JACKOWSKI**

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki  
Faculty of Mechatronics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Rozwój badań nad zastosowaniem procesów metalurgii proszków do wytwarzania wkładek kumulacyjnych znacznie poszerzył wiedzę w tym zakresie. Wykazały one występowanie związku pomiędzy porowatością zastosowanych na wkładki spieków a procesem formowania się z nich strumienia kumulacyjnego. Zauważono, że zwiększanie porowatości materiału wkładki powodowało zmniejszenie głębokości penetracji przegrody przez strumień. Zaobserwowany efekt znalazł swe potwierdzenie w badaniach fragmentacji strumieni formowanych z wkładek o różnej porowatości. Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem porowatości zmienia się charakter fragmentacji strumieni przechodząc przez formy pośrednie: od plastycznej przez kruchą do proszkowej. Można przyjąć, że początek występowania odmian pośrednich fragmentacji proszkowej strumienia ogranicza od góry przedział porowatości stosowanych na wkładki kumulacyjne spieków. Uzasadnia to konieczność stosowania w procesie wytwarzania wkładek ze spieków metod umożliwiających otrzymywanie materiałów o kontrolowanej porowatości.

Metody wytwarzania porowatych materiałów spiekanych są znane i opisane w wielu źródłach. Wśród stosowanych metod uzyskiwania kontrolowanej porowatości najszerze zastosowanie znalazły:

- wprowadzanie do mieszanki proszkowej substancji porotwórczych (poroforów),
- stosowanie odpowiednio dobranego ciśnienia zagęszczania proszku,
- spiekanie w temperaturze stymulującej koalescencję porów.

Jako substancje porotwórcze stosowane są związki chemiczne, ulegające rozkładowi w podwyższonej temperaturze. Produkty ich rozkładu, podczas spiekania, sprzyjają powstawaniu porów. Najczęściej stosowanymi związkami porotwórczymi są: lotne chlorki, azotan amonu, kwaśne węglany, naftalen, paraformaldehyd, kwas salicylowy, sole metali ciężkich, tlenki metali oraz stearyniany.

W pracy przedstawiono wyniki badań technologicznych prasowania i spiekania mieszanek proszkowych miedzi elektrolitycznej. W badaniach zastosowano mieszanki proszkowe z dodatkiem substancji porotwórczej Kenolube w ilościach: 0; 0,5; 1; 2; 5 i 7,5%. Proszki poddawano prasowaniu izostatycznemu pod ciśnieniem 100; 200 i 300 MPa. Wypraski spiekano w atmosferze zdysocjowanego amoniaku.

Określono gęstość i porowatość spieków. Na podstawie uzyskanych rezultatów określono wpływ ilości dodatku porotwórczego oraz ciśnienia prasowania na gęstość i porowatość spieków

#### **Wnioski**

Z przeprowadzonych badań i analiz wynika, że możliwe jest otrzymywanie spieków o tej samej porowatości przez zastosowanie odpowiedniej kombinacji ciśnienia prasowania i składu mieszanki proszkowej. Jednak, mając na uwadze wymagania odnośnie jednorodności struktury spieków, konieczne jest ograniczenie zakresu stosowanych składów i ciśnień prasowania mieszanek.

#### **Abstract**

The results of technological investigation of the compacting and sintering of the copper powder mixtures are presented in this paper. The powder mixtures with different addition of the porphor substance – Kenolube: 0; 0.5; 1; 2; 5 and 7.5 % were researched. The powders were isostically compacted under pressures: 100, 200 and 300 MPa. The greens were sintered into dissociate ammonia atmosphere. The porosity and density of the sinters were determined. Effect of the porophor addition and compacting pressure on density and porosity sinters were determined on the basis of these results.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Edward WŁODARCZYK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **BADANIA POLIGONOWE STATYCZNEGO ODDZIAŁYWANIA NA ATRAPE MINY PRZECIWPANCERNEJ**

### **FIELD-TESTS OF LOADS' EFFECTIVENESS APPLIED TO EXPERIMENTAL MODEL OF ANTI-TANK MINES**

**Franciszek KUCZMARSKI, Piotr SPRAWKA**

Instytut Systemów Uzbrojenia, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Armament Systems Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W referacie przedstawiono schemat i opis stanowiska badawczego wraz z aparaturą pomiarową do badań quasi statycznych oddziaływań obciążeń na miny umieszczone w gruncie. Zaprezentowano metodykę i dokonano analizy przykładowych wyników tych badań.

#### **Wnioski**

Z analizy wyników badań doświadczalnych, w gruntach wynika, że miny powinny być ustawiane na takiej głębokości aby były przykryte warstwą ziemi o grubości nieprzekraczającej 0,05m. Pokrywa się to z zalecaną techniką ustawiania min przeciwpancernych podawaną w specjalnych instrukcjach dla pododdziałów inżynieryjnych.

Przedstawiona metodyka badań oraz opracowane czujniki pomiarowe i atrapy min pozwalają na bezpośrednie pomiary rzeczywistych oddziaływań statycznych pojazdów na miny umieszczone w gruncie.

Przedstawiona metodyka badań może stanowić wygodne narzędzie do określania rzeczywistej skuteczności oddziaływania traw naciskowych na miny przeciwpancerne naciskowego działania.

#### **Abstract**

There are submitted methodology of field-tests of loads' effectiveness applied to experimental model of anti-tank mines and description of measuring position. The results, their analysis and conclusions from the preliminary field-tests are presented.

#### **Conclusions**

According to the results of field – test it follows that mines should be laid and covered with the layer of soil up to 0,05m. It secures high effectiveness of mine-clearing. It is true to given type in special instructions for engineering troops.

Represented methodology of research, designed measurement sensors and test mines allow to measure real static influence of vehicle on mines laid in soil.

This methodology of research may be a suitable instrument to characterise the real influence of static minesweeper on pressure fuse anti-tank mines.

Recenzent:

dr hab. inż. Stanisław CUDZIŁO (Wojskowa Akademia Techniczna)

## ŚMIGŁOWIEC JAKO PLATFORMA PRZENOSZĄCA UZBROJENIE

### HELICOPTER AS AN ARMAMENT PLATFORM

Leszek LOROCH, Konrad MACKIEWICZ, Krzysztof SIBILSKI

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

Air Force Institute of Technology, Warsaw, Poland

#### Streszczenie

Śmigłowiec stał się platformą do przenoszenia różnorodnego uzbrojenia. Zakres taktycznego wykorzystania uzbrojenia na śmigłowcu jest szeroki i różnorodny. Śmigłowiec jako platforma przenosząca uzbrojenie może posiadać uzbrojenie artyleryjskie, raketowe kierowane i niekierowane, systemy minowania itd.

Sposób i taktyka działania też jest różny. Śmigłowce mogą działać jako samodzielne pojedyncze jednostki „ognia” (nosiciela) lub działać w grupie. Mogą być wykorzystywane dla zabezpieczenia zadania zwalczania grup dywersyjnych, prowadzić rozpoznanie, kierować ruchem wojsk (stanowisko dowodzenia) itd.

Te różnorodne zastosowania śmigłowca zawdzięcza swoim specyficznym charakterystykom lotnym tj.: możliwościami startu i lądowania z dowolnego miejsca, zawisu, różnorodnymi prędkościami lotu, lotu na małej wysokości i wg profilu terenu, możliwościami działań w miastach i lasach itd.

Śmigłowce uzbrojone powstawały początkowo przez wyposażenie w systemy uzbrojenia już istniejące śmigłowce, później zaczęto opracowywać śmigłowce do zaplanowanego systemu uzbrojenia.

Przykładami ww. metod są – Mi-2, „Apache”. Przy zabudowie uzbrojenia na śmigłowcu nieodzownym jest znalezienie kompromisu technicznego rozwiązania spełniającego z jednej strony zapewnienia wymaganej skuteczności porażenia celów (naziemnych, powietrznych) z drugiej zapewnienie warunków pracy uzbrojenia bez naruszenia podstawowych właściwości lotnych śmigłowca.

Jakie jest wzajemne oddziaływanie uzbrojenia na właściwości lotne śmigłowca oraz oddziaływania śmigłowca na systemy uzbrojenia - próbą zasygnalizowania tych problemów jest niniejszy artykuł.

W oparciu o badania teoretyczne i próby w locie zostaną przedstawione wybrane wzajemne oddziaływania śmigłowca i uzbrojenia na wymagania taktyczno-techniczne i ograniczenie eksploatacyjne.

#### Wnioski

1. Śmigłowiec jest nosicielem mało podatnym na zabudowę uzbrojenia ze względu na swoje dynamiczne właściwości: drganie, oscylacyjny charakter lotu, wrażliwość na przemieszczenia środka masy oraz ujemne kąty pochylenia kadłuba przy wymaganych dużych prędkościach zastosowania.
2. Przy zabudowie uzbrojenia na śmigłowcu nieodzownym jest znalezienie technicznego rozwiązania zapewnienia warunków pracy uzbrojenia bez naruszenia podstawowych właściwości lotnych śmigłowca.

3. Drgania podłużne i poprzeczne w czasie lotu i odchylenia toru lotu śmigłowca w czasie strzelania narzucają konieczność stosowania celowników stabilizowanych giroskopowo lub nabełmowych.
4. Oddziaływanie wirnika na tory lotu rakiet kierowanych i niekierowanych powodują zwiększenie minimalnej wysokości odpalania i narzucenie maksymalnej bezpiecznej prędkości odpalania (zakres prędkości stosowana dla danego typu rakiet).
5. Ze względu na wrażliwość śmigłowca na przemieszczenie środka masy i oddziaływania siły odrzutu uzbrojenia artyleryjskiego istnieją ograniczenia w stosowaniu kalibru, długość serii i szybkostrzelności.
6. W celu ograniczenia oddziaływania gazów z silników rakietowych odpalanych pocisków na kadłub i śmigło ogonowe dobiera się optymalne odstępów dla wysięgników kadłubowych dla wyrzutni.
7. Mała podatność śmigłowca na zabudowę uzbrojenia wymaga drogich technicznie rozwiązań dla zapewnienia skuteczności działania uzbrojenia. Ze względu jednak na swoje specyficzne właściwości lotne śmigłowce uzbrojone znajdują szerokie zastosowanie w wojsku.

#### **Abstract**

In the paper there are presented, (taking account theoretical investigation and in flight test), common coupling between helicopter and on board armament. The influence of armament on helicopter performance are studied.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Jerzy MARYNIAK (Politechnika Warszawska)

## **SOLID PROPELLANT CHARGES WITH DIVIDED GRAINS**

### **ŁADUNKI STAŁEGO PALIWA RAKIETOWEGO Z ZIARNAMI DZIELONYMI**

**František LUDVÍK**

Military Academy in Brno, Faculty of Military Technologies, Department of Rocketry  
Czech Republic

Katedra Techniki Rakietowej, Wydział Techniki Wojskowej, Akademia Wojskowa, Brno, Czechy

#### **Abstract**

The paper deals with powerful solid propellant rocket engines having the solid propellant charge divided into two semi-charges with different geometric shape. There are introduced needed derivations especially for semi-charge of solid propellant formed by cylindrical grain with longitudinal grooves. There are mentioned main geometric parameters for individual semi-charges and for the whole solid propellant charge.

In conclusion is presented some numerical example for such solid propellant charge.

#### **Conclusion**

From graphical illustrations is also evident that the individual SP grains shape functions when burning on outer profiled surface influence the time course of SPRM thrust. Further on is evident that introduce geometrical shape can be with advantage applied when designing respective SPRM.

#### **Streszczenie**

Artykuł dotyczy dużych silników rakietowych na paliwo stałe posiadających ładunek stałego paliwa rakietowego dzielony na dwa podładunki o różnym ich kształcie geometrycznym, a w szczególności dotyczy to podładunku formowanego przez ziarno o kształcie cylindrycznym z rowkami wzdłużnymi na jego powierzchni zewnętrznej. Stanowią one główne parametry geometryczne dla tego podładunku jak i dla całego ładunku stałego paliwa rakietowego. W podsumowaniu przedstawiono kilka przykładów rozwiązań numerycznych charakterystyk balistycznych takich silników dla wybranych kształtów geometrycznych ziaren.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI (Military University of Technology, Warsaw)

## **WPLYW IMPULSU SIŁY STERUJĄCEJ NA TOR LOTU POCISKU WIRUJĄCEGO**

### **THE INFLUENCE OF CONTROL FORCE IMPULSE ON THE ROTARY MISSILE FLIGHT TRAJECTORY**

**Bogdan MACHOWSKI, Krzysztof MOTYL**

Instytut Systemów Mechatronicznych, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Mechatronics Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Wprowadzenie do taktyki walki nowej koncepcji zwalczania celów opancerzonych oraz znaczny postęp w technologii układów naprowadzania otworło możliwości również przed amunicją moździerzową, poszerzając jej asortyment o nowy rodzaj pocisków TGMB (Terminally Guided Mortar Bomb). Tego typu amunicja moździerzowa (Merlin, Strix, Bussard) reprezentuje nowy kierunek rozwojowy przeciwpancernych pocisków kierowanych, stanowiących duże zagrożenie dla górnej części czołgu (wieży), która charakteryzuje się najcieńszym pancerzem i jest najsłabiej chroniona dodatkowymi zabezpieczeniami.

W Polsce prowadzone są prace konstrukcyjne i badawcze nad rodzimym pociskiem moździerzowym samonaprowadzającym na cel w końcowej fazie lotu. Pocisk o kryptonimie RAD przeznaczony jest do strzelania z moździerza kalibru 98 [mm]. W pocisku zastosowano gazodynamiczny układ sterowania składający się z jednorazowych, raketowych silniczków korekcyjnych.

W referacie przedstawiono problem modelowania lotu małego wirującego pocisku sterowanego impulsowo. Obiektem badań jest pocisk raketowy wystrzeliwany z moździerza, sterowany gazodynamicznie na końcowym, opadającym odcinku toru lotu. Zmiany kierunku lotu rozpatrywanego pocisku zapewniono przez zastosowanie raketowych silniczków korekcyjnych. Silniczki rozmieszczono promieniście wokół środka masy w taki sposób, że wytwarzają one jednorazowe impulsy sterujące, skierowane prostopadle do osi głównej pocisku.

Przy wykorzystaniu zaproponowanego modelu matematycznego ruchu sterowanego pocisku, przeprowadzono analizę, metodą symulacji komputerowej, wpływu działania siły sterującej pojedynczego silniczka korekcyjnego na lot pocisku moździerzowego. Przebiegi wybranych parametrów lotu zakłóconego wywołanego działaniem pojedynczego silniczka korekcyjnego porównano z odpowiadającymi im przebiegami lotu balistycznego. W ten sposób uzyskano obraz wpływu pojedynczego silniczka na dynamikę pocisku i jego tor lotu. Przedstawiono uzyskane wyniki i wnioski z przeprowadzonych badań.

### Wnioski

1. Oddziaływanie pojedynczego raketowego silniczka korekcyjnego na ruch środka masy rozpatrywanego pocisku można potraktować jako rodzaj zakłócenia zamierzonego, wpływającego na zmianę położenia przestrzennego pocisku.
2. Przeprowadzone badania oddziaływania pojedynczego silniczka na pocisk wykazały, że silniczek korekcyjny o parametrach: ciąg  $F_K=1500$  [N] i nominalnym czasie jego działania  $t_s=0.036$  [s] powoduje nadanie składowej normalnej prędkości pocisku zależnej od prędkości obrotowej pocisku, a także od czasu działania silniczka korekcyjnego, wzrost prędkości obrotowej oraz wydłużenie czasu impulsu siły dla ustalonej prędkości obrotowej powoduje zmniejszenie składowej normalnej prędkości pocisku.
3. Sterowanie pociskiem z wykorzystaniem jednorazowego silniczka korekcyjnego wymaga uwzględnienia zmiany przesunięcia fazy wynikającej z zastąpienia aproksymacji ciągu prostokątem, aproksymacją trapezem.
4. Z punktu widzenia procesu sterowania silniczki korekcyjne powinny charakteryzować się odpowiednio dobranym czasem działania w stosunku do zakresu zmian prędkości obrotowej.
5. Uzyskanie jednorazowego raketowego silniczka korekcyjnego o krótkim czasie działania  $<0.036$  [s] uwarunkowane jest możliwościami technologicznymi opracowania takiego paliwa raketowego, co obecnie w warunkach krajowych jest bardzo trudne do zrealizowania. Alternatywnym rozwiązaniem jest zmniejszenie prędkości obrotowej pocisku, istnieje tu jednak ograniczenie wynikające z minimalnej prędkości skanowania głowicy.

### Abstract

In this paper the modelling problem of small rotary missile flight with impulse control has been presented. The missile launched from mortar is the main object of study. It is gas internal controlled on the last, free-flight phase. The changes of missile flight direction have been provided with vernier motors. They are placed in radius around the missile mass centre and produce single control impulses perpendicularly to the main axis of missile.

The analysis of the influence of single vernier control force on mortar missile trajectory has been done on the basis of the proposed missile flight mathematical model. Selected parameters of disruption flight caused by single vernier action have been compared with the respective ballistic flight characteristics. In this way, the view of single vernier motor effect on missile dynamics and trajectory has been obtained.

The results and conclusions of the researches have been presented.

Recenzent:

dr hab. inż. Zbigniew KORUBA (Politechnika Świętokrzyska)

## **ANALIZA WPŁYWU CHARAKTERYSTYK DODATKOWEGO NAPĘDU NA TOR LOTU POCISKU WIRUJĄCEGO**

### **THE INFLUENCE OF ADDITIONAL BOOSTER FEATURES ON THE GAS-DYNAMIC CONTROLLED MORTAR MISSILE RANGE**

**Krzysztof MOTYL**

Instytut Systemów Mechatronicznych, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Mechatronics Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W latach 80-tych ubiegłego wieku powstała amunicja moździerzowa III generacji, która poszerzyła zakres taktycznego działania moździerza. Przeznaczeniem klasycznej amunicji moździerzowej jest niszczenie siły żywej i celów powierzchniowych. Szansa trafienia ogniem pośrednim w wieżę czołgu z odległości np. 4000 [m] jest nikła, więc umieszczenie ładunku kumulacyjnego w zwykłym pocisku moździerzowym nie ma większego sensu, staje się natomiast uzasadnione w pocisku kierowanym.

Istniejące kierowane pociski moździerzowe (Merlin, Strix, Bussard) reprezentują III generację amunicji przeciwpancernej, gdyż umożliwiają zwalczanie celów opancerzonych ogniem pośrednim w systemie „wystrzel-zapomnij” na końcowym odcinku toru lotu. Atakują miejsca na czołgu, które charakteryzują się najcieńszym pancerzem i są najsłabiej chronione dodatkowymi zabezpieczeniami.

W pracy przedstawiono problematykę związaną z wpływem podstawowych charakterystyk balistycznych dodatkowego silnika raketowego na tor lotu małego pocisku wirującego. Rozpatrywany obiekt fizyczny wystrzeliwany jest z moździerza kalibru 98 mm. Pocisk wyposażony jest w dodatkowy silnik raketowy, zwiększający jego donośność. Silnik ten odłącza się od pocisku po wypaleniu się materiału napędowego.

#### **Wnioski**

Analizując uzyskane wyniki z badań symulacyjnych lotu rozpatrywanego pocisku moździerzowego ukierunkowanych na wyznaczenie wpływu charakterystyk gazodynamicznych silnika raketowego (w szczególności ciągu, czasu włączenia oraz czasu pracy silnika) na donośność i rozrzut rozpatrywanego pocisku, można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Właściwością pocisków wyposażonych w silnik raketowy jest ich znacznie większy rozrzut w porównaniu z pociskiem bez napędu.
2. Dobór optymalnego silnika raketowego dla rozpatrywanego pocisku moździerzowego powinien zapewnić uzyskanie najbardziej korzystnych warunków lotu rozpatrywanego pocisku na odcinku balistycznym dla typowych kątów z zakresu  $50^{\circ} \div 75^{\circ}$ .
3. Wyniki symulacji umożliwiły analizę wpływu charakterystyk gazodynamicznych przyjętych wariantów dodatkowych silników raketowych o takim samym impulsie ciągu, wynoszącym  $I_c = 2100$  [N].

4. Na donośność i odchylenie boczne wirującego pocisku moździerzowego mają wpływ charakterystyki gazodynamiczne dodatkowego silnika raketowego (wartość ciągu i czas pracy silnika) oraz czas włączenia silnika na torze lotu.
5. Analiza wyników wykazała, że największą donośność i najmniejsze odchylenie boczne uzyskano w przypadku zastosowania silnika nr 3 ( $F = 420 \text{ N}$ ,  $t_p = 5 \text{ s}$ ).
6. Czas włączenia silnika raketowego ma również wpływ na donośność i odchylenie boczne wirującego pocisku moździerzowego. Wydaje się bardziej korzystne uruchomienie silnika w czasie  $t_w = 1 \text{ [s]}$  od chwili wylotu pocisku z lufy moździerza, ponieważ uzyskuje się zmniejszenie odchylenia bocznego pocisku.
7. Zasadniczą przyczyną rozrzutu kąтового pocisków ubrzechwionych, obok warunków meteorologicznych, jest asymetria ciągu.
8. W przypadku występowania gazodynamicznego mimośrodowego ciągu znacznie zwiększyło się odchylenie boczne pocisku. Największą donośność i najmniejsze odchylenie boczne uzyskano przy zastosowaniu również silnika nr 3 uruchomionego w czasie  $t_w = 1 \text{ [s]}$  od chwili wylotu pocisku z lufy układu miotającego.

#### Abstract

The influence of an additional booster's basic ballistic features – (particularly thrust and work time) – on the gas-dynamic controlled mortar missile range has been presented in this paper. The physical model of the missile is launched from the 98-mm mortar and equipped with an additional booster to improve its range. The booster is cut off after the end of the propellant.

Recenzent:

dr hab. inż. Zbigniew KORUBA (Politechnika Świętokrzyska)

## **BROŃ PNEUMATYCZNA – DOŚWIADCZALNE ASPEKTY JEJ CERTYFIKACJI W ŚWIELE USTAWY I ROZPORZĄDZEŃ**

### **PNEUMATIC WEAPON – EXPERIMENTAL ASPECTS OF HER CERTIFICATION IN NEW LAW**

**Witold PŁECHA, Grzegorz MACIAK**

Wytwórnia Broni, Usług i Osprzętu Strzeleckiego Sp. z o.o., Warszawa  
Works of Arms, Service and Rifle Accessories L.C. Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Obowiązująca od dnia 1 stycznia 2004 roku nowa Ustawa o broni i amunicji, a szczególnie zmienione artykuły i ustępy dotyczące broni pneumatycznej nakładają na dotychczasowych właścicieli szczególne obowiązki.

Zasadniczym celem omawianego zagadnienia było przedstawienie efektów badań doświadczalnych, mających wpływ na prawne klasyfikowanie broni pneumatycznej z jednoczesnym uzmysłowieniem właścicielowi tej broni, jak przy pewnych okolicznościach może stać się w świetle nowej Ustawy o broni i amunicji, nielegalnym posiadaczem broni.

#### **Wnioski**

Należy wyraźnie zaznaczyć, że zmiana rodzaju śrutu lub określona modyfikacja broni mogą doprowadzić do wzrostu prędkości a co za tym idzie i energii kinetycznej wystrzelianego śrutu, a tym samym sklasyfikowanie broni do takiej grupy, której posiadanie wymaga spełnienia określonych Ustawą wymagań. Zasadnicze wnioski to:

- dla niektórych rodzajów śrutu zauważa się znaczny rozrzut wartości prędkości, spowodowany głównie wykonaniem śrutu – duże tolerancje wymiarowe i kształtowe,
- zmiana rodzaju śrutu przy tych samych parametrach broni powoduje zmiany prędkości i w konsekwencji zmiany energii kinetycznej,
- określone modyfikacje układu miotającego (tuning broni) w sposób zasadniczy mogą zmieniać wartość energii kinetycznej śrutu.

Mamy nadzieję, że przedstawione wyżej wyniki badań nie posłużą jako instrukcja do nielegalnych przeróbek wiatrówek, ale uzmysłowią ich szczęśliwym posiadaczom, jak całkiem w nie zamierzony sposób mogą stać się posiadaczami nielegalnej broni pneumatycznej.

Zmiany w Ustawie spowodowały, że właściciele luf gładkich zaczęli myśleć o wymianie na gwintowaną. Prowadzone przez nas próby wymiany luf i poczynione badania pozwoliły stwierdzić, że dla celów typowo rekreacyjnych jest to zupełnie niepotrzebne. Odpowiednio dobrany śrut daje niewielkie różnice przy strzelaniu na odległościach 10 ÷ 15 m. Niektóre rodzaje śrutu wykazują gorsze parametry dla lufy gwintowanej, a dotyczy to spadku prędkości strzelanych luf a w efekcie i gorszego skupienia.

Na koniec nasuwa się refleksja. Zapis o granicznej wartości energii, stosowany jest w wielu krajach. Można dyskutować, czy jest to właściwe kryterium, dlaczego akurat taka jego wartość. A może do broni pneumatycznej zaliczać tylko te wiatrówki, które mają metalowe lufy? A może Ustawodawca chciał szybko zapomnieć o niefortunnych gładkich lufach, wymyśle całkowicie polskim. A może... Wątpliwości zawsze będą.

Wydaje się, że obywatelowi zostawiono świadomy wybór, czy zakupiona wiatrówka ma służyć do zabawy (nie zawsze bezpiecznej), czy do uprawiania sportu strzeleckiego. Wypada więc tylko mieć nadzieję, że obie strony z rozsądkiem będą podchodziły do magicznej wartości 17 J.

#### **Abstract**

Primary purpose of the problem that has been discussed, was to show effects of experimental research which have influence how to classify pneumatic weapon. It is important to show how in some circumstances person can become illegal weapon owner. What has to be stress is that any charge of the shot or weapon modifications can accelerate and kinetic energy will increase. I such situations if owner don't fulfil weapon requirements can't use this weapon.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **CALCULATION OF RELAXATION MODULUS OF COMPOSITE PROPELLANT FROM DYNAMICAL MECHANICAL ANALYSIS DATA**

### **WYZNACZENIE MODUŁU RELAKSACJI KOMPOZYTOWYCH MATERIAŁÓW MIOTAJĄCYCH NA PODSTAWIE ANALIZY WŁAŚCIWOŚCI DYNAMICZNO-MECHANICZNYCH**

**Jakub ŠELEŠOVSKÝ, Jiří PACHMÁŇ**

Department of Theory and Technology of Explosives, University of Pardubice,  
Pardubice, Czech Republic

Katedra Teorii i Technologii Materiałów Wybuchowych, Uniwersytet Pardubicki, Czechy

#### **Abstract**

The relaxation modulus is a material characteristic, required as an input for the finite element modeling of viscoelastic materials, such as solid propellants. One of the ways to obtain this material property is to calculate it from a dynamic modulus obtained from a dynamical mechanical analysis of the material. This paper describes possibilities of dynamic modulus to relaxation modulus conversion via relaxation spectrum. Five approximative methods of relaxation spectrum calculation are described, the calculation procedure and obtained results are discussed.

#### **Conclusions**

It is possible to use DMA to measure the composite propellants properties and to characterize its viscoelastic behavior sufficiently for FEM modeling. The dynamic moduli data can be converted through the relaxation spectrum into relaxation modulus, which can be used as an

input for the FEM codes. The best method for the recalculation of dynamic modulus to relaxation spectrum is the Ninomiya-Ferry method, starting from storage modulus.

The next step will include modelling of different dynamic loadings and different sample geometries using ANSYS FEM code.

#### **Streszczenie**

Moduł relaksacji jest charakterystyką materiałową, niezbędną jako dan wejściowa do modelowania materiałów lepkosprężystych, takich jak stałe materiały miotające, metodą elementów skończonych. Jednym ze sposobów wyznaczenia wartości tego parametru jest jego obliczenie z modułu dynamicznego pozyskanego z analizy dynamiczno-mechanicznej tego materiału. W referacie opisano możliwości przekształcenia modułu dynamicznego do modułu relaksacji poprzez widmo relaksacji oraz opisano 5 metod aproksymacyjnych obliczenia widma relaksacji, procedurę obliczeniową, a także przeanalizowano otrzymane rezultaty.

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Waldemar A. TRZCIŃSKI (Military University of Technology,  
Warsaw)

## **DOŚWIADCZALNA MODERNIZACJA UKŁADU MIOTAJĄCEGO NABOI SPECJALNYCH**

### **EXPERIMENTAL MODERNIZATION OF SPECIAL AMMUNITION**

**Wiesław STAREK**

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, Zielonka  
Military Institute of Armament Technology, Zielonka, Poland

#### **Streszczenie**

Możliwość rozszerzenia zastosowań w konkretnych sytuacjach taktycznych broni gładkolufowej kal. 12/70 (12/76), znajdującej się w wyposażeniu pododdziałów specjalnych – w tym jako broni obezwładniającej, związane jest głównie z dostępnością do odpowiednich naboji specjalnych.

Zastosowanie tej broni w kraju wiąże się przede wszystkim z możliwością obezwładniania ludzi poprzez wystrzeliwanie pocisków i kulek gumowych o działaniu uderzeniowym, ładunków hukowych o działaniu odstrasżającym oraz pocisków o złożonym działaniu uderzeniowo – gazowym (obezwładniającym).

Ponieważ broń gładkolufowa jest tożsama z bronią myśliwską śrutową, jej aktualne wykorzystanie w kraju jest rozszerzone poprzez zastosowanie odpowiednich naboji myśliwskich np. „brenek” lub „loftek” m.in. do „otwierania zamkniętych drzwi” lub w celu „unieruchamiania samochodu”. Bardzo często podczas używania tej broni i dotychczas dostępnej w kraju amunicji występują wypadki śmiertelne, ciężkie zranienia i trwałe okaleczenia, zarówno sprawców użycia broni jak i przypadkowych ludzi z otoczenia.

Rozszerzenie możliwości zastosowania strzelb gładkolufowych jako broni obezwładniającej jest racjonalną koncepcją wykorzystania uzbrojenia już istniejącego w pododdziałach specjalnych. Możliwość wykorzystania tego sprzętu do rozwiązywania napięć, konfliktów i zwykłych burd ulicznych, implikuje potrzebę dynamicznego rozwoju amunicji specjalnej np. znakującej i obezwładniającej. Amunicja ta powinna być skuteczna i bezpieczna tzn. jej użycie powinno wykluczać utratę życia i minimalizować powstawanie ciężkich zranień sprawców i otoczenia. To dość kontrowersyjne technicznie wymaganie można osiągnąć poprzez ograniczenie górnego zakresu energii kinetycznej pocisków i jednocześnie zawężenie rozrzutu wartości tego parametru. Warunkuje to również niezawodne działanie pocisków w lufie i na torze lotu. Wymagania takie mogą spełniać naboje specjalne posiadające „zmodernizowane dwukomorowe układy miotające”.

W artykule zaprezentowano wybrane aspekty związane z opracowaniem i badaniami doświadczalnymi „zmodernizowanych dwukomorowych układów miotających”, które zastosowano w nowo opracowanych nabojach specjalnych kal. 12/70.

### **Wnioski**

Prace własne prowadzone w WITU w 2002r. i w 2003r. związane z doświadczalnym określeniem parametrów układu miotającego, który zapewnia możliwości miotania pirotechnicznego elementów o małej sztywności i niewielkiej masie (typu kulki Paintbalowe zawierające farbę znakującą i proszki zapachowe) wykazały, że występuje możliwość poprawnego funkcjonowania takiej amunicji w dziedzinie tzw. broni obozwładniającej. Uzyskane wyniki badań potwierdziły słuszność przyjętych założeń konstrukcyjnych, dotyczących zastosowania ZDUM w 12/70 nabojach specjalnych, które mogą być przeznaczone do bezpiecznego strzelania do ludzi.

### **Abstract**

It is a sensible idea to increase the use of smoothbore firearms used by the Special Forces as an incapacitating weapon. A possible use of such weapons to liquidate street riots, conflicts and tensions implies a need for urgent development of special ammunition like marking and incapacitating one. Such ammunition has to be safe and effective what means that its use should not lead to casualties and should minimise serious injuries between troublemakers and passers-by. This rather controversial requirement may be met by limiting the maximum kinetic energy level and its spread for rounds what is also a condition for a reliable function of ammunition in bore and on the trajectory.

The above requirements may be met by the ammunition with upgraded two chamber projecting systems which are presented in the paper together with the experimental test results for the newly developed 12/70 special ammunition.

### **Conclusion**

The own works carried out in MIAT during 2002 and 2003 on the experimental specification of the projecting system characteristics which can provide the pyrotechnic projection of elements with small rigidity and mass (like paintballs which include marking paint and scent powders) proved that it is possible that such ammunition can function correctly as an incapacitating weapon. Obtained testing results confirmed that design assumptions were right as to the concept of using the ZDUM in 12/70 special ammunition designed for safe firing against people.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **SPECYFIKA ODRZUTU SWOBODNEGO BRONI Z ODPROWADZENIEM GAZÓW PROCHOWYCH**

### **FREE RECOIL SPECIFICITY OF THE PROPELLANT GASES OUTFLOW WEAPON**

**Zbigniew SURMA, Stanisław TORECKI, Ryszard WOŹNIAK**

Instytut Elektromechaniki WMT, Wojskowa Akademia Techniczna  
Military University of Technology, Faculty of Mechatronics, Institute of Electromechanics  
Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W pracy scharakteryzowano zjawisko odrzutu swobodnego broni automatycznej działającej na zasadzie odprowadzenia części gazów prochowych przez boczny otwór w lufie, na przykładzie jednowymiarowego ruchu zespołu lufa-komora zamkowa (wraz z połączonymi sztywno z tym zespołem elementami) w czasie jednego cyklu strzału. Przedstawiono model fizyczny analizowanego układu oraz jego model matematyczny (uwzględniający trzy podstawowe okresy odrzutu swobodnego rozpatrywanego układu).

#### **Wnioski**

W odróżnieniu od broni nieautomatycznej oraz broni automatycznej, działającej na zasadzie odrzutu zamka lub lufy, gdzie prędkość  $W$  odrzutu swobodnego nie zmienia znaku (zwrotu), a jej wartość bezwzględna oraz droga odrzutu są zawsze rosnącymi funkcjami czasu  $t$ , w broni działającej na zasadzie odprowadzenia części gazów prochowych przez boczny otwór w lufie prędkość  $W$  odrzutu swobodnego może zmieniać znak (zwrot), a droga  $L$  odrzucanego zespołu może zmieniać kierunek. W niektórych przypadkach zmiany znaku  $W$  i kierunku  $L$  mogą być nawet dwukrotne.

#### **Abstract**

The paper presents free recoil phenomenon of automatic small arms in which propellant gases flow through the side opening in the barrel. This phenomenon has been described on the basis of one-dimension motion of barrel-lock chamber set during one shoot. Physical and mathematical models of analysed system action have been presented too. Both models enable computer simulation and analysing of properties system influence on the free recoil velocity and its way.

#### **Conclusions**

In the automatic weapon (with recoil of lock or recoil of barrel) velocity of free recoil does not change the sign and its absolute value and way of recoil have always been rising functions of the time. In the propellant gases outflow weapon (gas operated weapon) velocity of free recoil may to change the sign and the way of recoiled set may to change the direction even twice.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Maciej BOSSAK (Politechnika Warszawska)

## **ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОЛЕВОЙ Артиллерии в Венгерской Армии**

### **PERSPEKTYWY ROZWOJU ARTYLERII POLOWEJ W ARMII WĘGIERSKIEJ**

#### **DEVELOPMENT PROSPECTS OF HUNGARIAN FIELD ARTILLERY**

**Андраш ТАМАШ**

**Andras TAMAS**

Университет Национальной Обороны имени Миклоша Зрини , Будапешт, Венгрия

Zrinyi Miklos National Defence University, Budapest, Hungary

Uniwersytet Obrony Narodowej, Budapeszt, Węgry

#### **Аннотация**

Венгерская Армия идет по пути новой реформы. В ходе реформы армии в соответствии новых задач в 2004-2013 годах проводится модернизация организации и вооружения полевой артиллерии. Теоретической основой развития и совершенствования вооружения (РСВ) являются задачи Венгерской Армии (ВА) и анализ существующего вооружения по военным, техническим и экономическим требованиям. Задачи ВА определяют нужное и достаточное количество средств и комплексов оружия и его нужные тактико-технические параметры. Анализ помогает определять количества и качества существующего вооружения. В результате анализа задач и состояния вооружения получим данные, какие средства НЕ НУЖНЫ в дальнейшем, какие надо СМЕНИТЬ, и какие можно еще с определенными условиями длительно ПРИМЕНЯТЬ, и какие из них можно, нужно и стоит МОДЕРНИЗИРОВАТЬ. В моей лекции я хотел бы показать как влияют изменения задач ВА на структуру и вооружения полевой артиллерии.

#### **Streszczenie**

Po wstąpieniu Węgier do struktur NATO Siły Zbrojne Węgier podążają nową drogą rozwoju. W związku z reformą Armii i jej nowymi zadaniami na lata 2004-2013 przeprowadzana jest reforma Armii oraz modernizacja artylerii polowej. Proces ten odbywa się z uwzględnieniem taktycznych i technicznych potrzeb oraz ekonomicznych możliwości. W referacie zaprezentowano autorski pogląd na konieczność istnienia lub wycofania dotychczasowego uzbrojenia oraz możliwości jego zmiany lub modernizacji

Reviewer:

Prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI (Military University of Technology, Warsaw)

## WYBRANE WYNIKI OBLICZEŃ BALISTYCZNYCH DWUKOMOROWYCH UKŁADÓW MIOTAJĄCYCH (DUM)

### SOME RESULTS OF BALISTICS' ESTIMATION OF HIGH-LOW PRESSURE LAUNCHING SYSTEM

**Stanisław TORECKI, Mirosław ZAHOR**

Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Elektromechanics, Military University of Technology Poland

#### Streszczenie

Podstawowymi charakterystykami dwukomorowego układu miotającego, istotnymi dla balistyki wewnętrznej, są: charakterystyki konstrukcyjne (charakterystyki gabarytowo-masowe) i właściwości prochu. Poprzednio badano i określono wpływ następujących charakterystyk: masy  $\omega$  ładunku miotającego, objętości  $W_{0II}$  komory niskiego ciśnienia (komory rozprężania); ciśnienia  $p_0$  forsowania ruchu pocisku, masy  $m_p$  pocisku, długość  $l_w$  części prowadzącej przewodu lufy, pola przekroju poprzecznego  $F_0$  kanałów przepływowych łączących obie komory. Niniejsze badania dotyczą wpływu ciśnienia ścinania  $p_{sc}$  (perforacji) przepony i grubości warstwy palnej ziaren prochowych na charakterystyki balistyczne DUM.

W celu wyjaśnienia wpływu ciśnienia ścinania i grubości warstwy palnej ziaren prochowych na ciśnienia maksymalne w komorze spalania i przestrzeni zapociskowej ( $p_{I\max}$  i  $p_{II\max}$ ), prędkość wylotową pocisku  $V_w$ , a także inne charakterystyki balistyczne strzału przeprowadzono obliczenia (symulacje) w których kolejno zmieniano:

- ciśnienie ścinania  $p_{sc}$  (określające zmianę charakterystyk konstrukcyjnych przepony-  
np. zmianę jej materiału i grubości);
- zmianę charakterystyk geometrycznych prochu poprzez zmianę jego grubości  
warstwy palnej  $e_1$ .

#### Wnioski

Przeprowadzone badania symulacyjne pracy dwukomorowych układów miotających za pomocą opracowanego programu obliczeniowego pozwoliły określić podstawowe prawidłowości odnośnie wpływu wybranych warunków ładowania na charakterystyki balistyczne układu.

Na podstawie analizy otrzymanych wyników można stwierdzić m.in., że:

- ciśnienia maksymalne  $p_{Imax}$  i  $p_{II\max}$  gazów prochowych odpowiednio w komorach spalania i rozprężania wzrastają wraz ze wzrostem ciśnienia ścinania, powodując nieznaczny przyrost prędkości wylotowej  $V_w$  napędzanych pocisków;
- ciśnienie maksymalne  $p_{Imax}$  gazów prochowych w komorze spalania gwałtownie wzrasta wraz ze zmniejszeniem grubości warstwy palnej  $e_1$ , nie powodując jednak znaczącego przyrost prędkości wylotowej  $V_w$  napędzanych pocisków;

- dla odpowiedniej konfiguracji układu ciśnienia maksymalne  $p_{I \max}$  w komorze spalania nie przekracza ciśnienia ścinania  $p_{\text{śc}}$ . Ma to miejsce gdy po perforacji przepony masowe natężenie wypływu jest większe od masowego natężenia dopływu gazów prochowych. Może to być wykorzystane na etapie projektowania dwukomorowych układów miotających.

#### **Abstract**

The same results of ballistics' calculation by simulation of general internal ballistics' problem of high-low pressure launching system were shown in this work.

#### **Conclusion**

1. Maximum pressures in combustion and low pressure chambers increases with perforation pressure increasing. Simultaneously projectile velocity lightly increases.
2. Maximum pressure in combustion chamber increases rapidly with powder grains web thickness increasing
3. Maximum pressure in combustion chamber doesn't exceed perforation pressure in same configuration.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **MODERNIZACJA TRANSPORTERA OPANCERZONEGO SKOT POD ZABUDOWY SPECJALNE – PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ**

### **MODERNIZATION OF ARMoured PERSONNEL CARRIER VEHICLE “SKOT” FOR SPECIAL DEVELOPMENT**

**Janusz POTOCKI, Zbigniew SŁUGOCKI**

Wojskowe Zakłady Motoryzacyjne nr 5 Poznań  
Military Motorization Works No 5 in Poznań, Poland

#### **Streszczenie**

Wojsko Polskie, podobnie jak i inne armie świata, coraz większą wagę przywiązuje do rozwoju sił lekkich a w ramach nich brygadowych modułów bojowych zdolnych do działania w różnorodnych warunkach klimatycznych i geograficznych. Wydarzenia ostatnich lat, i udział w nich Sił Zbrojnych Polski, w pełni potwierdziły poprawność takiego kierunku modernizacji technicznej sił zbrojnych. Jednym z istotnych elementów rozwoju komponentu lekkiego wojsk lądowych jest wyposażenie go w kołowe transportery opancerzone (KTO) a ściślej w pojazdy specjalne wykorzystujące jako nosiciele bazowe KTO.

Rozpoczęty w 2001 roku projekt modernizacji kołowego transportera opancerzonego SKOT (KTO RYŚ) realizowany przez przemysł krajowy pod wiodącym kierownictwem Wojskowych Zakładów Motoryzacyjnych Nr 5 przeszedł z fazy rozwojowej pojazdu bazowego do rozwoju wersji specjalnych. Faktycznie proces ten musiał i trwał równoległe z rozwojem pojazdu bazowego jako integralny wymóg jak najprecyzyjniejszego dopasowania pojazdu bazowego do wymogów pojazdów specjalnych.

Referat przedstawia możliwości wykorzystania podwozia bazowego zmodernizowanego transportera opancerzonego SKOT (KTO RYŚ) pod konkretne zabudowy specjalne w aspekcie wykorzystania go jako taniej alternatywy lub/i uzupełnienia zakupów nowych kołowych transporterów opancerzonych.

#### **Wnioski**

Program modernizacji technicznej sił zbrojnych jest bardzo kosztowny. Projekt KTO RYŚ pomyślano jako stosunkowo tanie uzupełnienie zakupów nowych KTO, jednak przy zachowaniu wymagań stawianych nowym KTO. Założono maksymalne zastosowanie elementów podwójnego stosowania, co z jednej strony obniża koszty zarówno prac badawczo – rozwojowych jak i zakupów a z drugiej, nie stwarza ograniczeń eksportowych rządów krajów trzecich. Użycie do budowy głównie elementów produkcji krajowej jak i prowadzenie prac projektowo – technicznych przez polską kadrę inżynierską – techniczną wpłynęło nie tylko na obniżkę kosztów opracowania podwozia bazowego oraz ceny pojazdu, ale radykalnie ogranicza koszty opracowania i ceny zabudów specjalnych.

Przykładowo: pojazd bazowy kosztuje około 30 % ceny nowego co przy uwzględnieniu innych powyższych czynników spowoduje, że pojazdy specjalne będą szacunkowo kosztować 30-60 % ceny odpowiednich pojazdów bazujących na nowych KTO.

Osobną kwestią są koszty eksploatacji. Zastosowanie niezawodnego, stosunkowo taniego, użytkowanego już przez WP w innych pojazdach, zespołu napędowego IVECO aifo (zużycie paliwa poniżej 40 l/100 km) jak i bazowanie głównie na częściach zaprojektowanych i produkowanych w Polsce gwarantuje utrzymanie cen na stosunkowo niskim poziomie jak i zapewnia ciągłość dostaw.

#### **Abstract**

The paper includes a description of modernization of armoured vehicle SKOT for special development. This project should be considered as a cheap solution and an alternative of purchases of new armoured wheeled carriers in a transition period

Recenzent:

plk. dr hab. inż. Franciszek KUCZMARSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **ANALIZA ODRUCHÓW STRZELCA KRÓTKIEJ BRONI RĘCZNEJ**

### **ANALYSIS OF REFLEXES OF SMALL ARMS SHOOTER**

### **АНАЛИЗ РЕФЛЕКСОВ СРЕЛКА РУЧНОГО ОРУЖЬЯ**

**Izabela KRZYSZTOFIK**

Katedra Pojazdów i Sprzętu Mechanicznego, Politechnika Świętokrzyska  
Кафедра машин и механического оборудования, Политехника Свентокжыска

#### **Streszczenie**

W pracy przedstawiono analizę współoddziaływania krótkiej broni ręcznej i strzelca, ze szczególnym uwzględnieniem reakcji odruchowych organizmu człowieka. Rozważano aktywny, dyskretny model strzelca w odniesieniu do dynamiki strzelania. Równania ruchu wyprowadzono za pomocą równań Lagrange’a II rodzaju. Wyniki analizy przedstawiono w formie graficznej

#### **Wnioski**

Rozpatrując dynamikę strzelania z krótkiej broni palnej (pistolet) nie można zapomnieć o reakcjach odruchowych organizmu człowieka. Mają one bowiem obserwowalny wpływ na celność strzału.

Ponadto z przeprowadzonej analizy wynika, że strzelec w trakcie strzału powinien nieznacznie przeciwdziałać odchyleniu tułowia do tyłu a przede wszystkim dobrze usztywnić rękę w łokciu. Wniosek ten należy traktować jako wskazówkę do metody szkolenia strzelców ręcznej broni palnej.

#### **Аннотация**

В работе представлен анализ взаимодействия ручного оружия и стрелка, с особым учётом рефлексных реакций организма человека. Рассмотрен активная, дискретная модель стрелка по отношению к динамике стрельбы. Выведены уравнения движения при использовании уравнения Лагранжа II рода. Результаты анализа представлены в графической форме.

#### **Резюме**

В итоге следует подчеркнуть, что рассматривая динамику стрельбы с ручного оружия (pistolet) нельзя забывать о рефлексных реакциях человека. Они имеют заметное влияние на точность выстрела. Кроме того из проведённого анализа следует, что стрелок во время выстрела должен незначительно противодействовать отклонению туловища назад, а прежде всего хорошо ужесточить руку в локоти. Этот вывод следует считать в качестве указания для методы обучения стрелков ручного оружия.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **ANALIZA ODPORNOŚCI BALISTYCZNEJ I ODPORNOŚCI NA PRZEBICIA OSTRYMI NARZĘDZIAMI INDYWIDUALNYCH OSŁON ZABEZPIECZAJĄCYCH**

### **BALLISTIC AND RESISTANCE ANALYSIS OF PERSONAL BODY ARMOURS**

**Wiesław STĘPNIAK**

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, Zielonka  
Military Institute of Armament Technology, Zielonka, Poland

#### **Streszczenie**

Przedmiotem niniejszego artykułu jest przybliżenie pojęcia indywidualnych osłon zabezpieczających i ich metod badań. Określono pojęcie odporności balistycznej i odporności na przebicia ostrymi narzędziami. Jednocześnie na bazie analizy uzyskanych wyników badań przedstawiono relacje między odpornością osłon na ten charakter narażeń.

#### **Wnioski**

Przeprowadzone badania wykazały, że nie ma bezpośrednich relacji pomiędzy odpornością balistyczną i odpornością osłon miękkich na przebicia ostrymi przedmiotami. Zwiększająca się liczba narażeń pracowników różnych służb prewencji na ciosy nożami, szpikulcami, igłami, strzałkami itp. powodują, że producenci osłon balistycznych zmieniają ich konstrukcję aby sprostała zarówno narażeniom na przebicie pociskiem wystrzelonym z broni strzeleckiej jak i ciosy ostrym narzędziem. Również rozwój amunicji małokalibrowej w kierunku zmniejszania kalibru (amunicja strzelecka podkalibrowa o zwiększonej zdolności penetracji) jest poważnym wyzwaniem dla producentów osłon indywidualnych.

#### **Abstract**

In this paper there is shown the classification and test methods ballistic and stab resistance of personal body armours. There is defined the ballistic and stab resistance of personal body armours. On the base of some test examples there are presented relations between ballistic and stab resistance.

#### **Conclusions**

The performed tests proved, that there aren't direct relations between ballistic and stab resistance of soft personal body armours. Increased exposing of protective services against sharp pointed instruments like: knives, spikes, needles, arrows caused, that personal body armours producers are changing their construction to be up as well shooting bullets as threats of sharp pointed objects. And also small calibre ammunition development (small calibre subcaliber ammunition with increased penetration) is the big challenge for producers of personal body armours. The modification process should concern national personal body armours test, to be equivalent to real threats of personal vests.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **HYBRYDOWE I ELEKTRYCZNO-SPALINOWE NAPĘDY WOZÓW BOJOWYCH**

### **HYBRID AND ELECTRO-COMBUSTION PROPULSION SYSTEMS FOR FIGHTING VEHICLES**

**Jerzy WALENTYNOWICZ**

Instytut Pojazdów Mechanicznych i Transportu, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Motor Vehicle and Transportation, Military University of Technology,  
Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Prognozy rozwoju nowych technologii przewidywanych do wykorzystania na polu walki przewidują bardzo szybki wzrost liczby urządzeń zasilanych energią elektryczną. Jest to związane z narastającym nasyceniem wojska sprzętem elektronicznym wykorzystywanym do łączności i dowodzenia (3C), rozpoznania oraz osłony wojska. Energię elektryczną zamierza się wykorzystać także do bezpośredniej walki (np. laserowe środki rażenia, działa chemo-elektryczne, i elektromagnetyczne).

Energię elektryczną przewiduje się wykorzystywać w dużym stopniu do napędu pojazdów mechanicznych. Do roku 2020 powinien nastąpić znaczny wzrost liczby pojazdów bojowych i transportowych z hybrydowymi układami napędowymi lub układami elektrycznymi. Międzynarodowe Stowarzyszenie Elektromechaników zdefiniowało pojazd z napędem hybrydowym jako pojazd, w którym energia niezbędna do napędu pojazdu jest czerpana z dwóch lub więcej rodzajów źródeł, zasobników (akumulatorów) energii lub przetwornic, przy czym co najmniej jeden akumulator lub przetwornica musi być zamontowana w pojeździe.

W referacie przedstawiono zarys historyczny, definicje oraz rozwiązania pojazdów z napędem hybrydowym przewidywane do zastosowań wojskowych. Opisano stan prac nad pojazdami hybrydowymi w państwach NATO oraz przedstawiono opracowane dotychczas prototypy takich pojazdów. Określono prognozowane kierunki dalszych prac z napędem hybrydowym dla wojska.

#### **Wnioski**

Zarówno prognozy dotyczące przyszłego pola walki jak również zakres prowadzonych prac naukowo – badawczych, a także utrwalające się tendencje w budowie hybrydowych pojazdów mechanicznych dla potrzeb wojska pozwalają na stwierdzenie, że koncepcja „All Electric Combat Vehicle” staje się coraz bardziej realna. Konieczne jest jednak rozwiązanie wielu problemów, które zwiększą sprawność takich pojazdów, a także obniżą ich koszt.

Niżej przedstawiono kilka wniosków uogólniających, dotyczących przedstawionych koncepcji wojskowych pojazdów hybrydowych, pomijając wiele problemów związanych z akumulacją energii, armatą oraz elektrycznie wspomaganą osłoną pancerza wozu bojowego.

1. Pojazdy kołowe będą miały na ogół silniki elektryczne z magnesami trwałymi w kołach. pojazdów. Takie rozwiązanie powoduje zwiększenie przestrzeni ładunkowej pojazdu i zmniejsza masę pojazdu. Jego wadą jest zwiększenie masy nieresorowanej (o ok. 50 %), co powoduje zwiększone obciążenia dynamiczne kół i ich zawieszek.
2. Hybrydowy układ napędowy pojazdu gąsienicowego w połączeniu z gumowymi gąsienicami daje bardzo cichy pojazd o bardzo dobrych właściwościach terenowych i dużej dynamiczności jazdy.
3. Intensywnie pracuje się nad sposobami akumulacji energii. Powszechnie stosowane są już baterie litowe o dużej gęstości energii (ok. 200 Wh/dm<sup>3</sup>). Dąży się do zmniejszenia ich oporności wewnętrznej. Rozwijane są metody magazynowania energii w akumulatorach bezwładnościowych i kondensatorach.
4. Silniki spalinowe o zapłonie samoczynnym są stosowane jako przejściowe źródła energii. Prowadzone są intensywne prace nad rozwojem ogniów paliwowych do pojazdów mechanicznych.

#### **Abstract**

The paper presents the history, definition and realization of projects of hybrid vehicles for military application. The work state on hybrid vehicles in NATO countries was described and prototypes of these vehicles were presented. The prognoses of following trends on developments of hybrid systems for army were described.

Recenzent:

płk dr hab. inż. Franciszek KUCZMARSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **TECHNOLOGIE PODWÓJNEGO ZASTOSOWANIA: MITY I FAKTY, MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA**

### **THE DUAL USE TECHNOLOGIES: MYTHS AND FACTS, THE POSSIBILITY OF APPLICATION**

**Krzysztof SANTAREK, Rafał HARMOZA**

Instytut Organizacji Systemów Produkcyjnych, Wydział Inżynierii Produkcji,  
Politechnika Warszawska

Institute for Organization of Production Systems, Faculty of Production Engineering,  
Warsaw University of Technology, Poland

#### **Streszczenie**

Artykuł prezentuje dwa odmienne podejścia do wykorzystania potencjału zawartego w technologiach podwójnego zastosowania (dualnych). Dotychczasowe podejście traktuje technologie podwójnego zastosowania tylko i wyłącznie jako obszar kontroli eksportu. Proponowane nowe podejście, oparte na wynikach badań nad możliwością transferu technologii wojskowych do zastosowań cywilnych przeprowadzonych w Instytucie Optoelektroniki WAT pokazuje, że efektywne wykorzystanie dualnego potencjału technologii wojskowych może prowadzić do pogłębienia wiedzy na temat danej technologii (uczenie poprzez użytkowanie) a tym samym do poprawy jej charakterystyk – co z kolei może być wykorzystane w modernizacji lub budowie nowego systemu uzbrojenia, jeżeli taka technologia będzie miała dualny potencjał zastosowań.

#### **Wnioski**

Wyniki badań wskazują, że istnieje w Polsce ogromny potencjał wykorzystania w sektorze cywilnym technologii pierwotnie opracowanych na potrzeby Sił Zbrojnych. Szczególnie widoczne jest to w przypadku optoelektroniki, mającej szerokie wykorzystanie w wielu dziedzinach życia. Potencjał ten obejmuje ludzi, sprzęt i wiedzę wykorzystywaną do rozwoju nowych systemów uzbrojenia. Jak zaobserwowano w trakcie badań, problemu nie stanowi przystosowanie technologii wojskowej do zastosowań cywilnych w sensie technicznym - występujące przeszkody są głównie natury organizacyjno-prawnej. Pozytywnym czynnikiem jest prowadzenie przez IOE WAT szeroko zakrojonej współpracy naukowej, zarówno w kraju jak i zagranicą, z ośrodkami badawczymi i przedsiębiorstwami. Innym czynnikiem sprzyjającym powstawaniu i transferowi technologii dualnych jest – paradoksalnie – słaby poziom wykorzystania potencjału badawczo-rozwojowego przez MON. Powoduje to konieczność szukania nowych tematów badań (i funduszy na ich prowadzenie). Taka sytuacja, w połączeniu z dużym potencjałem dualnych zastosowań optoelektroniki, prowadzi do opracowywania nowych rozwiązań technicznych mających zastosowania cywilne. Z punktu widzenia IOE WAT, na etapie prowadzenia prac badawczo-rozwojowych łatwo jest śledzić przebieg dualnego potencjału technologii – sprzyja temu wiedza pracowników naukowo-badawczych, szerokość prowadzonych prac (zastosowania wojskowe, medyczne i przemysłowe) i przeprowadzane analizy możliwych (innych) zastosowań.

Potencjał wykorzystania technologii dualnych ogranicza kwestia praw własności intelektualnej, stanowiąca problem sam w sobie oraz słabość potencjalnego rynku – w szczególności małych i średnich firm z branży *high tech*.

Jeżeli przyjmiemy, że efektywne wykorzystanie dualnego potencjału technologii oznacza jak najlepsze wykorzystanie posiadanych sił i środków do stworzenia technologii odpowiadającej wymaganiom rynku wojskowego i cywilnego, to funkcjonujący obecnie system planowania i tworzenia technologii wojskowych nie stwarza warunków do realizacji tego celu. Funkcjonowanie systemu skupione jest na realizacji prac B+R i W wyłącznie na zapotrzebowanie MON. Natomiast wykorzystanie dualnego potencjału technologii z jego punktu widzenia stanowi dodatkowe zadanie (problem), którego realizacja może odbić się niekorzystnie na zadaniu głównym. Z drugiej strony, obowiązujący w Polsce system finansowania nauki sprzyja jednak rozwojowi technologii dualnych ponieważ większość funduszy kierowana jest na prowadzenie badań podstawowych, z natury nie ukierunkowanych na żadne konkretne zastosowania. Efektywne wykorzystanie dualnego potencjału technologii wojskowych może także prowadzić do pogłębienia wiedzy na temat danej technologii (uczenie poprzez użytkowanie) a tym samym skutkować poprawą jej charakterystyk – co z kolei może być wykorzystane w modernizacji lub budowie nowego systemu uzbrojenia, jeżeli taka technologia będzie miała dualny potencjał zastosowań. W Polsce wciąż możliwe jest wykorzystanie potencjału technologii dualnych poprzez stworzenie odpowiednich mechanizmów pozwalających na transfer technologii np. wytworzonych w wojskowych placówkach badawczo-rozwojowych, a nie wykorzystywanych przez Siły Zbrojne RP. Na pierwszy rzut oka, takie rozwiązania mogą być potraktowane jako zagrożenie dla bezpieczeństwa państwa. Doświadczenia innych krajów pokazują jednak, że takie rozwiązania służą podniesieniu poziomu bezpieczeństwa państwa – zarówno militarnego jak i ekonomicznego – poprzez dostęp do dodatkowego zaplecza B+R dla małych i średnich przedsiębiorstw czy efektywnego wykorzystania publicznych środków wydawanych na naukę. Z militarnego punktu widzenia taki transfer skutkuje w dłuższym okresie czasu podniesieniem jakości rozwiązań technicznych proponowanych dla Sił Zbrojnych przez sektor cywilny.

#### **Abstract**

The paper presents two approaches for dual use technologies: used so far and new. The first one is based only on the export control point of view. The new one, based on the research of the possibility of technology transfer from military to civilian use conducted in the Institute of Optoelectronics at the Military University of Technology, shows that effective utilization of the dual use technology potential may leads to new knowledge about given technology (learning by using). This process leads to improvement of its technical characteristics and next this may be used in modernization or in designing of new weapon systems, assuming that given technology has potential of dual use.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Edward WŁODARCZYK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **TECHNICZNE ASPEKTY KONTROLI ROZPOWSZECHNIANIA TECHNOLOGII RAKIETOWYCH**

### **THE TECHNICAL ASPECTS OF PROLIFERATION CONTROLS THE TECHNOLOGY OF BALLISTIC MISSILES**

**Andrzej DĘBECKI**

Instytut Systemów Mechatronicznych, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Mechatronics Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Rozwój nauki i techniki ostatnich kilkudziesięciu lat spowodował takie postępy w dziedzinie techniki raketowej, że umożliwił wielu państwom osiągnięcie poziomu technicznego umożliwiającego budowę rakiet balistycznych i bezpilotowych aparatów latających o zasięgu kilkuset, a nawet kilku tysięcy kilometrów. Problem polega na tym, że przynajmniej niektóre z nich mogą wykorzystać zdobyte możliwości do zakłócenia regionalnej a nawet globalnej równowagi militarnej, wywołanie wojen, a w przypadku bezpilotowych aparatów latających dobrze zorganizowana grupa terrorystyczna mogłaby spowodować rozpylenie środków chemicznych lub biologicznych nad obszarem dużego miasta i spowodować niewyobrażalne straty. W związku z tym podjęto szereg międzynarodowych inicjatyw mających na celu uniemożliwienie (a w każdym razie utrudnienie) dalszego rozprzestrzeniania odpowiednich technologii.

Praca zawiera przegląd problemów technicznych i technologicznych związanych z rozwojem rakiet balistycznych oraz zbiorów informacji dotyczących podejmowanych przedsięwzięć, których celem jest ograniczenie możliwości rozpowszechniania technologii umożliwiających produkcję tych rakiet. Polska aktywnie uczestniczy w kilku tego typu międzynarodowych inicjatywach, podejmuje i będzie podejmować w najbliższej przyszłości zobowiązania dotyczące ograniczeń eksportowych i importowych pewnych materiałów, urządzeń i technologii. Zobowiązania te mogą bezpośrednio wpływać na wykonywane prace naukowo-badawcze w dziedzinie uzbrojenia. W referacie zawarto informacje mogące przybliżyć polskim specjalistom światowe trendy w technice raketowej oraz czekające ich ograniczenia w możliwościach dostępu do pewnych urządzeń, materiałów i technologii.

#### **Wnioski**

Podstawowym wnioskiem jaki wydaje się wynikać z przedstawionego niepełnego przeglądu sytuacji jest konieczność śledzenia informacji w tym zakresie i ewentualne włączenie się do dyskusji przez polskich specjalistów poprzez Departament Polityki Bezpieczeństwa MSZ lub Departament Współpracy Międzynarodowej MON.

Ponadto celowym wydaje się zasygnalizowanie, że w przeszłości ograniczenia mogą dotyczyć zakresu wiedzy w dziedzinie aerodynamiki, balistyki zewnętrznej i wewnętrznej, teorii sterowania, elektroniki, technologii materiałowej, dynamiki lotu i komputerowych badań symulacyjnych przekazywanej studentom i doktorantom z niektórych państw.

### **Abstract**

The paper contain the description of technological problems concerned the ballistic missiles and information about international initiatives which should restrict the possibility of proliferation the technology of construction of ballistic missiles. Poland takes part in several such undertakings, make and will make in the future many commitments, which are influent to export and import some materials, devices and technology. These obligations can to affect directly on research work in the field of armament.

### **Conclusion**

The principal conclusion one can draw from this brief review of situation is the necessity of observation the accessible information and the recommendation for Polish specialist to join in discussion.

Moreover it seems necessary to mention that in near future the restrains can affect the knowledge in the field of aerodynamics, outer and internal ballistic, theory of control, electronics, dynamics of flight, computer modelling and simulation which can be available to some foreign scholars and students.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **RADIOELEKTRONICZNY SYSTEM OBSERWACJI OKRĘŻNEJ ŹRÓDEŁ PROMIENIOWANIA MIKROFAL W MONITORINGU ŚRODOWISKA ELEKTROMAGNETYCZNEGO**

### **RADIOELECTRONICS SYSTEM OF ALL AROUND OBSERVATION MICROWAVE RADIATION SOURCES IN MONITORING OF ELECTROMAGNETIC MEDIUM**

**Zdzisław CHUDY\*, Bronisław STEC\*\***

\*Instytut Optoelektroniki, Wydział Techniki Wojskowej, Wojskowa Akademia Techniczna  
Instytut of Optoelectronics, Faculty of Military Technics, Military University of Technology  
Warsaw, Poland

\*\* Instytut Radiolokacji, Wydział Elektroniki, Wojskowa Akademia Techniczna  
Instytut of Radar Technology, Faculty of Electronics, Military University of Technology,  
Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Rozwój współczesnej radiolokacji wywołany dużym postępem w technologii wytwarzania podzespołów elektronicznych i dokładności ich wykonania, wraz ze stałym rozszerzaniem zakresu wykorzystywanych częstotliwości i jednoczesnym wykorzystaniem nowych narzędzi komputerowego wspomaganie analiz i projektowania stanowią wytyczne dla rozwoju prac badawczych i konstrukcyjnych. Prace te, mają na celu nowe typy systemów odbiorczych umożliwiających wykrycie i analizę sygnałów emitowanych przez urządzenia nadawcze, które podlegają ciągłemu rozwojowi. Realizowany za pomocą systemów odbiorczych proces detekcji sygnału, jest źródłem podstawowych informacji służących ocenie cech odbieranego sygnału, rodzaju i położenia jego źródła. Źródłami promieniowania elektromagnetycznego (ZE) są głównie: urządzenia radiolokacyjne, radiostacje, nadajniki zakłóceń, systemy kierowania ogniem artylerii, środki nawigacji. Obiekty te mogą być wykrywane, rozpoznawane i lokalizowane w wyniku odbioru i analizy ich sygnałów przez środki rozpoznania radioelektronicznego występujące w urządzeniach naziemnych, w wyposażeniu platform latających standardowych i bezpilotowych wykorzystywanych w monitoringu stanu środowiska elektromagnetycznego.

Artykuł dotyczy propozycji wykorzystania biernego układu namiaru źródeł promieniowania elektromagnetycznego, zapewniającego dookólny natychmiastowy ich namiar i ocenę wybranych parametrów wykrytego sygnału bez przeszukiwania przestrzeni. Omówione rozwiązanie uzupełniają wyniki badań eksperymentalnych uzyskanych w trakcie realizacji praktycznej modelu i jego symulacji pracy w paśmie 2 – 4 GHz. Rozważane rozwiązanie układowe może występować w radioelektronicznych urządzeniach naziemnych oraz stanowić wyposażenie platform latających standardowych i bezpilotowych wykorzystywanych w monitoringu stanu środowiska elektromagnetycznego.

### **Wnioski**

W wyniku przeprowadzonej analizy teoretycznej należy stwierdzić, że istnieje możliwość budowy systemu namiaru na bazie układu formowania wiązki antenowej w technologii NLP, jako układu o dużym stopniu scalenia. Uzyskane wyniki analiz teoretycznych i badań eksperymentalnych pozwalają stwierdzić, że zaproponowane rozwiązanie może być wykorzystane w pełni w układzie urządzenia wczesnego wykrywania i ostrzegania. Szerokopasmowy i wielokanałowy charakter układu stwarza dodatkowe możliwości zastosowania innych urządzeń do współpracy. Małe gabaryty, a więc i waga (<20 kg) w pełni uzasadniają celowość zastosowania w wyposażeniu bezpilotowych aparatów latających przeznaczonych do zadań rozpoznawczo - obserwacyjnych.

### **Abstract**

Identification systems, meeting requirements for ESM class (Electronic Support Measures) are designed for detecting as well as for identifying signals emitted by radiolocation systems. Data from monitoring of electromagnetic environment, with data from analysing and identifying radar's emissions are necessary for taking a decision concerning the situation on earth, at sea, as well as in the air, by services responsible for "on-line" checking the condition of electromagnetic surroundings. Equipment applied in such systems should analyse, classify and identify detected signals very fast, to determine the level of danger. Beside of identifying, these systems are used for immediate warning about scanning with electromagnetic beam. The solution presented in our paper, is the example of immediate working systems in monopulse regime. Presented experimental model for identification-warning systems, because of small dimensions, can be used in stationary as well as portable systems (for example: on vehicles, in plane and in ship). Taking into considerations just the working band, obtained accuracy of localisation and monopulse operation regime we can summarise that presented system can be very efficient for detecting of short-time emission.

Recenzent:

plk dr hab. inż. Zygmunt MIERCZYK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## WIELOFUNKCYJNE WSKAŹNIKI ZOBRAZOWANIA INFORMACJI CELOWNICZEJ

### SIGHT DATA MULTIFUNCTIONAL DISPLAYS

**Mirosław ADAMSKI, Sławomir PICHER**

Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych

Polish Air Force Academy, Dęblin, Poland

#### Streszczenie

Każdy współczesny samolot, czy śmigłowiec wyposażony jest w system obrazowania informacji celowniczej. Jest to zespół urządzeń (wskaźników) połączonych ze sobą strukturalnie i funkcjonalnie, które na podstawie danych pochodzących z różnych źródeł – pokładowych oraz pozapokładowych, dostarczają pilotowi niezbędnych danych zapewniających dokładne naprowadzanie w rejon celu, jego wykrycie, rozpoznanie, wykonanie precyzyjnego ataku i zniszczenie celu, a także bezpieczny powrót i lądowanie na wybranym lotnisku. Systemy obrazowania informacji celowniczej zapewniają możliwość efektywnego wykorzystania w jednym locie, różnych lotniczych środków rażenia: bomb, sterowanych i niekierowanych pocisków raketowych, działek lub karabinów maszynowych, a także wykonywania lotów rozpoznawczych. Konstrukcja tychże systemów umożliwia poprawną współpracę pilota z urządzeniami nawigacyjno - celowniczymi oraz uwzględnia cechy psychofizyczne człowieka, w tym m.in. jego zdolność percepcji – odbierania i przetwarzania informacji. Wymagana jest również nadrzędna rola pilota, który w każdej chwili powinien mieć możliwość dowolnego formatowania wskazań zgodnie z podjętą decyzją. Samoloty spełniają dzięki temu kryteria wielozadaniowości. Na współczesnym polu walki wymagana jest ciągła obserwacja tych przyrządów i podejmowanie na ich podstawie właściwych decyzji. Umożliwia to pełne wykorzystanie potencjału bojowego statków powietrznych, a co za tym idzie – efektywne wykonanie zadania. Pilot wykonujący zadanie bojowe, indykowany ma obraz pola walki na wskaźnikach optoelektronicznych. Dostarczają mu one automatycznie niezbędne lub – w zależności od potrzeb pilota – dokładne informacje, przedstawione w jak najbardziej zrozumiały sposób. Dobór postaci prezentowanych na ekranach wskazań i integracja podawanych informacji są podporządkowane bieżącemu zadaniu oraz szczegółowym decyzjom niezbędnym do jego wykonania.

W publikacji autorzy przedstawiają wielofunkcyjne wskaźniki obrazowania informacji stosowane na współczesnych bojowych statkach powietrznych. Zaprezentowali budowę i sposoby obrazowania informacji celowniczej takich wskaźników jak: HUD, HDD, HLD oraz HMD. Autorzy starali się dowieść w jak dużej mierze ich efektywność, w tym sposób dostarczania pilotowi informacji celowniczej może ułatwić sterowanie samolotem oraz przede wszystkim, sprostać nieustannie wzrastającym wymaganiom współczesnego pola walki. W artykule uwzględnili także kierunki rozwoju systemów obrazowania informacji celowniczej zmierzających do zastosowania kabiny wirtualnej na samolocie

### **Wnioski**

Jak się okazuje, piękną sztukę projektowania samolotów zabiła elektronika, zarówno ta w którą są one wyposażone, jak i ta przeznaczona do ich zwalczania. Jednym z jej niezbędnych elementów jest system zobrazowania informacji celowniczej będący podstawą skuteczności każdego współczesnego bojowego statku powietrznego. W erze, gdzie walka powietrzna to pojedynek całych systemów komputerowych, a nie pojedynczych samolotów, możemy wywnioskować, że bez niego nie byłoby możliwe wykonanie jakiegokolwiek zadania związanego z rozpoznaniem, obezwładnianiem czy też niszczeniem przeciwnika. Spełnienie tych funkcji powinno się odbywać w sposób, który zapewni uzyskanie największej dokładności, największej pewności i najkrótszego czasu wykonania zadania przy zastosowaniu metod i środków rażenia najdogodniejszych z taktyczno – techniczno – ekonomicznego punktu widzenia. Wymaganiom tym mogą sprostać tylko współczesne wskaźniki obrazowe będące elementami pokładowego systemu zobrazowania informacji celowniczej

### **Abstract**

In the article the authors present multifunctional sight data displays used on contemporary combat aircraft and describe construction of HUD, HDD, HLD, HMD. They also try to prove how important in air combat these kinds of devices are. At the end there are some information about virtual cockpit in future aircraft.

### **Conclusion**

Multifunctional data displays are indispensable in contemporary and future aircraft to reach goals and save back home. It is very important to fulfilled tasks with adequate accuracy and weapon system from tactic, technique and economic point of view.

Recenzent:

dr hab. inż. Zbigniew KORUBA (Politechnika Świętokrzyska)

## **ŹRÓDŁA NIEDOKŁADNOŚCI POMIARU W SYSTEMACH NATYCHMIASTOWEGO POMIARU CZĘSTOTLIWOŚCI**

### **SOURCES OF MEASUREMENT INACCURACIES IN THE INSTANTANEOUS FREQUENCY MEASUREMENT SYSTEM**

**Henryk GRUCHAŁA, Mirosław CZYŻEWSKI, Adam SŁOWIK**

Instytut Radiolokacji, Wojskowa Akademia Techniczna

The Institute of Radar Technology, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

We współczesnym polu walki wzrasta znaczenie rozpoznania i walki radioelektronicznej. W warunkach coraz większego zagęszczenia środowiska elektromagnetycznego stawiane są coraz ostrzejsze wymagania w zakresie szybkości i dokładności estymacji parametrów odebranego sygnału w tego typu układach. Układy natychmiastowego pomiaru częstotliwości (IFM), takie jak mikrofalowe dyskryminatory częstotliwości, stanowią ważny element systemów rozpoznania[5]. Z uwagi na swoje niewątpliwe zalety, do których poza czasem pomiaru należy zaliczyć: szerokie pasmo pracy, dużą dynamikę, czułość oraz tak istotną, w obecnych czasach, podatność na minimalizację i digitalizację, są interesującą propozycją także dla dziedzin niezwiązanych ściśle z techniką wojskową. Ze względu na swoją cenę stanowią również realną konkurencję dla stosowanych w tego typu pomiarach układów optycznych.

W artykule zaprezentowane zostały podstawowe źródła niedokładności pomiaru w mikrofalowych dyskryminatorach częstotliwości oraz zaproponowano metody ich eliminacji. Pomiar mikrofalowych częstotliwości w układach tego typu odbywa się w czasie zbliżonym do rzeczywistego, co stwarza szerokie możliwości zastosowania ich w systemach rozpoznania i walki radioelektronicznej. W związku z tym ważnym staje się problem określenia źródeł niedokładności takiego pomiaru i ich minimalizacji. Przedstawiona w artykule analiza dotyczy problemu błędów wynikających z pomiaru sygnałów o dużym poziomie mocy oraz sygnałów jednoczesnych i ma ona charakter teoretyczny z elementami weryfikacji pomiarowej.

#### **Wnioski**

W przedstawionych rozważaniach analizie poddane zostały dwa podstawowe źródła niedokładności pomiaru częstotliwości w systemach IFM: błąd detekcji liniowej oraz błąd związany z odbiorem sygnałów jednoczesnych.

Pierwszy z nich powstaje w wyniku odbioru sygnałów dużej mocy. Metody minimalizacji stwarzają możliwość eliminacji tego błędu, jednak wymagają rozbudowy toru odbiorczego oraz zastosowania dodatkowych algorytmów obróbki cyfrowej, co z kolei może niekorzystnie wpływać na szybkość działania i czułość układu. Mogą też, jak w przypadku zastosowania wzmacniacza ogranicznika, stać się one źródłem błędów o innym charakterze.

Najkorzystniejszym rozwiązaniem problemu wydaje się być, odejście od jego minimalizacji i wykorzystanie metod przybliżonych, niezależnych od sposobu detekcji.

Wadą tych metod jest konieczność stosowania układów wielokanałowych, aby uzyskać dokładność porównywalną z metodą bezpośrednią, co w konsekwencji również prowadzi do jego rozbudowy i komplikacji, co znacząco pogorszenia czułości układu. Aby tego uniknąć na wejściu układu stosuje się wzmacniacz z ogranicznikiem.

Drugi z omówionych błędów związany jest z odbiorem w IFMs dwóch sygnałów jednocześnie. Przeprowadzona analiza wykazała istotny wpływ poziomu dodatkowego sygnału odebranego jednocześnie na jakość pomiaru częstotliwości. Zaproponowana koncepcja detektora sygnałów jednoczesnych, wykorzystująca zależność pomiędzy błędami amplitudy i częstotliwości, pozwala detekować obecność dodatkowego sygnału z określonym prawdopodobieństwem wykrycia i fałszywego alarmu, przy założonym poziomie błędu.

### **Abstract**

Reasons of the incorrect measurement process in the instantaneous frequency measurement system (IFMs) have been presented in the paper. The IFM receiver can measure the instantaneous frequency in microwave bands in near-real time, so it can be used successful in electronic reconnaissance systems. The problem of high power level of the signal and simultaneous signals has been analyzed. Measurement data and theoretical analysis results have been shown. Methods of this phenomenon minimalization have been proposed, too.

### **Conclusion**

Two main of measurement inaccuracies in IFM receiver have been analyzed: linear detection error and simultaneous receiving signals error.

The high power level of the received signal causes the linear detection error.

Methods of the minimalization require the complexity of the system. It can cause the additional errors and decrease the sensitivity of the receiver. The linear detection error does not appear for some frequencies and special algorithms using this feature are good solution of the problem. This approach requires multichannel structure of the receiver.

Two and more received signals cause the frequency measurement errors. Value of the errors depends on power level of the adding signal. Simultaneous signals detector has been proposed. It can detect simultaneous signal errors above assumed threshold with fixed intercept probability and false alarm level.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam KAWALEC (Wojskowa Akademia Techniczna)

## WYKRYWANIE OBIEKTÓW RUCHOMYCH RADAREM POLA WALKI

### MOVING TARGETS DETECTION BY BATTLEFIELD SURVEILLANCE RADAR

**Sławomir PLATA\*, Jerzy MIŁOSZ\*, Marek NAŁĘCZ\*\***

\*Przemysłowy Instytut Telekomunikacji, Oddział Gdańsk  
Telecommunications Research Institute, Gdańsk Division, Poland

\*\*Instytut Systemów Elektronicznych, Politechnika Warszawska  
Institute of Electronic Systems, Warsaw University of Technology

#### Streszczenie

W artykule przedstawiono możliwości wykrywania ruchomych obiektów za pomocą stanowiska radiolokacyjnego wykonanego w oparciu o lekki pojazd terenowy wyposażony w radar pola walki typu FMCW (ang. Frequency Modulated Continuous Wave). W pierwszej części omówiono budowę i parametry funkcjonalne radaru oraz podstawy zastosowanej w tym rozwiązaniu dwuwymiarowej obróbki FFT, szczególnie przydatnej do detekcji ruchomych obiektów na tle silnego „clutteru” ziemnego. Dwuwymiarowa obróbka FFT (informacja o odległości i prędkości celu) zapewnia bardzo skuteczną eliminację ech stałych oraz możliwość równoczesnej detekcji obiektów ruchomych i statycznych. Ponadto zastosowanie jej w radarze pracującym na fali ciągłej daje dodatkowe, pokazane w artykule możliwości klasyfikacji wykryć. Niektóre z tych możliwości zostały przedstawione w następnej części referatu, na przykładach zarejestrowanych rzeczywistych sygnałów radiolokacyjnych. Rejestracje te zostały zebrane w czasie badań poligonowych, obrazują zatem rzeczywisty potencjał prezentowanego rozwiązania radaru pola walki.

Przedstawione rozwiązanie ruchomego stanowiska radiolokacyjnego wyposażonego w radar pola walki FMCW charakteryzuje się możliwością wykorzystania praktycznie w każdym zestawie mobilnym i dedykowane jest do zastosowania np. w wozach dowodzenia lub transporterach opancerzonych. Przeznaczone jest do wykrywania, określania współrzędnych i śledzenia różnego rodzaju ruchomych celów naziemnych lub nawodnych – takich jak pojedyncze osoby, pojazdy, łodzie, czy większe obiekty. Ruchome stanowiska radiolokacyjne mogą być z powodzeniem wykorzystywane również do ochrony wybrzeża, stref granicznych, jak również stosowane w działaniach antyterrorystycznych i służbach cywilnych. Dodatkową zaletą przedstawionego rozwiązania jest zastosowanie trudnowykrywalnego radaru FMCW (klasa LPI), którego taktyczne zalety uwidaczniają się szczególnie w warunkach ciszy radiolokacyjnej. Ze względu na pracę nadajnika ze zmodulowaną w częstotliwości falą ciągłą o mocy nie przekraczającej 1W, przeciętnie odległość wykrycia przez urządzenia RWR (radar warning receiver) nie przekracza 0.8 km. Tymczasem radary impulsowe średniego zasięgu o potencjale zbliżonym do zaproponowanego radaru FMCW są wykrywane w odległości przekraczającej 20km.

Opracowanie przedstawia przykład zabudowy radaru na lekkim pojeździe terenowym oraz rejestrację sygnałów radiolokacyjnych. Zebrane rejestracje i przedstawione wyniki są wynikiem zaawansowanych prac prowadzonych w Przemysłowym Instytucie Telekomunikacji, których celem jest przedstawienie oferty krajowego rozwiązania radaru pola walki.

#### **Abstract**

This paper presents mobile radar system based upon Frequency Modulated Continuous Wave battlefield surveillance radar. Designed by Telecommunications Research Institute FMCW battlefield radar is mobile surveillance system for detection, location and identification of moving ground and sea targets. FMCW radar provides range performance equal to pulsed radar. Because of low peak power ( $< 1\text{W}$ ) it typically cannot be detected by electronic surveillance equipment and radar warning receivers. Pulsed radar are detectable at ranges up to 20km. Two-dimensional FFT signal processing provides measurements of target range and velocity. The next opportunities are Moving Target Indicator (MTI) processing, automatic radar tracking and target identification/classification. Examples of real radar signal recording are presented in this paper.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Jerzy R. MŁOKOSIEWICZ (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **METODY PRZYGOTOWANIA ODLEGŁOŚCI DO CELU DLA POTRZEB PRZELICZNIKA BALISTYCZNEGO**

### **THE METHODS PREPARATION DISTANCE FROM WEAPON TO TARGET AIRCRAFT FOR BALLISTIC COMPUTER**

**Włodzimierz BOROWCZYK**

Instytut Systemów Mechatronicznych, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Mechatronics Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Współczesne zintegrowane systemy kierowania ogniem przeciwlotniczych zestawów artyleryjskich są wyposażone w dalmierze laserowe. Zastosowanie dalmierzy laserowych jest konieczne w tych systemach kierowania ogniem, w których zrezygnowano z radarów. W takim przypadku współrzędne kątowe celu są mierzone przez przyrządy optyczne lub optoelektroniczne, natomiast odległość przez dalmierz laserowy.

W systemach kierowania ogniem wyposażonych w radar nie ma większych trudności z określaniem odległości do celu z wystarczająco dużą częstotliwością.

W systemach kierowania ogniem z dalmierzem laserowym występują dość znaczne trudności z poprawnym pomiarem odległości. Przyczyną powyższych trudności są:

- nie trafienie wiązką w cel;
- pomiar odległości do chmury, zamiast do celu;
- niewystarczająca częstotliwość pomiaru.

W referacie przedstawiono metody przygotowania odległości do celów powietrznych dla przelicznika balistycznego, na podstawie odległości mierzonej dalmierzem laserowym.

#### **Wnioski**

Przeprowadzona analiza metod opracowania odległości uzyskanej z dalmierza laserowego pokazała, że najlepszą metodą, pozwalającą uzyskać odległość z odpowiednią częstotliwością jest metoda liniowej ekstrapolacji. Metoda ta wymaga najmniejszego okresu obserwacji sygnału i wymaga najmniejszej ilości obliczeń.

W celu wyeliminowania zaników w pomiarach oraz błędnych pomiarów należy dodatkowo opracować specjalne warunki (programowo) eliminujące powyższe przypadki.

Z przeprowadzonej analizy metod opracowania odległości do celu wynika następujący wniosek: bez specjalnego opracowania odległości mierzonej przez dalmierz laserowy nie można uzyskać zadowalającej dokładności wyliczania nastaw działowych.

#### **Abstract**

The papers presents methods of preparation distance from weapon to target aircraft for ballistic computer, one the basis distance by measuring laser process.

Recenzent:

dr hab. inż. Zbigniew KORUBA (Politechnika Świętokrzyska)

## MODELOWANIE FIZYCZNE I MATEMATYCZNE NADDŹWIĘKOWEJ RAKIETY PRZECIWPANCERNEJ „KSENON” NAPROWADZANEJ WIĄZKĄ

### MATHEMATICAL AND PHYSICAL MODELLING OF A BEAM-GUIDED SUPERSONIC ANTI-TANK MISSILE OF THE “KSENON” TYPE

Edyta ŁADYŻYŃSKA-KOZDRAŚ\*, Jerzy MARYNIAK\*\*

\*Zakład Mechaniki Stosowanej, Wydział Mechatroniki, Politechnika Warszawska  
Department of Mechanics, Warsaw University of Technology, Poland

\*\* Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej, Politechnika Warszawska  
Institute of Aeronauts Department of Mechanics, Warsaw University of Technology, Poland

#### Streszczenie

W pracy przedstawiono modelowanie fizyczne i opracowanie modelu matematycznego sterowanej rakiety przeciwpancernej naddźwiękowej. Rakieta naprowadzana jest wiązką na manewrujący cel. Prawa sterowania potraktowano jako więzy nieholonomiczne. Model matematyczny opracowano stosując równania Maggi dla układów mechanicznych o więzach nieholonomicznych. W pracy pokazany został pełny dynamiczny model lotu rakiety naprowadzanej wiązką.

#### Wnioski

Pierwsze cztery równania dynamiki rakiety (17) są to równania Maggio. Są one silnie sprzężone z dwoma równaniami więzów nieholonomicznych. Sprzężenia te występują głównie ze względu na parametry rzeczywiste ruchu rakiety oraz jej współczynniki wzmocnień w poszczególnych kanałach sterowania. Występują także sprzężenia momentów od wychyleń sterów wysokości  $M_{\delta H}$  i kierunku  $N_{\delta V}$ , sprzężenia elementów związanych z masą rakiety (jej masa  $m$ , moment statyczny  $S_x$  i momenty bezwładności  $J_x$ ,  $J_y$ ), z jej ciągiem (składowe siły ciągu silnika  $X^T$ ,  $Y^T$ ,  $Z^T$ ) oraz aerodynamiką (składowe siły i momenty aerodynamiczne  $X^A$ ,  $Y^A$ ,  $Z^A$ ,  $M^A$ ,  $N^A$ ,  $L^A$ ).

Poprzez powiązanie ruchu rakiety - związków kinematycznych jej ruchu, z ruchami celu, za którym przez cały czas porusza się wiązka generując parametry zadane lotu rakiety, uzyskaliśmy model matematyczny dynamiki rakiety zawierający silne sprzężenie równań jej ruchu z prawami sterowania, które pozwala na efektywne sterowanie rakieta i precyzyjne naprowadzanie jej na cel poprzez dobór odpowiednich współczynników wzmocnienia sygnałów sterujących. Uzyskane równania stanowią podstawę do dalszych badań własności dynamicznych rakiety i pełnej symulacji jej lotu.

#### Summary

The paper presents the processes of physical modelling as well as development of a mathematical model of a guided supersonic anti-tank missile. The missile is beam-guided onto a manoeuvring target. The control laws have been considered as the non-holonomic constraints. A mathematical model was developed using the Maggi equations for mechanical systems with non-holonomic constraints.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **ESTYMACJA PARAMETRÓW ZESTAWU RAKIETOWEGO POSADOWIONEGO NA SAMOCHODZIE**

### **ESTIMATE OF ROCKET SYSTEM PARAMETERS BEING ON A CAR**

### **ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РАКЕТНОГО СОСТАВА ПОМЕЩЕННОГО НА АВТОМОБИЛЕ**

**Zbigniew DZIOPA**

Katedra Pojazdów i Sprzętu Mechanicznego, Politechnika Świętokrzyska  
Кафедра Автомобиля и Механического Оборудования, Политехника Свие́то́кшыска,

#### **Streszczenie**

W pracy przedstawiony zostanie model układu składającego się z wyrzutni rakiet bliskiego zasięgu posadowionej na pojeździe samochodowym. Sformułowany model umożliwia przeprowadzenie estymacji parametrów obiektu. Rozpatrywany układ zalicza się do samobieżnych zestawów raketowych. Dzięki takiemu rozwiązaniu konstrukcyjnemu poprawia się mobilność jednostki wojskowej. Najczęściej jako nośnik wyrzutni stosowany jest seryjnie produkowany samochód. Zwykle jest to mały samochód terenowy. Przykładem może być przeciwlotnicza platforma raketowa z pociskami „Grom”. System ten pod nazwą „POPRAD” prezentowany jest przez Centrum Naukowo-Produkcyjne Elektroniki Profesjonalnej RADWAR S.A. Ze względu na brak szczegółowych informacji o tym systemie do analizy wykorzystano dane charakteryzujące samochód terenowy Mitsubishi Pajero 3500 i pocisk raketowy klasy „Grom” umieszczony na hipotetycznej wyrzutni.

Problematyka związana z przeciwlotniczym zestawem raketowym posadowionym na pojeździe samochodowym jest istotna z punktu widzenia osiągalności celu przez startujący z wyrzutni pocisk. Zjawiska towarzyszące startującemu pociskowi wymagają gruntownej analizy. Zachowanie się rakiety omawianej klasy tuż po starcie w dużym stopniu decyduje o trafieniu w cel. Znane są od lat trudności związane ze sterowaniem pocisku w początkowej fazie lotu. Rakietę tuż po opuszczeniu wyrzutni charakteryzuje utrata stabilności. Dla pocisków raketowych bliskiego zasięgu czas niezbędny na wypracowanie pożądanego toru lotu jest bardzo krótki. Poza tym rakietę musi uwzględniać ograniczenia techniczne i warunki bezpieczeństwa, które nałożone są na pocisk. W związku z tym nie każdą trajektorię pocisk może realizować i w konsekwencji trafienie w cel staje się problematyczne.

Wcześniejsze rozważania autora miały charakter sondażu zmierzającego do sprawdzenia celowości podjęcia się wszechstronną analizą układu. Z przeprowadzonych rozważań wynika, że zachodzące w obiekcie zjawiska mogą stanowić problem w skutecznym użyciu samobieżnego zestawu przeciwlotniczego na polu walki. W związku z tym warto poznając słabe i mocne strony układu przeprowadzić estymację jego parametrów. Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie częstości i postaci drgań własnych modelu, oraz przebieg zmienności pasma częstości w funkcji wybranych parametrów modelu.

### **Wnioski**

Zmiana wartości parametrów zestawu przeciwlotniczego powoduje w ogólnym przypadku zmianę częstości drgań własnych układu. Znając pasma częstości drgań własnych układu można dobrać takie wartości parametrów zestawu przeciwlotniczego, które zapewnią poprawne jego funkcjonowanie w warunkach pola walki.

Zmiana położenia każdej z rakiet wzdłuż prowadnicy wyrzutni powoduje istotne zmiany parametrów określających bezwładność zestawu przeciwlotniczego. Wraz ze wzrostem kąta pochylenia prowadnicy wyrzutni wzrasta moment bezwładności zestawu przeciwlotniczego i zmienia się położenie jego środka masy.

### **Содержание**

В работе представлена модель автомобиля с помещённым противовоздушным составом ракетных снарядов ближнего действия. Характеристики параметров противовоздушного состава могут влиять на точность произведённой стрельбы. Система управления ракет снабжена в гироскопический координатор цели, который срабатывает на стартовой установке. Процесс слежения цели может сорваться в случае вынуждения с определённой характеристикой. Путём соответствующего подбора величин параметров состава, можно увеличить стойкость системы на возникающие возбуждения.

### **Выводы**

Изменения величин параметров противовоздушного состава в общем случае вызывает изменение частоты собственных колебаний системы. Зная спектры частоты собственных колебаний системы можно подобрать такие значения параметров противовоздушного состава которые обеспечат правильное его функционирование в условиях поля сражения.

Изменения положения каждой из ракет вдоль шины стартовой установки производит существенные изменения параметров определяющих инерцию противовоздушного состава. Вместе с ростом угла тангажа шины стартовой установки возрастает момент инерции противовоздушного состава и изменяется положение центра массы.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## NIESTACJONARNE DRGANIA W TYLNEJ CZĘŚCI RDZENIA WYDŁUŻONEGO POCISKU PODKALIBROWEGO PODCZAS STRZAŁU

### NONSTATIONARY VIBRATION REAR PART OF THE ROD PENETRATORY OF SUBCALIBRE ELONGATED PROJECTILE DURING FIRING

Edward WŁODARCZYK\*, Jacek JANISZEWSKI\*, Mariusz MAGIER\*\*

\* Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Electromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\* Zakład Uzbrojenia Artyleryjskiego, Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia  
Military Institute of Armament Technology, Zielonka, Poland

#### Streszczenie

Jednym ze skutecznych środków rażenia obiektów opancerzonych są wydłużone pociski przeciwpancerne podkalibrowe z odrzucanym sabotem, stabilizowane brzechwami. W literaturze anglojęzycznej oznaczane są one skrótem APDS-FS (ang. *armour piercing discarding sabot-fin stabilized*). W oznaczeniach wojskowych stosowany jest równoważny skrót APFSDS.

Tylna część rdzenia obciążona jest podczas strzału w sposób dynamiczny ciśnieniem produktów spalania prochu artyleryjskiego. Ta część rdzenia znajduje się podczas strzału w ekstremalnych warunkach obciążeniowych i temperaturowych. Mając na uwadze fakt, że pocisk opuszcza lufę w ciągu kilku milisekund ( $\sim 0,006$  s), wpływ temperatury na wytrzymałość rdzenia można pominąć. Zatem głównym czynnikiem limitującym maksymalne obciążenie tylnej części rdzenia jest ciśnienie produktów spalania prochu i dynamiczność jego działania.

W pracy rozwiązano w zamkniętej postaci, za pomocą metody falowej (d’Alamberta), problem niestacjonarnych drgań tylnej części rdzenia wydłużonego pocisku podkalibrowego, obciążonego ciśnieniem produktów spalania prochu artyleryjskiego. Wyprowadzono analityczne, rekurencyjne wzory określające pola wzdłużnego naprężenia w rdzeniu i prędkości masowej jego elementów w funkcji zmiennych  $z$  i  $t$ . Zdaniem autorów jest to nowe rozwiązanie badanego problemu.

#### Abstract

The problem of the nonstationary vibration of the rod penetratory of subcalibre elongated projectile loaded by the combustion products of the gunpowder has been solved in the closed form, using the wave method (d’Alamert). The recurrence formulae have been derived, which define the fields of longitudinal stress in the rod penetrator and the mass velocity of its elements as the functions of  $z$  and  $t$  variables. According to the authors best knowledge the solution of the problem is new.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam WIŚNIEWSKI (Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia)

**WSTĘPNA ANALIZA PÓL NAPRĘŻENIA OSIOWEGO  $\sigma_i(z, t)$   
I PRĘDKOŚCI MASOWEJ  $v_i(z, t)$  W TYLNEJ CZĘŚCI RDZENIA  
WYDŁUŻONEGO POCISKU PODKALIBROWEGO**

**PRELIMINARY ANALYSIS OF THE AXIAL STRESS AND PARTICLE  
VELOCITY FIELDS IN REAR PART OF THE ROD PENETRATOR OF  
THE SUBCALIBRE ELONGATED PROJECTILE DURING FIRING**

**Edward WŁODARCZYK\*, Jacek JANISZEWSKI\*, Mariusz MAGIER\*\***

\* Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Electromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\* Zakład Uzbrojenia Artyleryjskiego, Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia  
Military Institute of Armament Technology, Zielonka, Poland

**Streszczenie**

W pracy wyprowadzono zamknięte analityczne wzory, które identyfikują stan naprężenia osiowego i prędkości masowej w tylnej części rdzenia wydłużonego pocisku podkalibrowego podczas strzału. Z analizy tych wzorów wynika, że naprężenie osiowe w rdzeniu zmienia się w sposób pulsacyjny. Koncentracja naprężeń występuje na styku rdzenia z tylną półką sabotu. Uzyskane wzory analityczne mogą służyć do obliczeń komputerowych.

Niniejszy referat jest integralnie związany z pracą „Niestacjonarne drgania w tylnej części rdzenia wydłużonego pocisku podkalibrowego podczas strzału”.

**Wnioski**

W pracy uzyskano zamknięte rozwiązanie problemu dynamicznych obciążeń tylnej części rdzenia wydłużonego pocisku podkalibrowego, narażonej na ekstremalne warunki wytrzymałościowe podczas strzału. Problem rozwiązano za pomocą interferencji bieżących fal naprężeń w rdzeniu, wymuszonych ciśnieniem  $p(t)$  działającym na pocisk podczas strzału. Tego typu rozwiązanie dobrze aproksymuje zjawiska przebiegające w rdzeniu pocisku.

Wyprowadzone w pracy analityczne wzory pozwoliły stwierdzić pulsację stanu naprężenia w tylnej części rdzenia, na przemian, od wartości ujemnych (ściskanie) do dodatnich (rozciąganie). Okres pulsacji wynosi  $T = 2l_1 / c$ , gdzie  $l_1$  jest długością tylnej części rdzenia, a  $c$  oznacza prędkość propagacji sprężystej fali podłużnej w materiale rdzenia. Zjawisko to szczególnie nasila się w przekroju kontaktu rdzenia z tylną powierzchnią sabotu ( $z = l_1$ ).

Konstrukcja rozwiązań analitycznych problemu Picarda w poszczególnych obszarach płaszczyzny  $(z, t)$  jest bardzo pracochłonna. Okazuje się jednak, że wyprowadzone rekurencyjne wzory, określające pola naprężenia osiowego w rdzeniu  $\sigma(z, t)$  i prędkości masowej jego elementów  $v(z, t)$ , można przystosować do obliczeń komputerowych, co znakomicie upraszcza rozwiązanie problemu.

Wyprowadzone w niniejszym artykule wzory analityczne mogą posłużyć jako test do szacowania dokładności obliczeń komputerowych.

Wyprowadzone w niniejszym artykule wzory analityczne mogą posłużyć jako test do szacowania dokładności obliczeń komputerowych.

#### **Abstract**

The analytic formulae, which define the fields of the axial stress and particle velocity in rear part of the rod penetrator of the subcalibre elongated projectile during firing have been derived in this paper. From analysis these formulae it appears that the variation of the axial stress has a pulsatory character. It seems that the maximal axial stress has place at the contact of the sabot back with rod penetrator. In addition, the analytic formulae can be use to estimate of the numerical calculations accuracy.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam WIŚNIEWSKI (Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia)

## **WPLYW STEROWANIA PLATFORMAMI GIROSKPOWYMI NA DYNAMIKĘ OBIEKTÓW LATAJĄCYCH**

### **INFLUENCE OF REMOTE CONTROL OF GYROSCOPE PLATFORMS ON FLYING OBJECTS DYNAMICS**

### **НАВИГАЦИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УПРАВЛЯЮЩИХ ГИРОСОПИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ**

**Zbigniew KORUBA, Konrad STEFAŃSKI**

Katedra Pojazdów i Sprzętu Mechanicznego, Politechnika Świętokrzyska  
Кафедра Машин и Механического Оборудования, Политехника Свентокжыска

#### **Streszczenie**

Na pokładzie obiektów latających, w szczególności samonaprowadzających pocisków raketowych i bezpilotowych aparatów latających, stosowane są platformy giroskopowe, które służą jako układy odniesienia dla przyrządów nawigacyjnych, podstawy dla układów celowniczych i śledzących, koordynatorów celu i kamer telewizyjnych.

Od tego rodzaju platform giroskopowych wymagana jest zatem szczególnie wysoka niezawodność działania i dokładność realizacji ruchu zadanego. Biorąc pod uwagę fakt, że pracują one w warunkach oddziaływania wibracji i zakłóceń zewnętrznych, należy zwłaszcza starannie dobrać jej parametry zarówno na etapie projektowania, jak i w warunkach eksploatacji.

Istnieje zatem potrzeba przeprowadzenia badań mających na celu wyjaśnienie możliwości zastosowania trzyosiowej platformy giroskopowej do nawigacji, sterowania i naprowadzania broni precyzyjnego rażenia, takich jak bezpilotowe aparaty latające czy też bomby kierowane.

W pracy przedstawiona jest metoda nawigacji obiektem latającym (OL), takim jak bezpilotowy aparat latający, bomba kierowana lub naprowadzany pocisk raketowy, za pomocą trzyosiowej platformy giroskopowej. Tor zadany OL wyznaczany jest na podstawie położenia sterowanej i korygowanej programowo platformy giroskopowej. Przytoczony jest sposób wyznaczania sterowania programowego i algorytm optymalnego sterowania korekcyjnego platformy giroskopowej, dzięki którym minimalizowane są błędy między ruchem zadanym a rzeczywistym samego OL.

#### **Wnioski**

Praca przedstawia wstępne badania dynamiki i sterowania jedno-, dwu- i trzyosiowej platformy giroskopowej umieszczonej na pokładzie obiektu latającego (w niniejszej pracy ograniczono się jedynie do platformy dwuosiowej). Do realizacji ruchu programowego platformy należy zastosować sterowania wyznaczone z zagadnienia odwrotnego dynamiki.

Natomiast do korekcji i stabilizacji ruchu tejże platformy trzeba wprowadzić sterowania ze sprzężeniem zwrotnym. Dodatkowo należy wyznaczyć parametry optymalne tak otrzymanego układu za pomocą zmodyfikowanej metody Gołubiencewa.

Zoptymalizowane parametry sterowanej jedno-, dwu- i trzyosiowej platformy giroskopowej pozwalają na:

- a) najszybsze zanikanie procesu przejściowego;
- b) zminimalizowanie przeciążeń działających na platformę;
- c) zminimalizowanie wartości momentów sterujących giroskopów, co może zdecydować o technicznej realizowalności sterowania.

Należy podkreślić, że otrzymano wyniki dla platformy dwuosiowej z giroskopami trzystopniowymi. Giroskopy tego rodzaju odgrywają rolę czujników sterowania. Zatem dokładność pracy platformy w takich przypadkach zależy przede wszystkim od precyzji działania wspomnianych giroskopów. Ponadto łatwiej jest sterować takimi giroskopami, wydając stosunkowo mało energii na zmianę ich położenia w przestrzeni.

### Содержание

В работе представлен метод навигации летательных аппаратов (ЛА), таких как беспилотный летательный аппарат, управляемая бомба или управляемый ракетный снаряд, с помощью трёхосной гироскопической платформы. Заданная траектория ЛА определяется на основе положения программно управляемой гироскопической платформы. Приведён способ определения программного управления и алгоритм оптимального корректирующего управления гироскопической платформы, благодаря которым минимизируются ошибки между заданным и действительным движением ЛА.

### Резюме

Оптимизированные параметры управляемой одно-, двух- и трёхосной гироскопической платформы позволяют на: а) быстрее затухание переходного процесса; б) минимизацию перегрузок действующих на платформу; в) минимизацию значений управляющих моментов гироскопов, что может решить проблему технической реализуемости управления.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Wiesław SOBIERAJ (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **PROBLEMY MODELOWANIA DYNAMIKI ŚMIGŁOWCA JAKO CELU POZORNEGO DLA POTRZEB SYMULATORA CELOWNIKA**

### **MODELLING PROBLEMS OF HELICOPTERS DYNAMICS FOR THE SIGHT SIMULATOR CP-1**

**Marek JAWOROWICZ\*, Grzegorz KOWALECZKO\*\***

\*Instytut Systemów Mechatronicznych, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Mechatronic Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\*Instytut Techniki Lotniczej, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Aviation Technology, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W pracy opisano metodę numerycznego modelowania ruchu śmigłowca dla potrzeb „trenażera zadań ogniowych” celownika CP-1 do celów latających. Omówiono problemy wynikające ze specyfiki obiektu oraz opisano metodę losowego generowania jego trajektorii. Pokazano przykładowe wyniki numerycznej symulacji ruchu przestrzennego śmigłowca odwzorowującego jego manewry i działanie bojowe w walce z pododdziałami wojsk lądowych.

#### **Wnioski**

Przedstawiono sposób modelowania lotu śmigłowca. Ponieważ śmigłowiec jest niestateczny statycznie i dynamicznie nie było możliwe zastosowanie modelu ruchu opartego na rozwiązaniu układu równań różniczkowych zwyczajnych. Przy próbie takiego podejścia otrzymuje się przebiegi parametrów, które narastają w czasie w różny sposób. W związku z tym oparto się na bazie zarejestrowanych w czasie lotu danych zawierających informacje umożliwiające odtworzenie zarówno trajektorii jak i położenia przestrzennego kadłuba w dowolnej chwili czasu.

Takie podejście narzucało konieczność „zszywania” poszczególnych manewrów i związanych z tym problemów wynikających z faktu, że parametry końcowe manewru wcześniejszego były inne niż parametry początkowe kolejnego manewru. Dotyczyło to w szczególności niezgodność kursu śmigłowca i prędkości lotu. Problemy te rozwiązano zakładając, że pomiędzy kolejnymi manewrami w ciągu 15 sekund prędkość zmienia się liniowo zaś kurs jest „uzgadniany”. „Uzgodnienie” to polegało na przeliczeniu kursu kolejnego manewru – odejmowano jego wartość początkową i dodawano wartość końcową manewru poprzedniego.

Opracowane algorytmy i programy komputerowe pozwalają na efektywne modelowanie lotu pozostawiając duże rezerwy mocy obliczeniowej nawet dla średniej klasy komputerów. Jest to szczególnie istotne w przypadku wykorzystania ich jedynie jako fragmentu oprogramowania realizującego większe zadanie *uniwersalnego programowalnego celownika-trenażera*.

Na podkreślenie zasługuje też prostota procedur pozwalających na generowanie niepowtarzalnych warunków początkowych dla każdego z lotów. Pozwala to na uzyskanie jednakowego prawdopodobieństwa pojawienia się obiektów w różnych miejscach przestrzeni i na nieograniczoną różnorodność otrzymanych trajektorii lotu.

#### **Abstract**

A numerical method of modelling of helicopter motion dynamics is described in this paper. This method is applied for a sight simulator used for anti-aircraft systems. The set of motion equations of this object is determined and the method of stochastic generation of its trajectories is shown. Exemplary results of numerical simulations are presented.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Wiesław SOBIERAJ (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **BADANIA WŁASNOŚCI DYNAMICZNYCH BOMBY LOTNICZEJ O WAGOMIARZE 100 KG ZRZUCANEJ Z SAMOLOTU**

### **TESTING OF DYNAMIC PROPERTIES OF 100 KG AIR-DROPPED AERIAL BOMBS**

**Andrzej ŻYLUK, Zygmunt WINCZURA**  
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych  
Air Force Institute of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Praktyka badań lotniczych środków bojowych (lśb) wykazała, że stosowany proces badawczy przewiduje następujące sposoby badań:

- badania teoretyczne, za pomocą modeli cyfrowych i symulacji komputerowej;
- badania doświadczalne, naziemne i w locie na modelach materialnych i obiektach rzeczywistych.

Często praktyczna realizacja badań wymusza inne podejście, mieszany sposób badań. Ma to miejsce w przypadku pozyskiwania danych do modelu symulacyjnego np. badania aerodynamiczne w tunelu, wyznaczenie charakterystyk masowych modelu materialnego lub obiektu rzeczywistego. Należy zauważyć, że funkcjonujące w innych armiach procedury badawcze prezentują analogiczne podejście do badań.

W procesie badania i oceny (ang. Test and Evaluation Process w skrócie T & E Process) sprzętu lotniczego w Siłach Powietrznych USA mają zastosowanie określone unormowane procedury (oparte na naukowych podstawach), które pasują do wszystkich rodzajów badań (prób, testów), z włączeniem badań (prób) wykonywanych w fazie rozwoju danego sprzętu, prób operacyjnych i połączonych. Wprowadzono je do praktyki dokumentem o nazwie „Instrukcja badań i oceny sprzętu lotniczego” (ang. Air Force Instruction (AFI) 99-103, Test and Evaluations)."

Procedura ta przewiduje następujące sposoby badań i oceny uzbrojenia, w tym środków bojowych, z wykorzystaniem różnych środków wspomagających:

- badania za pomocą modeli cyfrowych i symulacji komputerowej;
- laboratoryjne badania integracji systemu uzbrojenia;
- badania z komputerem w pętli;
- badania poligonowe.

Należy podkreślić, że podjęcie tej problematyki wynika z prac dotyczących eksploatacji systemów uzbrojenia, eksploatacji rozumianej szeroko, począwszy od projektowania nowych rozwiązań, a skończywszy na przedłużaniu ресурсu technicznego po okresie gwarancyjnym. Jednym z etapów badania lśb są badania charakterystyk dynamicznych bomby lotniczej.

W artykule przedstawiono badania bomby lotniczej. Zaprezentowano niektóre wyniki badań teoretycznych, aerodynamicznych i w locie.

### Wnioski

Analiza wyników przeprowadzonych badań umożliwiła przedstawienie następujących wniosków.

1. Opracowany model charakteryzuje się:
  - możliwością badań układów z uwzględnieniem ich złożoności konstrukcyjnej, zmian parametrów wejściowych, oddziaływania otoczenia itp. z dokładnością dostateczną dla większości zadań praktycznych, będących przedmiotem analizy;
  - możliwością identyfikacji parametrów;
  - łatwością w posługiwaniu się modelem;
  - szerokim zakresem możliwości badawczych i ich zastosowań;
  - łatwością modyfikacji modelu dzięki ogólności jego opisu.
2. Uzyskane wyniki badań symulacyjnych zostały zweryfikowane w praktyce. Dokładność metod sprawdzono bezpośrednio przez weryfikację przeprowadzoną na obiektach rzeczywistych, tzn. już eksploatowanych lub na prototypach. Weryfikację wniosków wyprowadzonych z badań symulacyjnych traktowano jako sprawdzian poprawności opracowanych modeli.
3. Symulacja procesu oddzielenia wykazała, że odejście bomby od samolotu przebiega poprawnie, bezkolizyjnie i nie zagraża bezpieczeństwu nosiciela.
4. W wyniku symulacji trajektorii wyznaczono:
  - tor lotu bomby;
  - zmianę prędkości na torze lotu;
  - zmianę kąta pochylenia na torze lotu, a w tym kąt upadku;
  - przebieg kątów natarcia bądź ślizgu na torze.
5. Analiza dynamiki ruchu bomby wykazała, że jest ona stateczna na torze lotu.
6. W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskano:
  - czas charakterystyczny bomby  $\Theta = 21,3$  s;
  - prędkość graniczną (charakterystyczną)  $V_{\Theta} = 260$  m/s.

### Abstract

The intended aim of the paper is to discuss some aerial bomb tests. Some findings of analytical studies, as well as aerodynamic and flight tests have been presented

### Conclusions

- 1) The generated model is capable of analysing any aerial bomb of any structure, with accuracy sufficient to solve practical problems.
- 2) Results of simulation-based analyses have been verified in flight tests. Basic ballistic characteristics of the bomb have been found.

Recenzent:

dr hab. inż. Krzysztof SIBILSKI (Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych)

## **BADANIA POLIGONOWE DYNAMICZNYCH OBCIĄŻEŃ ATRAP MIN**

### **FIELD-TESTS OF DYNAMIC LOADS' TO EXPERIMENTAL MODEL OF ANTI-TANK MINES**

**Tadeusz PRZYCHODZIŃ\*, Piotr SPRAWKA\*\***

\* Instytut Budowy Maszyn, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Mechanical Engineering, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\*Instytut Systemów Uzbrojenia, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Armament Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Rozwiązania konstrukcyjne dotychczas stosowanych trałów udarowych bazują na wykorzystaniu energii wirujących mas do unieszkodliwienia min przeciwpancernych przez zniszczenie ich konstrukcji, inicjację wybuchu lub odrzucenie poza pas przejazdu pojazdu torującego. Do realizacji tych celów w przypadku min zakopanych w gruncie stosuje się najczęściej zawieszane na wirujących łańcuchach bijaki o różnych kształtach, np. kule, dzwony, płyty czy nawet same łańcuchy nie zakończone (obciążone) dodatkową masą. Oddziaływanie tych bijaków polega na uderzeniu miny posadowionej w gruncie lub wykopaniu jej za pomocą bijaka i odrzuceniu przed trał lub na bok.

W referacie przedstawiono opis konstrukcji i budowę oraz podstawowe parametry elementarnej sekcji modelu doświadczalnego trału bijakowego. Podano opis stanowiska pomiarowego wraz z metodyką badań oraz wybrane wyniki z badań poligonowych.

#### **Wnioski**

Sekcja elementarna trału bijakowego umożliwia badanie wpływu rodzaju i grubości warstwy gruntu nad miną na przenoszenie obciążenia z powierzchni gruntu na jej pokrywę. Istnieje możliwość zmiany takich parametrów, jak: prędkość jazdy maszyny-nośnika elementarnej sekcji trału bijakowego, prędkości obrotowej jego rotora, masy i kształtu bijaków przy różnych wariantach i głębokościach ustawienia atrap min i różnych właściwościach gruntu, promienia dynamicznego.

Prędkość obrotowa rotora wpływa nie tylko na energię bijaków, ale również na dokładność i efektywność trałowania i jest zależna od prędkości jazdy maszyny-nośnika trału, oraz traconej energii podczas uderzenia. Wielkość masy bijaków zależy od ich kształtu – im mniejsze pole powierzchni oddziaływania bijaka na grunt, tym mniejsza może być skuteczna masa bijaka.

Z przedstawionych analiz doświadczeń polowych wynika, że tylko osiowe obciążenie - siłą dynamiczną miny przykrytej warstwą może spowodować jej detonację. Wartość siły potrzebnej do zdetonowania miny rośnie wraz ze wzrostem grubości warstwy gruntu nad miną.

### **Abstract**

In this paper the description of design of elementary unit of experimental model of flail-type mine clearance device and main parameters of it are presented. There are submitted methodology of field-tests of loads' effectiveness applied to experimental model of anti-tank mines and description of measuring position. The results, their analysis and conclusions from the preliminary field-tests are presented.

### **Conclusions**

The developed elementary section of flail minesweeper facilitates examinations of the influence of type, state and thickness of the soil cast on transmission of the load from the surface of ground to the lid of the mine fuse.

The possibilities of changing the loading mass, the rotational velocity of mechanism make it possible to select experimentally the dimensions and the shape of the minesweeper beaters that exert dynamic impact on the mines.

The comparisons of parameters of the majority of antitank mines with those of the developed test models give the basis to formulate the conclusion that the models are sufficiently accurate representations – as far as research purposes are concerned – of most frequently used combat antitank mines.

The developed test mines, as well as the sensors of vertical stresses in the ground, can be also used for measurements of impacts exerted on the ground by heavy machinery and other objects set on the surface of ground during execution of their working processes.

Recenzent:

dr hab. inż. Stanisław CUDZIŁO (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **UPROSZCZONA METODA OBJĘTOŚCI SKOŃCZONYCH W ZASTOSOWANIU DO ROZWIĄZANIA PROBLEMU GŁÓWNEGO BALISTYKI WEWNĘTRZNEJ**

### **SIMPLIFIED METHOD OF FINITE VOLUMES IN USE TO SOLUTIONS OF INTERNAL BALLISTICS PROBLEMS**

**Marek RADOMSKI**

Instytut Mechaniki i Konstrukcji, Politechnika Warszawska  
Institute of Mechanics and Design, Warsaw University of Technology

#### **Streszczenie**

W literaturze prezentowane są obecnie bardzo zaawansowane modele matematyczne opisujące zagadnienie miotania pocisku w broni palnej [np. 1, 2, 3]. Modele te uwzględniają bardzo wiele zjawisk zachodzących w przestrzeni zapociskowej, w tym niejako standardowo wielowymiarowy przepływ wielofazowy. Komputerowa mechanika płynów dostarcza natomiast narzędzi niezbędnych do rozwiązania tak sformułowanych zagadnień matematycznych.

W pracy przedstawiono uproszczoną metodę objętości skończonych pozwalającą modelować przepływ, w którym występują jedynie fale zgęszczeniowe i rozrzedzeniowe o małej intensywności. Zamieszczono przykładowe wyniki obliczeń dla działa Lagrangea oraz armaty kal. 35 mm strzelającej pociskiem FAPDS, które porównano z wynikami otrzymanymi za pomocą metody Godunowa.

#### **Wnioski**

Przedstawione wyniki testów numerycznych wskazują, że uproszczona metoda objętości skończonych dość dobrze opisuje przepływ mieszaniny gazowo-prochowej w przestrzeni zapociskowej, gdy zjawiska falowe charakteryzują się niezbyt dużą intensywnością. Brak możliwości badania zjawisk falowych o dużej intensywności jest oczywiście istotną wadą prezentowanej metody. Podczas testów numerycznych stwierdzono ponadto, że czas obliczeń wykonywanych metodą Godunowa był średnio około stukrotnie krótszy, od czasu obliczeń uproszczoną metodą objętości skończonych. Z uwagi jednak na zadowalającą dokładność wyników obliczeń otrzymywanych tą metodą oraz łatwość jej implementacji na mikrokomputerze klasy IBM PC, uznano, że celowym jest jej upowszechnienie.

#### **Abstract**

A simplified method of finite volumes, for fluid flow with limited waves, has been developed. The results of calculations for Lagrange gun and 35 mm cannon, with FAPDS cartridge projectile, with results obtained by Godunov methods, has been compared. The calculation results, for developed method, were in good agreement with Godunov method and experiment.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Maciej BOSSAK (Politechnika Warszawska)

## **BADANIA SYMULACYJNE WPŁYWU CHARAKTERYSTYK KONSTRUKCYJNYCH BRONI Z ODPROWADZENIEM GAZÓW NA NAPĘD POCISKU I SUWADŁA**

### **SIMULATION INVESTIGATIONS OF INFLUENCE OF GAS OPERATED WEAPON PROPERTIES ON MOTION OF BULLET AND SLIDE**

**Zbigniew SURMA, Stanisław TORECKI, Ryszard WOŹNIAK**

Instytut Elektromechaniki WMT, Wojskowa Akademia Techniczna  
Military University of Technology, Faculty of Mechatronics, Institute of Electromechanics  
Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Broń automatyczna jest obecnie najpowszechniej używanym rodzajem broni palnej na świecie, a spośród niej dominującą rolę odgrywa broń działająca na zasadzie odprowadzenia części gazów prochowych przez boczny otwór w lufie.

Projektując lub oceniając broń tego typu należy brać pod uwagę pewne efekty charakterystyczne jej dynamiki, nie występujące w broni działającej na innych zasadach, a zwłaszcza odrzutu (zamka lub lufy). Do takich efektów można zaliczyć m.in. wpływ odprowadzenia gazów prochowych na ciśnienie w przestrzeni zapociskowej i prędkość wyrzeliwanych pocisków.

W artykule przedstawiono model fizyczny i matematyczny jednoczesnego napędu pocisku i suwadła w broni automatycznej, działającej na zasadzie odprowadzenia części gazów prochowych przez boczny otwór w lufie. Zaprezentowano metodę numerycznego rozwiązania równań jednoczesnego napędu pocisku i suwadła oraz niektóre możliwości jej wykorzystania do symulacji pracy broni rozpatrywanego typu. Za pomocą opracowanego programu przeprowadzono badania symulacyjne wpływu parametrów konstrukcyjnych układu na podstawowe charakterystyki balistyczne strzału oraz początkowy ruch suwadła.

#### **Wnioski**

1. Wyniki wykonanych obliczeń potwierdzają stosunkowo szerokie możliwości konstrukcyjnego programowania i korygowania charakterystyk początkowego ruchu suwadła poprzez dobieranie lub zmienianie stosownych wielkości geometryczno-masowych broni działającej na zasadzie odprowadzenia części gazów prochowych przez boczny otwór w lufie. Na uwagę zasługują zwłaszcza:

- znaczący wpływ umiejscowienia w lufie ( $l^0$ ) otworu gazowego na charakterystyki ruchu napędzanego zespołu broni. Jest to spowodowane tym, że ze zmianą  $l^0$  bezpośrednio związane są znaczące zmiany warunków początkowych (ciśnienia  $p^0$  i prędkości  $v^0$ );
- pomijalnie mały wpływ początkowej objętości  $W_k^0$  komory gazowej na badane charakterystyki;
- znikomy (praktycznie pomijalny) wpływ rozpatrywanych parametrów układu na ciśnienie wylotowe gazów i prędkość wylotową pocisku (zmiany względne  $\delta p_w$  i  $\delta v_w$  mniejsze od 1%,).

2. Przeprowadzone obliczenia pokazały, że odprowadzanie części gazów prochowych z przestrzeni zapociskowej przewodu lufy do komory gazowej powoduje tylko nieznaczną zmianę charakterystyk balistycznych strzału. Ciśnienie wylotowe i prędkość wylotowa pocisku w układzie 1 (bez odprowadzania gazów) i 2 (z odprowadzeniem gazów) wynoszą odpowiednio:  $p_{lw}=75,0$  MPa,  $v_{lw}=899,89$  m/s oraz  $p_w=71,57$  MPa,  $v_w=895,45$  m/s. Stąd wynika spadek ciśnienia wylotowego o około 4,6% i prędkości wylotowej pocisku o około 0,5%.

### Abstract

This paper presents physical and mathematical model of simultaneous propulsion of bullet and slide in gas operated automatic firearms. The method of numerical solution of equations of simultaneous, bullet and slide propulsion and some possibilities of using it to operating simulation of this weapon have been shown too. Numerical investigations of influence of structural weapon system parameters on the basic ballistic properties of shooting and initial slide motion have been done.

### Conclusions

Results of accomplished calculations confirm comparatively wide possibilities of constructional programming and correcting of motion slide initial parameters by choosing or changing of suitable geometrical-mass dimensions of the gas-operated weapon. We should pay attention especially to:

- significant effect of gas port location in barrel ( $l^0$ ) on motion parameters of recoiling parts. This is caused, because with change of  $l^0$ , significant changes of initial conditions (pressure  $p^0$  and velocity  $v^0$ ) directly are connected;
- very small effect of initial volume  $W_k^0$  of gas chamber on investigated parameters;
- slender (practically zero) effect of considered parameters of system on muzzle pressure of gases and muzzle velocity of bullet (presented on figures 2 and 3 relative changes:  $\delta p_w$  and  $\delta v_w$  are smaller than 1%).

Calculations showed that outflow of powder gases from volume behind bullet causes only slight change of ballistic parameters of shooting. Muzzle pressure and muzzle velocity of bullet in system 1 (without gas-operated) and system 2 (with gas-operated) are respectively: pressure  $p_{lw}=75,0$  MPa and  $p_w=71,57$  MPa (fall of about 4,6%), velocity  $v_{lw}=899,89$  m/s and  $v_w=895,45$  m/s (fall of about 0,5%).

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Maciej BOSSAK (Politechnika Warszawska)

## **BADANIE WŁAŚCIWOŚCI PLASTYCZNYCH MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH O OBNIŻONEJ WRAŻLIWOŚCI NA BODŹCE MECHANICZNE**

### **THE RESEARCH OF PROPERTIES OF PLASTIC EXPLOSIVES WITH LOWER SENSITIVITY TO MECHANICAL STRESS**

**Andrzej ORZECOWSKI\*, Dorota POWAŁA\*  
Andrzej MARANDA\*\*, Jerzy NOWACZEWSKI\*\***

\*Instytut Przemysłu Organicznego, Warszawa,  
Institute of Industrial Organic Chemistry, Warsaw, Poland

\*\*Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa  
Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie kompozycjami wybuchowymi o obniżonej wrażliwości na bodźce mechaniczne, zarówno do zastosowań wojskowych gdzie uzbrojenie jest narażone na ostrzał, jak i wyrobów cywilnych mogących stać się obiektem działań terrorystycznych.

Do materiałów o niskiej wrażliwości należą między innymi: 3-nitro-1,2,4-triazol-5-on (NTO), triaminotrinitrobenzen (TATB), nitroguanidyna (NGU), diaminodinitroetylen (FOX-7). Ze względu na posiadanie odpowiednich właściwości, jak również stosunkowo niskie koszty surowców wyróżnia się NTO oraz NGU. Synteza NTO jest stosunkowo prosta, a krystalizacja daje możliwość uzyskania grubokrystalicznych, sferycznych cząstek. Badania nad właściwościami PBX z dodatkiem NTO przedstawiono w pracy. NGU podobnie do NTO jest materiałem prostym do otrzymania i krystalizowania, co jest trudniejsze w przypadku TATB.

W pracy opisano badania małowrażliwych plastycznych materiałów wybuchowych (PMW) wygodnych do elaboracji i nietoksycznych, których zwiększenie odporności na bodźce mechaniczne – bez pogarszania innych parametrów wybuchowych – osiągnęto przez dodawanie odpowiednich ilości małowrażliwych materiałów wybuchowych (MW takich jak 3-nitro-1,2,4-triazol-5-on (NTO) i nitroguanidyna (NGU). W pracy zamieszczono wyniki pomiarów następujących parametrów przygotowanych PMW: prędkości detonacji, nadciśnienia i impulsu fali podmuchowej oraz wrażliwości na uderzenie.

#### **Wnioski**

Opracowano nowe składy ilościowe PMW z dodatkiem NTO i nitroguanidyny. Otrzymane formy krystaliczne NTO i NGU nie utrudniają ich technologicznego przerobu podczas wytwarzania plastycznych MW.

Wzrost zawartości NTO i NGU w PMW pomimo wzrostu gęstości powoduje spadek prędkości detonacji próbek PMW. Próbki o zawartości powyżej 80 % NTO i NGU nie detonują, co jest wynikiem dużej średnicy krytycznej i granicznej tych materiałów.

Wzrost zawartości NTO i NGU w PMW powoduje spadek nadciśnienia i impulsu fali uderzeniowej, a także niezbyt duży, ale korzystny spadek wrażliwości na uderzenie.

### **Abstract**

This paper describes researches of low sensitive plastic explosives. These explosives based on hexogen with additive 3-nitro-1,2,4-triazol-5-one (NTO) and nitroguanidine (NQ). NTO and NQ are commonly accepted as components of explosive compositions due to their relatively high performance and low sensitivity to mechanical stresses.

Detonation velocity, blast wave overpressure and blast wave impulse of these composition were investigated. The impact sensitivity of these explosives was also tested.

### **Conclusions**

We worked out the method of obtaining plastic explosives with NTO and NQ. The crystalline form and particle size distribution of these additives enable their practical application in plastic compositions.

The increase of nitroguanidine and 3-nitro-1,2,4-triazol-5-one content generates the decrease of detonation velocity, and the plastic explosives containing above 80 % NTO and NQ not detonated, because of critical diameter.

The growth of NTO and NQ content generates the decrease of blast wave overpressure and blast wave impulse. The sensitivity to impact also increases with the growth of NTO and NQ content.

Recenzent:

dr hab. inż. Stanisław CUDZIŁO (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **BADANIE CIEPŁA DETONACJI MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH W BOMBIE KALORYMETRYCZNEJ**

### **DETERMINATION OF THE DETONATION HEAT OF EXPLOSIVES BY THE USE OF A CALORIMETRIC BOMB**

**Dariusz GAŁĘZOWSKI, Waldemar A. TRZCIŃSKI, Marcin SIWIRSKI**

Institut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Elektromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W pracy przedstawiono nowe stanowisko badawcze do kalorymetrycznego pomiaru ciepła detonacji materiałów wybuchowych. Konstrukcja bomby kalorymetrycznej umożliwia wykonanie pomiaru ciepła detonacji ładunków o masie kilkudziesięciu gramów. Wyznaczono stałą kalorymetryczną układu i określono warunki pomiaru ciepła detonacji. Zbadano wpływ zapalnika oraz ciśnienia gazu obojętnego wypełniającego bombę na całkowity efekt cieplny detonacji. Wyznaczono ciepło detonacji wybranych kruszących materiałów wybuchowych.

#### **Wnioski**

Analiza eksperymentalnych i teoretycznych rezultatów pracy pozwala na sformułowanie następujących głównych wniosków:

- 1) Potwierdzono podaną w literaturze tezę, że ciśnienie początkowe gazu ma wpływ na wielkość efektu cieplnego powstałego w wyniku detonacji materiału wybuchowego wewnątrz bomby kalorymetrycznej. Zgodnie z tą tezą wyższe ciśnienie początkowe gazu powoduje wzrost ciepła detonacji materiału wybuchowego.
- 2) Zmiana ciśnienia powoduje nieliniową zmianę wartości wydzielonego ciepła. W zakresie  $\sim 1,0 \div 2,2$  MPa jednostkowa zmiana ciśnienia azotu powoduje dużo mniejsze zmiany efektu cieplnego niż taka sama zmiana ciśnienia azotu w zakresie  $0,1 \div 1,0$  MPa.

#### **Abstract**

In the paper a new calorimetric system for measurements of the heat of detonation of explosive charges of a few dozen gram in mass (TNT equivalent) is presented. The thermal equivalent of the instrument was determined by burning about 7 g of benzoic acid with purified oxygen at a pressure of 2,0 MPa. Next the experimental conditions under which the measured heat effects were close to detonation heats were determined. The contribution of the heat produced by the fuse in the total measured heat was estimated by firing charges with different mass. Finally the influence of the initial pressure in the calorimetric bomb on the heat of detonation was determined.

Recenzent:

dr hab. inż. Bogdan ZYGMUNT (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **ANALIZA CHARAKTERYSTYK BALISTYCZNYCH ĆWICZEBNEJ AMUNICJI PISTOLETOWEJ NA PRZYKŁADZIE NABOJÓW KALIBRU 9x19 mm PARABELLUM**

### **ANALYSIS OF BALLISTIC PROPERTIES OF TRAINING AMMUNITION FOR EXAMPLE OF CARTRIDGES 9x19 mm PARABELUM**

**Wojciech FURMANEK\*, Józef GACEK\*, Jacek KIJEWSKI\*, Antoni SROKA\*\***

*\*Wojskowa Akademia Techniczna*

*Military University of Technology, Warsaw, Poland*

*\*\*Zakłady Metalowe MESKO S.A.*

*Metal Works MESKO, Skarzysko Kamienna, Poland*

#### **Streszczenie**

W amunicji ćwiczebnej bardzo ważnym parametrem charakteryzującym jej przydatność do szkolenia na skróconych strzelnicach i innych obiektach nie mających wyznaczonych stref bezpieczeństwa jest donośność maksymalna pocisku. O ile jego kształt i masa, wraz z określoną na poszczególnych odległościach od wylotu z lufy prędkością, decydują o sposobie i efektach ewentualnego oddziaływania na cel, o tyle donośność maksymalna określa możliwość wystąpienia takiego oddziaływania do tej właśnie odległości. Tak więc parametr ten określa minimalną graniczną odległość, do jakiej powinna sięgać strefa bezpieczeństwa, w przeciwieństwie do stref niebezpiecznych, które mogą wyznaczać znacznie mniejszy rejon, gdzie amunicja strzelecka posiada energię kinetyczną wystarczającą do skutecznego rażenia siły żywej.

W referacie przedstawiono charakterystykę pistoletowej amunicji ćwiczebnej oraz niektóre wyniki badań z zakresu balistyki wewnętrznej, zewnętrznej i końcowej wybranych pistoletowych naboju ćwiczebnych.

#### **Wnioski**

Podsumowując przeprowadzone dotychczas badania należy stwierdzić, że jako amunicja o ograniczonej strefie rażenia (rykoszetowanie, wielkość energii oddziaływania na kolejny cel) najbardziej nadają się naboje z wgłębieniem wierzchołkowym i zaprogramowanym sposobem odkształcania się oraz naboje z fragmentującym się pociskiem, w których należy nieco „osłabić” spiek, z którego są wykonane, po to by fragmentacja następowała na „słabszych” przegrodach (o niższych właściwościach wytrzymałościowych). Lepszym rozwiązaniem byłoby też zastosowanie pocisku o stożkowym kształcie części wierzchołkowej. Polepszyłoby to fragmentację, zmniejszyło podatność na rykoszetowanie i zmieniło na bardziej korzystny kształt toru lotu pocisku.

#### **Abstract**

It profile of gun training ammunition as well as some results of investigations in report were introduced was with range of internal ballistics, external and final chosen gun training ammunition.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam JACKOWSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **BADANIE WPLYWU GEOMETRYCZNEGO POŁOŻENIA ZAPALNIKA I MASY JEGO ŁADUNKU WTÓRNEGO NA WYNIKI TESTU WYBUCHU PODWODNEGO**

### **INVESTIGATION OF DETONATORS EXPLOSIVE CHARGES AND GEOMETRIC POSITION ON UNDERWATER TEST RESULT**

**Józef PASZULA, Mariusz SOLTYS**

Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Elektromechanics, Military University of Technology Poland

#### **Streszczenie**

Wybuch pod wodą generuje falę uderzeniową i pęcherz produktów gazowych. Pęcherz gazowy pod wodą podlega silnie tłumionym kolejnym pulsacjom. Pomiar ciśnienia fali uderzeniowej oraz czasu pomiędzy pierwotną falą uderzeniową i pierwszą pulsacją pęcherza gazowego pozwala określić energię fali uderzeniowej oraz energię pęcherza gazowego. Parametry te pozwalają nam na porównanie badanych zapalników z zapalnikami wzorcowymi.

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów energii wybuchu spłonek wzorcowych w teście wybuchu podwodnego. Przeprowadzono analizę wpływu masy materiału wybuchowego badanych spłonek oraz ich geometrycznego położenia w układzie pomiarowym na wyniki pomiarów. Sformułowano wnioski dotyczące procedur eksperymentalnych badania zdolności inicjujących zapalników w teście wybuchu podwodnego oraz wpływu czynników na obliczane na podstawie testu energie wybuchu.

#### **Wnioski**

Przedstawione wyniki pomiarów pozwalają stwierdzić, że proponowany przez normę UE test wybuchu podwodnego jako jeden z testów określania zdolności inicjującej zapalników jest dobrą metodą określania wpływu różnego rodzaju czynników na tę zdolność. Metoda wybuchu podwodnego stosowana jako test zdolności do wykonania pracy dla materiałów wybuchowych, w typ przypadku pozwala obliczyć energię jaka zostaje uwolniona podczas wybuchu zapalnika pod wodą. Energia ta może być traktowana jako zdolność inicjująca badanych zapalników.

Metoda wiernie odwzorowuje wzrost masy ładunku materiału wybuchowego. W celu zminimalizowania wpływu niedokładności położenia zapalnika w układzie na wyniki pomiaru, należy stosować przynajmniej dwa czujniki ciśnienia i obliczać wartość średnią.

#### **Abstract**

Results of investigations of parameters of an underwater test have been presented in this work. The influence mass of detonators explosive charges and they position on the bubble and primary shock waves energy has been establish. Conclusion of test correctness and some results of underwater test initiating capability for series of detonators have has been formulated and presented.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Waldemar A. TRZCIŃSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## KONCEPCJA METODYKI WYZNACZANIA STREF BEZPIECZEŃSTWA DLA STRZELNIC GARNIZONOWYCH

### CONCEPTION OF METHODOLOGY OF SAFETY ZONES DETERMINATION FOR GARNISON RIFLE RANGES

**Józef GACEK\*, Marek GAŚSIOROWSKI\*, Jan TITONI\*\***

\*Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Electromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\*Akademia Bydgoska

Bydgoszcz Academy, Bydgoszcz, Poland

#### Streszczenie

W pracy przedstawiono rozważania dotyczące analizy stref bezpieczeństwa strzelnic garnizonowych. Rozważania teoretyczne zilustrowano wynikami badań symulacyjnych przeprowadzonych z pociskiem karabinowym 7,62 x 54R dysponującym największą energią na torze lotu. Zaproponowano zbiór wytycznych do zbudowania strzelnicy wymagającej stref bezpieczeństwa o zmniejszonych wymiarach.

#### Wnioski

Przeprowadzone badania i analizy wykazały, że bezpośrednie wydostanie się pocisków ze strzelnic spowodowane jest głównie niewłaściwą konstrukcją stanowiska strzeleckiego (wymuszona postawa strzelecka) oraz zbyt małą liczbą i w niewłaściwy sposób usytuowanych przesłon. Istotnym w tym przypadku jest brak powiązania pomiędzy tymi elementami. Wydostawanie się poza rejon strzelnicy odbitek rykoszetów spowodowane jest niewłaściwym rozmieszczeniem kulochwytyń dolnych, ich wysokością oraz umieszczenie w podsystemie strzelań elementów wywołujących rykoszety tj. wsporniki, osłony urządzeń sterowniczych itp.

W wyniku przeprowadzonych badań sformułowano zbiór wytycznych do zaprojektowania elementów strzelnicy garnizonowej umożliwiający w istotny sposób zmniejszyć wymiary strefy niebezpiecznej. Pokazano na rysunku schemat proponowanych zmian dla „bezpieczniejszej” strzelnicy 300[m] oraz schemat ilustrujący proponowane zmiany w konstrukcji kulochwyty głównego.

Przewiduje się, że nowobudowana lub zmodernizowana strzelnica garnizonowa powinna być każdorazowo przed wprowadzeniem do eksploatacji oraz po ustalonym okresie użytkowania poddana badaniom sprawdzającym.

#### Abstract

Analysis of safety zones for garrison rifle ranges have been presented in this paper. Theoretical investigations were provided for 7,62x54R ammunition, that disposes huge energy on its trajectory. Results of numerical investigations have given us collection of hints to good design of rifle range with small dimensions of safety zones.

Recenzent:

kmdr dr hab. inż. Jan W. KOBIERSKI (Akademia Marynarki Wojennej)

## **MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ŚRODOWISKA MATLAB-SIMULINK W MODELOWANIU PROCESU ZDALNEGO NAPROWADZANIA RAKIET PLOT NA MANEWRUJĄCY CEL**

### **POSSIBILITY OF APPLYING MATLAB-SIMULINK IN MODELLING THE PROCESS REMOTE DIRECTING ANTI-AIRCRAFT MISSILES ON MANOEUVRING TARGET**

**Józef GACEK, Wojciech KUROWSKI**

Instytut Elektromechaniki, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Electromechanics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Analizę procesu zdalnego naprowadzania pocisków raketowych w rzeczywistych warunkach lotu na manewrujący cel można przeprowadzić metodami teoretycznymi oraz doświadczalnymi. Ze względu na ogromne koszty związane z metodami doświadczalnymi oraz szybkim (ogromnym) postępie, jaki dokonał się w ostatnich latach w technice komputerowej jak i inżynierii oprogramowania obecnie prym wiodą metody teoretyczne. Metody te polegają na budowaniu modelu fizycznego (modelowanie fizyczne) oraz formułowania modelu matematycznego (modelowanie matematyczne), który odpowiada badanemu zjawisku fizycznemu, jakim jest ruch rozpatrywanego pocisku raketowego. Na podstawie opracowanego modelu, metodami symulacji komputerowej można przeprowadzić analizę i syntezę systemu naprowadzania, przy ograniczeniu do minimum metod doświadczalnych niezbędnych do weryfikacji modelu komputerowego.

W niniejszym referacie zostaną przedstawione możliwości wykorzystania programu MATLAB-Simulink do symulacji i analizy systemu zdalnego naprowadzania rakiet przeciwlotniczych na manewrujący cel.

#### **Wnioski**

Zastosowanie pakietu MATLAB do analizy i syntezy układów dynamicznych w przypadku układu zdalnego naprowadzania, znacznie upraszcza zadanie tworzenia nowych algorytmów optymalizujących proces naprowadzania rakiet na manewrujący cel, gdyż pozwala wykorzystywać gotowe bloki, bądź adaptować je do własnych potrzeb.

W czasie budowy wybranego systemu bardziej istotne od automatyzacji rutynowych czynności, jest stworzenie platformy wspierającej twórcze myślenie człowieka w dialogu z komputerem. Stąd też stosowane tu systemy i metody komputerowe muszą umożliwić wybór rozwiązań wariantowych oraz weryfikować formułowane hipotezy. Choć w miarę rozwoju nowe podejścia stają się standardowe, a generację rozwiązań można w coraz większym stopniu zautomatyzować, rozwój tego typu oprogramowania, do którego należy MATLAB otwiera wciąż nowe możliwości zastosowań w obszarach, które jeszcze niedawno były nieosiągalne bądź stwarzały wiele problemów.

Szybka ewolucja systemów komputerowych sprawia, że tradycyjne metody ich wykorzystywania w pracach badawczo-rozwojowych i projektowych ulegają różnorodnym zmianom. Zmienia się także cykl rozwijania (modernizacji) produktów, czy uzyskiwania lub weryfikacji wyników badań naukowych. Istotnym czynnikiem zwielokrotniającym możliwości prezentowanego środowiska obliczeniowego jest coraz pełniejsze wspieranie w systemach komputerowych technik wizualizacji i interakcji graficznej a zarazem posiadania odpowiedniego interfejsu użytkownika, przyjaznego i intuicyjnie zrozumiałego. Poprzez syntetyczną prezentację wyników wielu pomiarów, czy symulacji, techniki te umożliwiają dokonanie szybkiej oceny i ewentualne wskazanie istotnych własności, co może stać się podstawą sformułowania nowych hipotez badawczych lub założeń projektowych, a niekiedy pozwala od razu zasugerować nowe, udoskonalone rozwiązania.

#### **Abstract**

This paper presents possibilities of applying modeling the process remote directing anti-aircraft rocket . Authors describing structure of remote directing system, equation of rocket movement in fluent atmosphere conditions and way of preparing rocket steering signals in MATLAB-Simulink.

Bez recenzji

Artykuł wpłynął do Komitetu Organizacyjnego 12.08.2004 r.

## **BADANIA ODPORNOŚCI NIEKTÓRYCH MATERIAŁÓW ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH STRZELNIC NA PRZEBICIE POCISKIEM STRZELECKIM**

### **STUDY OF RESISTANCE OF SOME CONSTRUCTION MATERIALS USED IN SHOOTING RANGES ON PENETRATION BY BULLET**

**Józef GACEK\*, Jan TITONI \*\*, Ryszard WOŹNIAK\***

\*Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki

Military University of Technology, Faculty of Mechatronics, Warsaw, Poland

\*\* Akademia Bydgoska, Wydział Matematyki, Techniki i Nauk Przyrodniczych

Bydgoszcz Academy, Faculty of Mathematics and Science, Bydgoszcz, Poland

#### **Streszczenie**

Problematyka odporności materiałów budowlanych na przebicie pociskiem karabinowym lub pistoletowym nie jest ogólnie znana, a wiadomości źródłowe z tego zakresu, z uwagi na niejawność, są trudno osiągalne.

Obiekty (strzelnice), na których używa się małokalibrowej broni palnej do celów szkoleniowych, treningowych i badawczych, wymagają specyficznych zabezpieczeń przed negatywnym oddziaływaniem na otoczenie pocisków wystrzeliwanych z tego typu broni.

Celem publikacji jest przedstawienie wyników badań niektórych materiałów budowlanych, stosowanych do wytwarzania elementów konstrukcyjnych strzelnic, na przebicie pociskiem karabinowym kalibru 7,62x54R mm wystrzelonym z odległości 100 m z prędkością początkową ok. 820 m/sek.

Dobór powyższych parametrów nie jest przypadkowy, lecz wynika z warunków jakie określono w rozporządzeniu ministra Obrony Narodowej. W rozporządzeniu tym, wydanym na podstawie upoważnienia zawartego w ustawie „*Prawo Budowlane*”, zdefiniowano wymagane odporności na przebicie budowli i elementów konstrukcyjnych strzelnic garnizonowych.

Przepisy rozporządzenia określają wymaganą odporność na przebicie ustaloną doświadczalnie. Zdefiniowano także pojęcie doświadczalnej odporności na przebicie, która powinna być rozumiana jako niespowodowanie rys lub pęknięć na płaszczyźnie przeciwległej do płaszczyzny ze śladem wlotowym, przy trafieniu pod kątem prostym pociskiem naboju karabinowego wystrzelonego w sposób opisany wyżej.

Mając na względzie zapewnienie praktycznej możliwości wykonania postanowień rozporządzenia, a szczególnie udokumentowanej wiedzy o odporności wybranych materiałów na przebicie pociskiem karabinowym (pociskiem o największej energii kinetycznej, ze wszystkich karabinowych pocisków strzeleckich) w Instytucie Techniki Uzbrojenia WAT w Warszawie przeprowadzono w 2000 roku badania niektórych materiałów budowlanych według wymagań określonych, w będącym w tym czasie w studium opracowywania, rozporządzeni. Celem badań było również porównanie faktycznej odporności różnych materiałów budowlanych na przebicie w stosunku do wyników uzyskanych drogą obliczeń teoretycznych przy zastosowaniu znanych metod obliczeniowych.

### **Wnioski**

1. W wyniku przeprowadzonych badań uznano, że jednokrotną odpornością na przebicie pociskiem karabinowym wystrzelonym z odległości 100 m z  $V_0 \sim 820$  m/s charakteryzują się następujące grubości wybranych materiałów budowlanych
  - blacha stalowa St0 lub St3S – 12 mm,
  - beton klasy B15 – 200 mm,
  - mur z cegły ceramicznej pełnej klasy 15 – (15÷260) mm.
2. Stosowanie w konstrukcji strzelnic materiałów, wybranych jedynie na podstawie znanych ich ogólnych charakterystyk, oraz parametrów uzyskanych drogą obliczeń może w wielu przypadkach okazać się błędne.
3. Celowe jest przeprowadzenie analogicznych badań innych materiałów możliwych do zastosowania do wytwarzania elementów konstrukcyjnych strzelnic. Nie rozpoznano bowiem jeszcze przydatności do tego celu szerokiego zbioru mas plastycznych, innych gatunków stali, innych klas betonów, betonu zbrojonego, naturalnych materiałów mineralnych w formie luźnej lub zagęszczonej, drewna i materiałów drewnopodobnych, konstrukcji warstwowych (z przerwą lub bez przerwy), konstrukcji przekładkowych, klejonych itp.

### **Abstract**

Theoretical consideration and research works on resistance of some construction materials on penetration by bullet in this paper are presented. Comparison real hardness of construction materials to results of calculation was executed.

Recenzent:

kmdr dr hab. inż. Jan W. KOBIERSKI (Akademia Marynarki Wojennej)

## ZINTEGROWANY SYSTEM NAWIGACJI OKRĘTU PODWODNEGO

### INTEGRATED NAVIGATION SYSTEM FOR SUBMARINE

**Jerzy GARUS, Bogdan ŻAK**

Wydział Mechaniczno-Elektryczny, Akademia Marynarki Wojennej  
Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Naval University, Gdynia, Poland

#### Streszczenie

Przedmiotem prac badawczo-rozwojowych było opracowanie i budowa prototypu zestawu komputerowego, przeznaczonego do automatyzacji procesu prowadzenia nawigacji na okrętach podwodnych oraz usprawnienia dystrybucji danych nawigacyjnych do innych systemów okrętowych, w tym systemu kierowania uzbrojeniem. Ze względu na konieczność zapewnienia bieżącego określania danych nawigacyjnych w oparciu o informacje z aktualnie dostępnych na okręcie podwodnym systemów i urządzeń nawigacyjnych oraz zobrazowania ruchu okrętu i obiektów śledzonych na elektronicznej mapie nawigacyjnej, do realizacji projektu została wykorzystana przemysłowa, komputerowa stacja robocza wyposażona m. in. w specjalizowane oprogramowanie elektronicznej mapy nawigacyjnej ECDIS. Prototyp systemu otrzymał roboczą nazwę SNOP-1 (System Nawigacyjny Okrętu Podwodnego).

#### Wnioski

Zestaw SNOP-1, w charakterze prototypu, testowano podczas rutynowych rejsów okrętów podwodnych. Dotychczasowi użytkownicy, nawigatorzy z tych jednostek, zgodnie oceniają, że realizacja przedstawionego w niniejszym referacie projektu i wdrożenie na nasze okręty podwodne zintegrowanych systemów nawigacyjnych zmniejsza dystans do stanu techniki na porównywalnych okrętach państw NATO. Ich też i naszym zdaniem, wdrożenie tego rodzaju systemów wspomagania nawigatora przyczynia się do zwiększenia rzetelności i dokładności prowadzenia nawigacji, zwłaszcza podwodnej oraz odciąża nawigatorów od żmudnych obliczeń nawigacyjnych. Prowadzi to niewątpliwie do podwyższenia bojowej efektywności okrętu oraz do zwiększenia bezpieczeństwa pływania.

#### Abstract

The integrated navigation system for submarine SNOP-1 is presented in this paper. Information, that is projected on screens, is split into two parts: information always displayed; information displayed on demand. The first one is connected with data about course, speed and position of the ship, navigation obstacles and a bathymetric situation. The second one is concerned with a navigation situation around the ship and results of executed calculations involved with changes of the parameters of her motion. Additionally the following tasks can be done: detection, recognition and tracing of objects in sea, air and under water by means of technical devices; conducting hydrological and meteorological observation; leading submarine by the coastal water lanes.

Recenzent:

dr hab. inż. Zbigniew KORUBA (Politechnika Świętokrzyska)

## **STRATY POŚREDNIE SPOWODOWANE DZIAŁANAMI MINOWYMI NA MORZU**

### **INDIRECT LOSSES AS A RESULT OF MINES ACTIVITY ON THE SEA**

**Jerzy GŁĘBOCKI**

Zakład Broni Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej  
Naval University, Gdynia, Poland

#### **Streszczenie**

Miny morskie są w stanie razić nie tylko konkretne cele (okręty i statki), ale i destrukcyjnie oddziaływać na gospodarkę oraz produkcję wojenną przeciwnika. Przy masowym ich użyciu mogą w poważnym stopniu utrudnić lub całkowicie przerwać przewozy morskie. Mogą być również instrumentem nacisku politycznego na przeciwnika.

Poniższy artykuł prezentuje wpływ użycia morskiej broni minowej nie jak powszechnie się uważa na bezpośrednie straty w tonażu lecz na ogólnie rozumianą gospodarkę morską. Określone zostały niektóre kryteria opisujące straty pośrednie wynikających z użycia broni minowej oraz przedstawione możliwości szacunkowej oceny tych strat.

#### **Wnioski**

W celu przeprowadzenia analizy strat spowodowanych użyciem uzbrojenia minowego przyjęto i rozpatrzono kryteria ekonomiczne sprowadzające się do oceny strat ekonomicznych armatorów podczas eksploatacji statków w rejonach zagrożonych użyciem min morskich. A co za tym idzie podjęcia środków mających na celu uniknięcie poderwania się na minie poprzez wydłużenie trasy żeglugowej a tym samym ze wzrostem kosztów eksploatacji. Przyjęto do analizy koszty jakie ponosi armator związane z postojem statku na redzie i problemami z jego rozładunkiem czy eksploatacją jednostki podczas przestoju, a także ich wzrost w momencie wystąpienia zagrożenia użycia broni minowej. W czasie wystąpienia zagrożenia minowego armatorzy podejmują decyzje, które mają na celu zmniejszenie ryzyka utraty statku, ładunku i załogi. W takich przypadkach wydłużają oni trasy żeglugowe, ubezpieczają statek, załogę i ładunek, których wartość polisy wzrasta średnio o około 200 %. Są zmuszani do zwiększenia wynagrodzenia załóg za pływanie w rejonach dużego zagrożenia utraty życia, które w zależności od armatora, wzrasta od 100 do 150 %. Wraz z wydłużeniem trasy żeglugowej wzrasta zużycie paliwa o około 300 %. W momencie zablokowania statku na redzie czy w porcie armatorzy ponoszą duże koszty związane z eksploatacją statku, który nie pływa i nie zarabia.

#### **Abstract**

The paper does not present an influence of sea mines weapon on direct losses in tonnage but presents an influence on sea economy. The criterions describing indirect losses as a result of mines weapon using have been determined

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **ZESTAW HIMARS ( HIGH MOBILITY ARTILLERY ROCKET SYSTEM) W SIŁACH ZBROJNYCH STANÓW ZJEDNOCZONYCH**

### **HIMARS (HIGH MOBILITY ARTILLERY ROCKET SYSTEM) IN UNITED STATES ARMED FORCES**

**Mariusz GONTARCZYK, Jarosław ZELKOWSKI, Andrzej GIGA**

Institut Automatykacji Systemów Dowodzenia i Logistyki, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Automation Command System and Logistics, Military University of Technology,  
Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Wprowadzenie zestawu HIMARS do Sił Zbrojnych Stanów Zjednoczonych ma wielkie znaczenie, umożliwia jednostkom szybkiego reagowania wykorzystanie ogromnej siły ognia rakiet systemu MLRS. Jeszcze parę lat temu wprowadzanie nowych systemów broni wymagało wielu lat testów, natomiast w dzisiejszych czasach, przy ogromnym postępie technologicznym czas wprowadzania tych systemów będzie zapewne skrócony do kilku lat.

Dla przykładu w nowoczesnym przyszłym systemie wsparcia oddziałów FCS (Future Combat System) projektowane będą jeszcze dwa inne rodzaje supernowoczesnych pocisków rakietowych typu ziemia-ziemia. Każdy z nich może zostać załadowany na wóz HMMWV, na Strykera, czy przyszłe pojazdy-roboty FCS, ale również przewieziony śmigłowcem Black Hawk, ustawiony na ziemi, zamaskowany i uśpiony. Z takiego modułu odpalane mogą być na sygnał pociski LAM (Loiter Attack Missile) wyposażone w mikrosilniki turbinowe i sztuczną inteligencję. Będą one krążyć we wskazanym obszarze przez 45 minut, przeszukując swoimi sensorami teren w poszukiwaniu przeciwnika. Cele mogą zostać wskazane w locie przez sieć dowodzenia i przesyłania danych. Inne pociski - PAM (Precision Attack Missile) mają mieć zasięg od 5 do 50 km. Te wyposażone będą w zwykle silniki rakietowe i atakować mają wskazane uprzednio obiekty. Masa LAM i PAM utrzymana ma być w granicach 50 kg.

#### **Abstract**

In this paper authors show information concerned entering to US Armed Forces one of the newest artillery rocket system. Implementation of this system is significant because it will be used not only in US Army but also in one of the most conservative service US Marine Corps as one of the leg of the triad systems to make the US Marine Corps more capable and flexible. Because of its size, HIMARS is C-130 transportable, allowing MLRS firepower to be moved rapidly into areas previously inaccessible. System may use wide range of missiles from single six-pack of rockets to one Army Tactical Missile System (ATACMS), with utilization of Global Positioning System (GPS). System has maximum commonality with the M270A1 Fire Control System.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Jerzy R. MŁOKOSIEWICZ (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **ANALIZA STRUKTURY WEWNĘTRZNEJ SYGNAŁÓW Z KLUCZOWANIEM CZĘSTOTLIWOŚCI I FAZY ZA POMOCĄ ODBIORNIKA NATYCHMIASTOWEGO POMIARU CZĘSTOTLIWOŚCI**

### **THE INTERNAL SIGNAL STRUCTURE ANALYSIS OF THE FSK AND PSK SIGNALS USING INSTANTANEOUS FREQUENCY MEASUREMENT RECEIVER**

**Henryk GRUCHAŁA, Mirosław CZYŻEWSKI, Adam SŁOWIK**

Instytut Radiolokacji, Wojskowa Akademia Techniczna

The Institute of Radar Technology, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono możliwość pomiaru chwilowej częstotliwości wybranych złożonych sygnałów impulsowych za pomocą układów natychmiastowego pomiaru częstotliwości. Układy te są ważnym składnikiem urządzeń rozpoznania radioelektronicznego i umożliwiają pomiar częstotliwości nośnej sygnałów mikrofalowych z dużym prawdopodobieństwem przechwytu w szerokim pasmie pracy. Przedstawiono wyniki analizy czasowo-częstotliwościowej pracy omawianych układów z sygnałami złożonymi z kluczowaniem częstotliwości i fazy.

#### **Wnioski**

W wyniku analizy czasowo-częstotliwościowej uzyskano czasowe przebiegi napięć wyjściowych detektorów dokładnego kanału odbiornika natychmiastowego pomiaru częstotliwości. W oparciu o uzyskane wyniki oraz dostępne publikacje można stwierdzić, że możliwa jest analiza struktury wewnętrznej sygnałów FSK i PSK za pomocą odbiornika NPCz. Użyty odbiornik powinien być wielokanałowy w celu zapewnienia odpowiedniej dokładności pomiaru częstotliwości chwilowej.

W pracy odbiornika z analizowanymi typami sygnałów występują pewne zjawiska, niekorzystnie wpływające na proces pomiarowy. Najważniejsze z nich to stosunkowo długi czas opadania detektora mikrofalowego, czego efektem może być błędna praca kanału dokładnego z sygnałem FSK. Drugim ważnym zjawiskiem jest zachodzenie na siebie sąsiednich segmentów sygnału FSK, w wyniku wprowadzanego opóźnienia fazowego. Czas jego trwania może dochodzić do kilkunastu ns w kanale dokładnym. Ważnym w przypadku odbioru sygnału PSK zjawiskiem jest gwałtowna zmiana napięcia wyjściowego detektorów na granicy dwóch segmentów, spowodowana gwałtownym skokiem fazy chwilowej. Zjawiska te zaburzają w pewien sposób proces pomiarowy, należy jednak pamiętać, że najsilniej występują jedynie w dokładnym kanale, w kanałach zgrubnych są one do pominięcia.

### **Abstract**

The analysis capabilities of internal signal structure using instantaneous frequency measurement receiver have been presented in the paper. The IFM receiver can measure instantaneous frequency of the signals in microwave bands, it can measure in broad frequency band with high intercept probability. These receivers are the important element of the electronic reconnaissance systems. The analysis results based on time-frequency method as the detectors output voltages for selected signals have been obtained.

### **Conclusions**

The time-frequency analysis method results as the fine channel detectors output voltages of the instantaneous frequency measurement receiver have been obtained. Basing on analysis results and available publications, it can be said the internal structure analysis of the FSK and PSK signals using IFM receiver is possible. Used receiver should have multichannel structure to provide high precision of the frequency measurement. There are a few disadvantageous phenomenons, which have an influence on the measurement trial. Firstly, the long recovery time of the microwave detectors can cause incorrect measurement process in fine channel for the FSK signal.

Secondly, the phase shift causes the overlapping of the next segments of the FSK signal. The duration of this effect (in the fine channel) can reach up to dozen or so nanoseconds.

The rapid change of the detector output voltages between next segments caused by the rapid change of the instantaneous phase is the important effect in the PSK signal receiving. The phenomenons involve the measurement process worse, but they occur in fine channel only.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam KAWALEC (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **DOWODZENIE OGNIOWE W DZIAŁANIACH NA MORZU**

### **WEAPON ASSIGNMENT AND CONTROL IN NAVY OPERATIONS ON THE SEA**

**Jan W. KOBIERSKI, Michał ADAMSKI**

Instytut Broni Morskich, Akademia Marynarki Wojennej  
Naval University, Gdynia, Poland

#### **Streszczenie**

Przyjmując za punkt wyjścia zasadnicze zadania MW RP wykonywane z użyciem okrętowych systemów broni rakietowej i artylerii oraz warunki wykonywania zadań ogniowych przedstawiono poglądy autorów związane z realizacją procesu dowodzenia ogniowego w działaniach na morzu. Opracowanie zamyka odniesienie do użycia uzbrojenia okrętów w działaniach sieciocentrycznych.

#### **Wnioski**

Dowodzenie ogniowe jest pojęciem z zakresu hierarchicznie najniższego szczebla taktyki MW - taktyki użycia uzbrojenia i środków technicznych. W przypadku uzbrojenia o charakterze ofensywnym dowodzenie ogniowe stanowi ważny etap elementu decyzyjnego w procesie planowania, przygotowania i realizacji zadań ogniowych. Kierowanie ogniem jest tu ostatnim elementem rozbudowanego układu działań. W obronie powietrznej dowodzenie ogniowe może być utożsamiane z TKO i sprowadza się do stawiania zadań ogniowych adekwatnych do rozwoju sytuacji w powietrzu i taktycznej w rejonie działań.

#### **Abstract**

Accepting in point of exit operational tasks of the Polish Navy connected with shipborne weapon systems use, authors opinions connected with weapon assignment and control in navy operations were introduced. Same problems of weapon system control in Network-Centric Warfare was described.

Bez recenzji.

Artykuł wpłynął do Komitetu Organizacyjnego 13.08.2004 r.

## DOŚWIADCZALNE BADANIA LEPKOPLASTYCZNYCH WŁASNOŚCI STOPU ALUMINIUM PA9

### EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF VISCO-PLASTIC PROPERTIES OF PA9 ALUMINIUM ALLOY

**Leopold KRUSZKA \*, Mariusz MAGIER\*\*, Edward WŁODARCZYK\*\*\***

\* Instytut Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Civil Engineering and Geodesy, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\* Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia

Military Institute of Armament Technology, Zielonka, Poland

\*\*\* Wydział Mechatroniki, Wojskowa Akademia Techniczna

Faculty of Mechatronics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### Streszczenie

W pracy przedstawiono rezultaty statycznych i dynamicznych badań wytrzymałościowych stopu aluminium PA9. Lekki stop aluminium PA9 stosowany jest między innymi, na saboty wydłużonych pocisków podkalibrowych.

Badania statyczne wykonano na maszynie wytrzymałościowej typu INSTRON. Badania dynamiczne w zakresie dużych szybkości odkształcenia do  $10^4 \text{ s}^{-1}$  zrealizowano metodą zmodyfikowanego (dzielonego) pręta Hopkinsona. Eksperymenty fizyczne przy bardzo dużych szybkościach odkształcenia osiągających maksymalną wartość  $1,3 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$  wykonano metodą bezpośredniego uderzenia prętem obciążającym badaną próbkę materiału. Na podstawie otrzymanych eksperymentalnych wyników badań dynamicznych stwierdzono, że w obliczeniach inżynierskich można stosować model biliniowy sprężysto - idealnie lepkoplastyczny.

#### Wnioski

Zaprezentowane wstępne wyniki dynamicznych eksperymentów fizycznych pozwoliły na pozyskanie jakościowych informacji dotyczących statycznych i dynamicznych krzywych naprężenie-odkształcenie badanego stopu aluminiowego PA9. Stwierdzono, że materiał ten wykazuje cechy materiału lepkoplastycznego - jest jednak mało wrażliwy na szybkość odkształcenia. Przeprowadzone eksperymenty fizyczne wykazały również, że w zakresie dużych odkształceń, począwszy od 0,2, rośnie wpływ osłabienia termicznego na charakter przebiegu krzywych naprężenie-odkształcenie. Związane jest to z dyssypacją energii, która ma miejsce podczas adiabatycznego procesu deformacji próbek badanego materiału powodując podgrzewanie materiału ściskanej próbki. Zachowanie stopu PA9 można opisać biliniowym modelem sprężysto - idealnie lepkoplastycznym ciała izotropowego z modułem sprężystości (Younga) równym 70 GPa i ekstrapolowanymi granicami plastyczności  $R_{02}$  równymi:  $R_{02s}=675 \text{ MPa}$  dla obciążeń statycznych,  $R_{02dl}=700 \text{ MPa}$  dla obciążeń dynamicznych w zakresie szybkości odkształceń do  $10^4 \text{ s}^{-1}$  i  $R_{02d2}=800 \text{ MPa}$  dla obciążeń dynamicznych w zakresie szybkości odkształceń powyżej  $10^4 \text{ s}^{-1}$ .

### **Abstract**

Static and dynamic results of strength investigations of the PA9 aluminium alloy are discussed in this paper. Static testing was carried out by of the INSTRON testing machine. Dynamic tests have been realized using the split Hopkinson pressure bars techniques at strain rate up to  $10^4 \text{ s}^{-1}$ . The investigations with high strain rate were executed at strain rate about  $1,3 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$  using method of direct impact. On the basis of experimental results obtained from dynamic testing, it is state, that a bilinear elastic - perfectly viscoplastic model can be used in engineering calculations.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam JACKOWSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **WSPÓŁCZESNE MOSTY TOWARZYSZĄCE I SZTURMOWE – WYMAGANIA I ROZWIĄZANIA**

### **CONTEMPORARY MECHANIZED BRIDGES – REQUIREMENTS AND SOLUTIONS**

**Franciszek KUCZMARSKI\*, Jarosław ZELKOWSKI\*\*, Mariusz GONTARCZYK\*\***

\* Instytut Systemów Uzbrojenia, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Armament Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland

\*\* Instytut Automatyzacji Systemów Dowodzenia i Logistyki, Wojskowa Akademia Techniczna

Institute of Command Systems Automation and Logistics, Military University of Technology,  
Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W referacie przedstawiono przeznaczenie oraz charakterystykę współczesnych mostów towarzyszących i szturmowych, a ponadto zidentyfikowano wady i zalety poszczególnych rozwiązań konstrukcyjnych. Dokonano klasyfikacji i identyfikacji mostów towarzyszących i szturmowych oraz podjęto próbę nie tylko nakreślenia tendencji rozwojowych, lecz także określenia wymagań dla tej grupy sprzętu wojskowego.

#### **Wnioski**

Mobilne mosty wojskowe, zarówno szturmowe jak i towarzyszące, stanowią istotny element systemu zapewnienia mobilności wojsk nie tylko na polu walki ale też podczas wykonywania misji pokojowych, a także uczestnictwa w ratownictwie technicznym. Ich rozwój nakierowany jest z jednej strony na wzrost nośności, długości oraz szerokości, z drugiej zaś wymaga się dużej mobilności własnej, zdolności poruszania się po drogach publicznych jako pojazd normatywny. Ograniczenia gabarytowe i masowe wymuszają konieczność stosowania materiałów konstrukcyjnych o bardzo wysokiej wytrzymałości – przy jednoczesnym wymogu: uproszczenia konstrukcji, łatwości użytkowania, obsługi i napraw.

W kraju brak jest mostu spełniającego współczesne wymagania – stąd podjęta przez OBRUM Gliwice i WAT praca dotycząca opracowania całkowicie polskiej konstrukcji mostu towarzyszącego, którego nośnikiem jest ciągnik siodłowy z naczepą. Przyjęty wariant rozwiązania wpisuje się w aktualne tendencje rozwojowe w tej dziedzinie – przedstawione w referacie i może być konkurencyjny dla rozwiązań opracowywanych, bądź wdrażanych w innych państwach.

#### **Abstract**

In the paper authors presented description and application of contemporary mechanized bridges, in addition there were identified advantages and disadvantages of respective constructional solutions. There were executed classification and identification of contemporary bridges not only outlining of development tendency, but also qualifications for this group of equipment.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Aleksander OLEJNIK (Wojskowa Akademia Techniczna)

**KARABINEK MASZYNOWY WZ.2003 JAKO ELEMENT POLSKIEGO  
PRZYSZŁOŚCIOWEGO SYSTEMU BRONI STRZELECKIEJ  
KALIBRU 5,56 mm**

**LIGHT MACHINE GUN TYPE 2003 AS AN ELEMENT OF THE POLISH  
FUTURE SMALL ARMS SYSTEM CALIBRE 5,56 mm**

**Zbigniew LECIEJEWSKI, Ryszard WOŹNIAK**

Instytut Elektromechaniki WMT, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Electromechanics, Faculty of Mechatronics, Military University of Technology  
Warsaw, Poland

**Streszczenie**

Prace nad bronią, które rozpoczęto pod koniec listopada 1998 roku, miały na celu skonstruowanie karabinka maszynowego kalibru 5,56 mm, który wraz z karabinkiem wz.1996 Beryl i subkarabinkiem wz.1996 Mini Beryl, mógłby stanowić przyszłościowy, polski system uzbrojenia strzeleckiego kalibru 5,56 mm.

Koncepcja opracowania takiego systemu nie była niczym nowym i bazowała na rozwiązaniach, które funkcjonowały (i funkcjonują nadal) w czołowych armiach świata (np. USA, Niemcy, Wielka Brytania, Izrael, Austria, Kanada). W proces budowy własnych systemów tego typu mocno zaangażowali się również Czesi, a nawet Rosjanie, którzy dysponują dobrym i sprawdzonym systemem broni kalibru 5,45 mm.

Pod koniec 2003 roku zakończono prace nad prototypowym, polskim karabinkiem maszynowym kalibru 5,56 mm. Opracowano go w ramach projektu celowego nr 4090 (dofinansowanego przez *Komitet Badań Naukowych*) przez zespół, który tworzyli pracownicy Zakładu Konstrukcji Specjalnych i Balistyki (dawny Zakład Konstrukcji i Eksploatacji Broni Palnej) Instytutu Elektromechaniki (dawny Instytut Techniki Uzbrojenia) Wojskowej Akademii Technicznej (wiodący konstruktorzy: kpt. mgr inż. Robert Kamiński i kpt. mgr inż. Mirosław Zahor) oraz Fabryki Broni „Łucznik”-Radom Sp. z o.o. (wiodący konstruktorzy: mgr inż. Andrzej Jęczmyk i mgr inż. Włodzimierz Wysocki).

W referacie przedstawiono genezę powstania, budowę i charakterystykę taktyczno-techniczno-konstrukcyjną 5,56 mm karabinka maszynowego wz.2003 oraz sformułowano wnioski na temat przyszłości broni, jako elementu polskiego, przyszłościowego systemu broni strzeleckiej kalibru 5,56 mm.

**Wnioski**

Przeprowadzone badania zasadnicze karabinków maszynowych wz.2003 w wersji S i D wykazały, że:

- przedstawiona do badań dokumentacja techniczna była kompletna i spełniała wymagania obowiązujące przy wykonaniu partii prototypowej wyrobów, a ukompletowanie broni, jej stan techniczny i podstawowe charakterystyki masowo-gabarytowe odpowiadały wymaganiom zawartym w „*Założeniach Taktyczno-Technicznych*” oraz dokumentacji technicznej,

- karabinki maszynowe wz.2003 spełniły wymagania zawarte w „Założeniach Taktyczno-Technicznych” m.in. w zakresie: działania i bezpieczeństwa obsługi, szybkostrzelności teoretycznej, prędkości początkowej pocisków, celności broni i skupienia pocisków oraz zdolności pociągowych automatyki broni,
- karabinki maszynowe wz.2003 mogą być przedstawione do badań kwalifikacyjnych, przy czym zalecono Wykonawcy broni (Fabryce Broni „Łucznik”-Radom Sp. z o. o. poprawienie jakości wykonania niektórych części broni, poprzez wprowadzenie większej niż dotychczas dyscypliny technicznej. Dotyczy to zwłaszcza utrzymania jednakowego dla tych samych części i zespołów reżimu tolerancji i obróbki,
- oba karabinki maszynowe nie odbiegają od analogicznych rozwiązań światowych, umożliwiając tym samym włączenie ich w strukturę przyszłościowego polskiego systemu broni strzeleckiej kalibru 5,56 mm.

#### **Abstract**

Up to now, Polish soldier have not had any 5,56 mm light machine gun shooting 5,56x45 mm NATO cartridges. This paper presents genesis, final construction, technical characteristics and some results of experimental investigations of the new Polish 5,56 mm light machine gun. This light machine gun is worked out by both Military University of Technology in Warsaw (Institute of Electromechanics, Faculty of Mechatronics) and Factory of Firearms “Łucznik” in Radom, Poland. Design, creating and experimental investigation of the light machine gun was made feasible thanks to the generous support given by Polish Ministry of Scientific Research and Information Technology.

#### **Conclusions**

- Experimental investigation show that Polish LMG 2003 (in versions S and D) may be compared under tactical and ballistic conditions with others light machine guns with both - belt or magazine fed.
- Polish 5,56 small arms system is close and consists of:
  - sub-assault rifle type “Mini-Beryl”
  - assault rifle type “Beryl”
  - light machine gun type LMG 2003 (S and D)

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Józef GACEK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **OCENA ZDOLNOŚCI POKONYWANIA TERENU O NISKIEJ NOŚNOŚCI PRZEZ MOST SAMOCHODOWY O MASIE CAŁKOWITEJ 40 T**

### **THE ASSESSMENT OF SOFT SOIL PERFORMANCE OF SUPPORT BRIDGE TOTAL WEIGHT 40 T MOUNTED ON TRACTOR-SEMI- TRAILER UNIT**

**Marian ŁOPATKA**

Instytut Budowy Maszyn, Wojskowa Akademia Techniczna  
Institute of Mechanical Engineering, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

W referacie przedstawiono problematykę oceny zdolności pokonywania terenu o niskiej nośności przez pojazdy kołowe. Na podstawie przyjętych kryteriów oceniono mobilność terenową istniejących mostów samochodowych oraz określono możliwości jej poprawy dla zestawów o masie całkowitej 40 t poprzez dobór odpowiedniego ogumienia.

#### **Wnioski**

Zdolność towarzyszenia siłom głównym (zabezpieczania ich działań) wymaga dysponowania przez pojazd naciskami MMP na poziomie zbliżonym do 300 kPa.

Przeprowadzona analiza wskazuje jednoznacznie, że uzyskanie takiego poziomu przez zestaw mostu samochodowego o masie 40 t jest możliwe – wymaga jednak przeprowadzenia istotnych zmian adaptacyjnych w konstrukcji ciągnika i naczepy w stosunku do ich standardowych – szosowych wersji. Główne modyfikacje polegają na wprowadzeniu znacznie szerszego ogumienia oraz napędu na wszystkie koła.

#### **Abstract**

In this paper the problems of soft soil performance of heavy wheeled vehicles and rules of their tires selection is presented. Using the MMP and VLCI method the performance of 40 t vehicle with a few different running systems is evaluated. On this basis the recommendation for gear system of semi-trailer bridgelayer are formulated.

#### **Conclusion**

The acceptable level of soft soil performance demand ground pressure no higher than 300 kPa. It is possible to achieve it by 40 t wheeled vehicle using 12 x 12 or 12 x 10 gear system with tires selected for operation under pressure no higher than 450 kPa at high speed. Operation in soft terrain and acceptable performance demand 30% tire deflection – for this reason the pressure should be lowered up to 150-200 kPa.

Recenzent:

Płk dr hab. inż. Franciszek KUCZMARSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **BADANIA MODELOWE KSZTAŁTOWANIA DNA OKUCIA ŁUSKI NABOJU 120 mm**

### **MODEL INVESTIGATIONS OF FORMING THE BOTTOM OF SHELL FOR 120 mm PROJECTILE**

**Jan MATERNIAK, Alina STARCZEWSKA**

Instytut Technologii Materiałów Politechniki Poznańskiej  
Poznań University of Technology, Poland

#### **Streszczenie**

W pracy przedstawiono technologię wykonania okucia łuski do naboju kalibru 120 mm, opartą na przeprowadzonych badaniach modelowych kształtowania w płaskim stanie odkształcania. Do tych badań zbudowano specjalny przyrząd, w którym wykonano kilka wariantów modelowego kształtowania plastycznego w celu uzyskania najkorzystniejszych parametrów materiałowych wyrobu. Warunki techniczne na okucie przewidują bowiem bardzo wysokie własności wytrzymałościowe:  $R_m$  powyżej 1400MPa. Te warunki spełnia nowy gatunek stali Bw35HGNMV, który został wytworzony w Hucie Batory. Materiałem wyjściowym na okucie jest odcinek pręta kutego na kowarce, a następnie wyciskanego na gorąco. Wyniki prób modelowych jakie uzyskano przyjęto za podstawę do opracowania dokumentacji narzędzi produkcyjnych.

#### **Wnioski**

Ważnym kryterium wyboru optymalnego rozwiązania jest przebieg zmiany wysokości ścianki  $h$  w funkcji skoku stempla  $s$ . Zgodnie z rysunkiem 5 najkorzystniejszy przebieg daje rozwiązanie konstrukcji narzędzi B, gdyż w początkowej fazie wyciskania uzyskuje się znaczną wysokość ścianki. Jednakże przyjęcie tego rozwiązania wymaga dwukrotnego nagrzewania materiału. Wobec czego korzystniejszym wariantem może być rozwiązanie D, dające równocześnie prawidłowe centrowanie materiału wyjściowego i większą trwałość stempla.

Na wielkość sił wyciskania, a tym samym naprężeń działających na narzędzia ma wpływ rozkład odkształceń rzeczywistych w ściance. Wyniki pomiaru odkształceń za pomocą naniesionej siatki kołowej również potwierdzają jako optymalne rozwiązanie D.

Wykorzystanie próby symulacyjnej kształtowania w płaskim stanie odkształcania zamiast osiowo-symetrycznego, pozwala dla niektórych procesów obróbki plastycznej uzyskiwać dostatecznie dobre przybliżenia. Powyższą próbę z powodzeniem wykorzystywano już do symulacji procesów wyciągania ścianek łusek. Dokładność metody jest zależna od odległości obszaru odkształcanego do osi wyrobu.

### **Abstract**

Manufacturing process of producing the shell that is used for subcaliber 120 mm missile has been presented in the paper. The manufacturing process has been based on model forming investigations in 2D state of strain. To perform investigations, special device has been made where several varieties of plastic model forming have been performed in order to obtain the most advantageous material parameters. In order to fulfil high demanding concerning the strength properties ( $R_m$  over 1400 MPa), special new kind of steel Bw35GHNMV (produced by Batory Steelworks) has been applied. The initial material is prepared in the form of bar forged on swaging machine and then hot extruded. Obtaining results of investigations enabled to prepare the new documentation of production tools.

### **Conclusions**

The function of changing the wall height  $h$  vs. punch stroke  $s$  is the important criterion of selecting the optimal solution. According to Fig.5 the best solution is described as  $B$  because of the fact that in the initial extruding phase the significant wall height is obtained. However, this solution demands double material heating. It seems that solution  $D$  might be more advantageous because it assures proper centring of the initial material and longer punch life.

Distribution of real deformations in the wall determines the extruding forces as well as tool strains. The results of deformation measuring, performed by means of circular grid confirm the optimal solution as  $D$ .

Applying simulation of forming in 2D state of strain instead of axial-symmetrical one, enables to obtain sufficient approximations. Such simulation has already been successfully used in fullering of shell walls. The accuracy of the method depends on distance of deformed zone from axis of symmetry.

Recenzent:

dr hab. inż. Adam JACKOWSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

**SYMULACJA NUMERYCZNA SYGNATURY CIEPLNEJ  
MIN BOJOWYCH W ASPEKCIE ICH WYKRYWANIA PRZEZ  
MINIŚMIGŁOWCOWE SYSTEMY ROZPOZNAWCZE**

**THE NUMERICAL SIMULATION OF HOT STREAM SIGNATURE OF  
BATTLE MINES IN ORDER OF FINDING THEM WHILE USING OF  
MINI HELICOPTERS SEARCH SYSTEMS**

**Czesław NIŻANKOWSKI\*, Paweł STANOWSKI\*\***

\*Ośrodek Badawczo – Rozwojowy Sprzętu Mechanicznego w Tarnowie  
Center Investigatively Development Mechanical Equipment in Tarnów, Poland

\*\*Politechnika Krakowska

Cracow University of Technology, Poland

**Streszczenie**

W referacie przedstawiono modele koncepcyjny i matematyczny oraz wyniki badań symulacyjnych sygnatury cieplnej min bojowych w aspekcie ich wykrywania przy pomocy urządzeń termowizyjnych umieszczonych na miniśmigłowcach. Wykazano, że wykrywanie min za pomocą kamer termowizyjnych nie jest możliwe w każdych warunkach. Opisano działanie miniśmigłowcowego systemu Camcopter do wykrywania min bojowych przy zastosowaniu urządzeń termowizyjnych.

**Wnioski**

Wykrywanie min za pomocą kamer termowizyjnych, jest procesem trudnym, gdyż strumień ciepła od zakopanej miny wraz z upływem czasu zanika. Powodem tego zjawiska jest fakt wyrównywania się temperatury miny z temperaturą gruntu, w którym się ona znajduje. Obliczając całkowity strumień ciepła, wzięto pod uwagę strumień ciepła, który przepływa od obudowy miny, a także strumień ciepła przepływający z wnętrza miny, z wolnej przestrzeni, między materiałem wybuchowym, a obudową miny.

Na podstawie wyników obliczeń stwierdzono, że najtrudniejszym okresem do wykrywania min kamerami termowizyjnymi jest okres letni. W okresie letnim strumień ciepła przepływający od zakopanej miny jest bardzo mały, a nawet w niektórych przypadkach zerowy, więc prawdopodobieństwo wykrycia miny jest niewielkie. W okresie jesiennym i wiosennym prawdopodobieństwo wykrycia min wzrasta wraz ze wzrostem cieplnej sygnatury min. Największą sygnaturą cieplną miny charakteryzują się w grudniu i styczniu. W tym okresie szansa na wykrycie miny kamerami termowizyjnymi jest duża. Wydaje się więc, że metoda wykrywania min za pomocą kamer termowizyjnych nie jest jeszcze w pełni dopracowana.

System miniśmigłowcowy stosowany do wykrywania i rozminowywania pól minowych jest pomocny w rozwiązywaniu problemu związanego z rozminowywaniem. System miniśmigłowcowy wykorzystuje kamery termowizyjne, umieszczone na bezzałogowych miniśmigłowcach, które wykrywają termiczne anomalie w pobliżu zakopanych min. Jak wynika z badań symulacyjnych wykrywanie min za pomocą kamer termowizyjnych wymaga zastosowania odpowiednio czułych kamer o dużej rozdzielczości.

Kolejnym problemem związanym z systemami miniśmigłowcowymi jest wysokość na jakiej powinien lecieć śmigłowiec. Jest to bardzo istotna rzecz, ponieważ niektóre miny bojowe wyposażone są w czujniki akustyczne. Najczęściej czujniki akustyczne uruchamiają czujnik podczerwieni. Po wykryciu miniśmigłowca przez oba czujniki następuje detonacja miny.

#### **Abstract**

In the research work are presented models: conception and mathematic one, and the simulated results of hot stream signature of battle mines in order of finding them while using thermal camera's placed on mini helicopters. The results are showing that finding mines while using thermal cameras is not possible in any conditions. The function of mini helicopter system Camcopter used for mines finding while making a use of thermal cameras is described.

#### **Conclusions**

Discovering combat face behind assistance of camera term visional, there is hard process, because flow dies out from buried face along with passage of time warmth. She it is cause of this phenomenon find with temperature of ground in which fact of alignment temperature of face. All-out flow calculating warmth, it take under note, flow swims which from casing of face warmth, as well as flow from interior of face warmth swimming, from free area, between explosive material, but casing of face.

On base of result of account said, that summer period is most hard period for discovering face cameras term visional. Flow is very small in summer period from buried face warmth swimming, even in some cases zero, so, and credibility of discovering of face is small. In fall period and credibility of discovering grows along with incrementation growth of thermal signature spring face.

They are characterized in December biggest signature of thermal face and January. Chance is cameras term visional in this period on discovering face big.

System Camcopter is applicable to discovering in solving face helpful this problem. System takes advantage camera term visional, which discovers thermal anomalies near buried face. As results from research behind assistance of camera term visional discover face, employment of properly fond cameras about big resolution.

Helicopter is fly with systems on that next problem related height should. There is important thing very, as some combat faces are furnished to acoustic sensors. Acoustic sensors start up sensor infra-red. Detonation of face follows after discovering helicopter by both sensors. Disruption of helicopter is tied with big financial loss not only, but system strips one of two minihelicopter also CAMCOPTER, through his reliability limiting and efficiency, therefore, problem emerges, if from safe height for helicopter, camera term visional is discover in state buried combat face. Solution of this problem will be object of next research by authors carried.

Research are led for optimal finding of system of discovering world-wide face, they remain still basic instruments of groups saper is sail engineer and manual detector metal. It causes, that discovering remains dangerous most and lasting phase of operation of deletion of mine field.

Recenzent:

plk dr hab. inż. Zygmunt MIERCZYK (Wojskowa Akademia Techniczna)

## KONCEPCJA MODERNIZACJI HETERODYNY URZĄDZENIA ODBIORCZEGO SNR 125SC DLA POTRZEB UKŁADU SCR

### CONCEPTION OF SNR 125SC RECEIVER HETERODYNE MODERNIZED FOR MTI SYSTEM PURPOSES

**Maciej PODCIECHOWSKI Konrad SIENICKI Stanisław ŻYGADŁO**

Instytut Systemów Mechatronicznych, Wojskowa Akademia Techniczna  
Mechatronics Systems Institute, Military University of Technology, Warsaw, Poland

#### Streszczenie.

Heterodyna urządzenia odbiorczego stacji naprowadzania rakiet SNR-125SC jest przeznaczona do generacji sygnału mikrofalowego  $f_h$  podawanego do mieszaczy kanałów głównego i przeciwwzaniowego bloku odbiornika oraz do układu automatycznego dostrajania częstotliwości magnetronu (ADCzM) bloku nadajnika. Podstawowymi parametrami heterodyny, decydującymi o jakości działania tych bloków, są stabilność długo i krótkoterminowa częstotliwości i poziomu mocy wyjściowej oraz poziom szumów fazowych.

Budowę heterodyny oparto na bazie syntezy częstotliwości z wykorzystaniem zintegrowanego, monolitycznego układu pętli fazowej PLL typu PE3236 firmy PEREGRINE. Układ ten, podobnie jak układy wielu innych firm oferujących scalone PLL, charakteryzuje się między innymi:

- zakresem zmian częstotliwości pracy  $f_{h/8}$ ;
- zakresem zmian częstotliwości sygnału wzorcowego  $f_{wz}$ ;
- częstotliwością porównania detektora fazy  $f_c$ ;
- sposobem sterowania podziału i wyboru częstotliwości  $f_{h/8}$ ;
- stabilnością krótko i długoterminową;
- poziomem szumów fazowych;

poziomem sygnałów wejściowych i wyjściowych.

W referacie opisano koncepcję modernizacji heterodyny urządzenia odbiorczego stacji naprowadzania rakiet SNR 125SC. Zmiana sposobu sterowania oraz dobór parametrów układów pętli fazowej PLL pozwoliła uzyskać niski poziom szumów fazowych sygnału wyjściowego heterodyny niezbędny dla zwiększenia skuteczności poprawnego działania układu selekcji celów ruchomych (SCR) stacji naprowadzania rakiet.

#### Wnioski

W wyniku praktycznej realizacji przedstawionej koncepcji modernizacji zbudowano heterodynę, która charakteryzuje się zakresem przestrajania częstotliwości oraz poziomem mocy sygnałów wyjściowych porównywalnymi z układem oryginalnym. Uzyskano natomiast dużą poprawę stabilności temperaturowej oraz o wiele niższy poziom szumów fazowych, co pozwoliło w znaczny sposób poprawić parametry układu selekcji celów ruchomych SNR 125SC.

Dobłą skuteczność wykrywania celów ruchomych na tle zakłóceń od nieruchomych przedmiotów terenowych potwierdzono na poligonie USTKA podczas strzelań do celów powietrznych typu P-15 i P-21 lecących na wysokości 50÷150m nad powierzchnią morza. W warunkach silnych odbić od powierzchni morza w SNR 125SC z oryginalną heterodyną występowały trudności z wykrywaniem i śledzeniem celu, natomiast w SNR z heterodyną zmodernizowaną cele były dobrze widoczne i możliwe do śledzenia w całym zakresie odległości.

#### **Abstract**

In this paper there is presented conception of SNR 125SC receiver heterodyne modernized for MTI system purposes. Changes in controlling and selection of PLL characteristics allowed obtaining low level of heterodyne output phase noise, what is essential to increase effectiveness of missile guiding radar moving targets indication (MTI) system.

#### **Conclusions**

The practical result of presented modernization idea is the heterodyne which characteristics, concerning frequency retune range and output signals power level are comparable with original system. Significant improvement in temperature stability and level of phase noise has been obtained. It allowed improving characteristics of SNR 125SC moving targets selection system in considerably manner. High effectiveness of moving targets detection, specified on significant interferences background derived from motionless terrain objects, has been confirmed on military training ground USTKA during live firing to aerial targets P-15 and P-21 flying on altitude 50÷150m above sea level. In conditions of strong interferences derived from sea surface, SNR 125SC with original heterodyne had difficulties with target detecting and tracking, whereas in SNR with modernized heterodyne targets were clearly visible and their tracking was possible in whole distance range.

Recenzent:

dr hab. inż. Jan PIETRASIENSKI (Wojskowa Akademia Techniczna)

## **WPŁYW TRAJEKTORII ODKSZTAŁCANIA NA GRANICZNĄ KRZYWĄ TŁOCZNOŚCI BLACHY**

### **INFLUENCE OF DEFORMATION TRAJECTORY UPON THE SHEET METAL FORMING LIMIT DIAGRAM**

**Alina STARCZEWSKA**

Instytut Technologii Materiałów Politechniki Poznańskiej  
Poznań University of Technology, Poland

#### **Streszczenie**

W pracy przeprowadzono analizę odkształceń granicznych blach materiału w oparciu o warunek plastyczności i warunek zniszczenia złomowego z uwzględnieniem ewolucji odkształceniowej naprężeń uplastyczniających i naprężeń zredukowanych rozdzielnego zniszczenia złomowego. W szczególności opracowano parametryczne przedstawianie wykresów GKT na zmiennych trajektoriach odkształcania: 1) przy odkształcaniu dwustopniowym ze wstępnym określonym zastępczym odkształceniem początkowym, 2) przy odkształcaniu dwustopniowym ze wstępnym określonym odkształceniem początkowym na określonej stałej trajektorii, 3) przy ciągłym wzroście lub obniżaniu wskaźnika stanu naprężenia.

#### **Wnioski**

Kompleksowa ocena tłoczności blach złożonych wytłoczek powłokowych, powinna obejmować następujące badania: pomiary współczynników materiałowych, jakie występujących w wyrażeniach analitycznych odkształceń granicznych i utraty stateczności; konstrukcję wykresu porównawczego dla oceny potencjalnego zagrożenia określonych form utraty stateczności mogących przyspieszyć zniszczenia złomowe; konstrukcję wykresów parametrycznych GKT w otoczeniu zmierzonych wartości współczynników materiałowych w celu ustalenia właściwych tolerancji wymagań materiałowych; pomiary odkształceń badanych wytłoczek, przy pomocy siatek pomiarowych, ze śledzeniem trajektorii odkształcania elementów stref zagrożonych pękaniem; wyznaczenie GKT w bezpośrednich próbach w procesach beztarciowych; dokonanie oceny pewności technologicznej wytłoczek przez porównania bezpośrednie położenia odkształceń elementów wytłoczki z GKT lub badania symulacyjne określonych operacji kształtowania przy pomocy odpowiedniego programu komputerowego.

#### **Abstract**

There has been investigated analysis of the boundary deformations in sheet metal materials basing on plasticity condition and condition of breaking failure considering deformation evolution of plastifying stresses as well as the reduced presses of the breaking failure. There has been elaborated parametrical method of presenting FLD (Forming Limit Diagrams) on varying deformation trajectory: 1) for double stage deformation with initially defined substitute deformation, 2) for double stage deformation with initially defined substitute deformation on the given constant trajectory, 3) for continuous increase or decrease of the stress state factor.

Recenzent:

dr hab. inż. Andrzej MODRZYŃSKI (Politechnika Poznańska)

## WYROBY HUTNICZE NA ŁUSKI WYSOKOCIŚNIENIOWE

### STEEL PRODUCTS FOR HIGH-PRESSURE CARTRIDGE-CASE

**Jerzy STĘPIEŃ**

Instytut Metalurgii Żelaza, Gliwice  
Institute for Ferrous Metallurgy, Gliwice, Poland

#### Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań przygotowania wsadu hutniczego na stalowe łuski wysokociśnieniowe. Wdrożone technologie wytwarzania blach grubych i prętów przeznaczonych do głębokiego tłoczenia lub wyciskania wiązały się ze spełnieniem wysokich wymagań technologicznych. Takie wymagania spełnia średniowęglowa stal Bw30GBTA z mikrododatkami B i Ti, dla której zastosowano modyfikację wtrąceń niemetalicznych za pomocą Ca. Przeprowadzona analiza technologii wykonywania łusek z krążków i z prętów oraz związana z nimi analiza kosztów wytwarzania wykazała, że wykonanie łusek z pręta jest tańsze i wymaga mniej operacji.

#### Wnioski

1. Opracowano stal na łuski wysokociśnieniowe o symbolu Bw30GBTA, która spełnia założone wymagania dla łusek wysokociśnieniowych po obróbce cieplnej polegającej na hartowaniu stali w wodzie z temperatury  $860^{\circ}\text{C}$  oraz odpuszczaniu przez okres 3 h w temperaturze  $400^{\circ}\text{C}$  i chłodzeniu w powietrzu, tj.:  $R_m \geq 1100\text{ MPa}$ ,  $R_e \geq 950\text{ MPa}$  i  $A_5 \geq 6\%$ .
2. Stal Bw30GBTA (o symbolu roboczym 34GXA) nadaje się do produkcji łusek wysokociśnieniowych spełniających założone wymagania, zarówno metodą przeróbki plastycznej na zimno z krążków (blach), jak i metodą przeróbki plastycznej na gorąco z pręta lub metodami mieszanymi, wstępnie na gorąco z końcowym wytlaczaniem z wyciąganiem na zimno.
3. Opracowano i wdrożono do produkcji wyroby hutnicze w postaci prętów kutech i blach grubych oraz wykonanych z nich krążków. Opracowano również związane z nimi odpowiednie dokumenty technologiczne.
4. Przeprowadzona analiza ekonomiczna wykazuje, że:
  - koszty wytwarzania łusek z odcinka pręta są niższe od kosztów wytwarzania łusek z krążka. Dla przedstawionej kalkulacji różnica wynosi 4,77 zł/szt.
  - znacząca część kosztów materiału wyjściowego zależy od kosztów wykonania wypraski,
  - cena krążka jest niższa o 61,14 zł w stosunku do ceny wypraski,
  - wzrost kosztu wytworzenia łuski z krążka wynosi 65,91 zł.

### **Abstract**

The aim of presentation was to show results of investigation carried out during realization of the Project No 148-314/C-T00/2001 financed by Ministry of Scientific Research and Information Technology. Implementation of production technology of plates and bars for drawing and extruding purposes requires fulfilment of special technological requirements. Steel grade Bw30GBTA, B and Ti microalloyed, with non-metallic inclusions modified by Ca addition, will satisfy these requirements.

### **Conclusions**

1. Bw30GBTA steel satisfies requirements of high-pressure-cartridge-case after quenching from austenitizing temperature of 860<sup>o</sup> C in oil and tempering at 400<sup>o</sup> C over 3 hours, i.e.:  $R_m \geq 1100$  MPa,  $R_e \geq 950$  MPa and  $A_5 \geq 6$  %.
2. Basing on technological documentation and results of investigation, the production technology of plates and bars for high-pressure cartridge-case, made of Bw30GBTA steel grade have been implemented.
3. The results of economical analysis carried out for cartridge-case production has shown, that usage of bar semi-products is cheaper then utilization of plates by about 4,77 zł ( $\approx 1$  EUR).

Recenzent:

dr hab. inż. Adam WIŚNIEWSKI (Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia)

## **PODRZUT BRONI DZIAŁAJĄCEJ NA ZASADZIE ODPROWADZENIA GAZÓW PROCHOWYCH**

### **JUMP UP OF GAS OPERATED WEAPON**

**Zbigniew SURMA, Stanisław TORECKI, Ryszard WOŹNIAK**

Instytut Elektromechaniki WMT, Wojskowa Akademia Techniczna  
Military University of Technology, Faculty of Mechatronics, Institute of Electromechanics  
Warsaw, Poland

#### **Streszczenie**

Procesowi strzału z odrzutowej broni palnej zwykle towarzyszy jej podrzut, przejawiający się obrotem broni w płaszczyźnie pionowej wokół jej środka masy (lub punktu podparcia), wywołany działaniem pionowej składowej siły odrzutu. Podrzut jest konsekwencją tego, że środek masy (lub punkt podparcia) broni nie leży na osi przewodu lufy (lub jej przedłużeniu), co z kolei wynika z konieczności takiego usytuowania przyrządów celowniczych, aby zapewnić użytkownikowi broni dogodne warunki do celowania. Podrzut powoduje zwiększenie rozrzutu pocisków, zwłaszcza podczas strzelania z broni ręcznej ogniem seryjnym i ciągłym. W celu jego zmniejszenia w niektórych wzorach broni stosuje się odpowiednio ukształtowane urządzenia wylotowe, jednak powodują one wzrost długości i masy broni, co w konsekwencji prowadzi do pogorszenia jej manewrowości.

W artykule scharakteryzowano zjawisko podrzutu broni, działającej na zasadzie odprowadzenia części gazów prochowych przez boczny otwór w lufie. Analizie poddano ruch obrotowy układu w trzech charakterystycznych okresach strzału oraz sformułowano wnioski dotyczące specyfiki podrzutu, występującego w broni zbudowanej w układzie bezkolbowym (bull-pup).

#### **Wnioski**

Specyfika podrzutu broni z odprowadzeniem części gazów prochowych przez boczny otwór w lufie polega m.in. na tym, że:

- powodujące podrzut broni siły ciśnienia gazów prochowych działają na dwóch poziomach, mają różne (przeciwnie) zwroty i są przekazywane bezpośrednio na podzucany zespół, podczas gdy w broni automatycznej działającej na zasadzie odrzutu (zamka, lufy) siły odrzutu mają jeden kierunek i zwrot oraz są przekazywane za pośrednictwem sprężyn powrotnych;
- konsekwencją wielokierunkowego działania momentów sił w broni z odprowadzeniem gazów jest możliwość zmian podrzutu z dodatniego na ujemny (i odwrotnie) podczas jednego cyklu (strzału), a w innych rozwiązaniach (broni nieautomatycznej i automatycznej) podrzut z reguły jest jednokierunkowy (dodatni lub ujemny) albo (teoretycznie) zerowy;
- w broni z odprowadzeniem gazów, zbudowanej w układzie klasycznym (z komorą gazową z góry lub z dołu), nie jest możliwe wyeliminowanie podrzutu, podczas gdy w innych systemach taka możliwość (przynajmniej teoretycznie) istnieje.

Ze względu na to, że podrzut broni wpływa bezpośrednio na kierunek wylotu kolejnych pocisków z lufy, a tym samym na celność strzelania seryjnego, powinien on być maksymalnie ograniczony konstrukcyjnie. Jest to szczególnie istotne w odniesieniu do broni budowanej (projektowanej) w układzie bezkolbowym (tzw. bull-pup). Należy bowiem zauważyć, że broń w układzie bull-pup z komorą gazową nad lub pod lufą może cechować się gorszymi wskaźnikami celności przy strzelaniu ogniem ciągłym (seryjnym), niż tego rodzaju systemy, działające na zasadzie odrzutu (zamka lub lufy).

#### **Abstract**

Jump up phenomenon of gas operated weapon in which propellant gases flow through a side opening in the barrel is presented in this paper. Rotary motion of weapon in the three periods of single shoot:

- I<sup>st</sup> period – motion of bullet from its start all the way to side opening in the barrel;
- II<sup>nd</sup> period – motion of bullet from side opening in the barrel until the end of propellant gases action at the bullet;
- III<sup>rd</sup> period – motion of bullet outside the barrel after the end of propellant gases action at the bullet

is analysed.

#### **Conclusions**

Jump up of small arms should be maximum limited (particularly in automatic weapon) because it directly influences on direction of bullets during shooting. It is very important for bull-pup weapon. The bull-pup weapon with gas chamber located under or over the barrel may be characterized by worst index of accuracy during serial shooting in comparison to the weapon system with recoil of lock.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Maciej BOSSAK (Politechnika Warszawska)

## **ZAGROŻENIA DWUETAPOWEGO DIAGNOZOWANIA ZŁOŻONYCH OBIEKTÓW TECHNICZNYCH**

### **LET US NOT DIVIDE DIAGNOSIS INTO RECOGNITION AND FAULT FINDING**

**Paweł SZCZEPAŃSKI**

Instytut Systemów Uzbrojenia Wojskowej Akademii Technicznej,  
Institute of Armement Systems, Military University of Technology, Warsaw, Poland  
e-mail: [paszczep@wul.wat.edu.pl](mailto:paszczep@wul.wat.edu.pl)

#### **Streszczenie**

Praca obnaża zagrożenia wynikające z normatywnego (PN-93/N-50191) podziału diagnozowania na dwa etapy: rozpoznanie i lokalizowanie niezdatności – etapy występujące w literaturze przedmiotu przede wszystkim pod nazwami: kontrola zdatności i lokalizacja uszkodzeń. Wyraża się pogląd, że podstawowy (pozbawiony fałszywych i niepełnych diagnoz) sposób badania obiektu powinien uwzględnić pełny zbiór jego rozróżnialnych stanów niezawodnościowych – zbiór wynikający ze struktury połączeń elementów i dwóch założeń diagnostyki technicznej, zgodnie z którymi: - element uważa się za niezdatny jeśli wszystkie jego sygnały wejściowe są dopuszczalne natomiast sygnał wyjściowy – niedopuszczalny i, że – sygnał wyjściowy elementu jest niedopuszczalny jeśli co najmniej jeden z jego sygnałów wejściowych jest niedopuszczalny. Przyjmuje się przy tym, że element jest wydzieloną częścią obiektu, która ma tylko jedno wyjście i dowolną liczbę wejść.

#### **Abstract**

This study expresses peculiar kind of protest against standard (PN-93/N-50191) diagnostic tests division into two stages: recognition and fault finding. Literature names them checking up-state and fault detection. There is an opinion, that basic (free from wrong and incomplete diagnosis) way of object testing should take into consideration complete collection its different reliability states, i.e. collection as a result of both components combination structure and two unquestionable rules of diagnostics, according to whom – the component is being considered faulted if all its input signals are admissible however output signal – inadmissible, and – component's output signal is inadmissible if at least one of its input signal is inadmissible too.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Jerzy R. MŁOKOSIEWICZ (Wojskowa Akademia Techniczna)

## SZKOLNO-TRENINGOWE ZESTAWY MOŹDZIERZOWE

### TRAINING MORTAR SYSTEMS

**Tadeusz ŚWIĘTEK, Zbigniew PANEK, Wojciech GRUSZECKI**

Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Sprzętu Mechanicznego w Tarnowie  
Mechanical Equipment Research – Development Centre in Tarnow, Poland

#### Streszczenie

W artykule przedstawiono przegląd wybranych zestawów szkolno-treningowych używanych do ćwiczenia działocznów związanych z obsługą moździerzy klasycznych. Przedstawiona analiza stanowiła punkt wyjścia do realizowanego obecnie przez OBR SM w ramach projektu celowego nr 206/BO/B polskiego zestawu szkolno-treningowego do użytkowanego w SZ RP 60 mm moździerza LM-60D.

#### Wnioski

Wszystkie analizowane zestawy treningowe spełniają podstawowy warunek: w znacznym stopniu redukują koszty szkolenia obsługi moździerzy. Redukcja kosztów szkolenia wynika z:

- używania taniej amunicji podkalibrowej do odzwierciedlania w pewnej skali toru lotu granatu bojowego,
- ograniczenia przestrzeni potrzebnej do prowadzenia szkolenia,
- zredukowania kosztów związanych z transportem, przechowywaniem i używaniem bojowej amunicji moździerzowej.

Nie wszystkie zestawy wiernie oddają warunki strzelania amunicją bojową, dotyczy to w szczególności zestawów LOSFELD, INDEP-A2 i WEIBULL. Są to raczej trenażery służące do wstępnego szkolenia.

Na szczególną uwagę zasługuje zestaw firmy NICO-PYROTECHNIK. Jest to zestaw który posiada wszystkie wymienione we wstępie cechy. Granat treningowy jest geometrycznie i masowo podobny do amunicji bojowej, donośność pocisku podkalibrowego jest znacznie mniejsza od donośności amunicji bojowej, moździerz nie wymaga żadnych przeróbek aby stosować zestaw treningowy, granaty treningowe są wielokrotnego użytku. Zestawy są oferowane do szerokiej gamy moździerzy i w szerokim zakresie zaspokajają potrzeby wielu odbiorców.

#### Abstract

The article presents the review of selected mortar trainers using in gunnery training connected with the service of classical mortars.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Stanisław TORECKI (Wojskowa Akademia Techniczna)



## Wytwórnia Broni, Usług i Osprzętu Strzeleckiego Spółka z o. o.

03 – 839 Warszawa, ul. Grochowska 316/320  
e- mail: [buospl@wp.pl](mailto:buospl@wp.pl)

[www.buos.com.pl](http://www.buos.com.pl)  
TEL. KOM. 0 606 223 535

tel: 677 – 14 – 00 tel / fax: 677 - 14 – 01  
Koncesja No : B – 283 / 2003

### ***Autoryzowany serwis*** **GLOCK, STEYR, SAKO, TIKKA, WEIHRAUCH, MOSSBERG,** **JERICO, BUL, BARAK**

**Firma prowadzi działalność** gospodarczą w dziedzinie usług, handlu, wytwórczości, konsultingu i doradztwa, pośrednictwa oraz we wszystkich formach kooperacji i współpracy z podmiotami krajowymi i zagranicznymi w zakresie :

- ⇒ Produkcji i montażu broni palnej, produkcji osprzętu i części zamiennych, kooperacji i usług rusznikarskich, produkcji elementów metalowo-gumowych
- ⇒ Wykonywania remontów broni krótkiej i długiej (wojskowej), myśliwskiej, gazowej, sportowej, pneumatycznej,
- ⇒ Obrotu i handlu bronią oraz amunicją, osprzętem, wyposażeniem i częściami zamiennymi,
- ⇒ Przeglądów i opiniowania stanu, wydawania orzeczeń i świadectw technicznych, skupu broni, wykonywania replik oraz pozbawiania cech bojowych broni,
- ⇒ Opracowania instrukcji eksploatacyjnych i plakatów poglądowych broni, oraz wykonywania : modeli przestrzennych mechanizmów broni, przekrojów i egzemplarzy szkolnych, wyposażenia szaf na broń.
- ⇒ Serwisu broni u klienta
- ⇒ Pomiarów energii pocisków broni pneumatycznej

**Lista nazwisk autorów referatów**  
*Author List*

**A**

ADAMÍK Vladislav 110  
ADAMSKI Michał 257  
ADAMSKI Mirosław 97, 157, 218

**B**

BALLA Jiri 68  
BALASOIU Sorinel 44  
BARBU Cristian 39, 44  
BARTNICKI Adam 160  
BASTIN Ivan 66  
BELLA Vladimír 76  
BIAŁO Dionizy 62  
BLOK Ewa 158  
BOROWCZYK Włodzimierz 224  
BONIUK Henryka 94  
BRABCOVÁ Kateřina 72  
BUCZKOWSKI Daniel 178  
BULKA Adam 88  
BUNEA Marian 83, 106  
BUREK Michał 157

**C**

CHUDY Zdzisław 216  
CIEPIELSKI Stanisław 180  
CIERNIAK Henryk 57  
CIUNEL Piotr 158  
CUDZIŁO Stanisław 88, 109, 180  
CYBULA Leszek 62  
CYWIŃSKI Artur 162  
CZYŻEWSKI Mirosław 220, 255

**D**

DĘBECKI Andrzej 214  
DĘBSKI Andrzej 165  
DŁUGOŁĘCKI Andrzej 181  
DOBRZYŃSKI Paweł 123  
DROPPA Peter 71  
DUBOIS Michaël 37  
DUDZIŃSKI Jacek 128, 182  
DZIK Stanisław 78  
DZIOPA Zbigniew 226

**F**

FARYŃSKI Andrzej 181  
FECSÓ László 73, 102  
FRĄCZAK Michał 176  
FURMANEK Wojciech 120, 184, 245

**G**

GABROVSKY Ivan 114  
GACEK Józef 129, 184, 245, 247, 248  
GAŁĘZOWSKI Dariusz 250  
GARUS Jerzy 244  
GAWOR Józef 252  
GAŚSIOROWSKI Marek 57  
GDULA Wiesław 165, 247  
GIGA Andrzej 57  
GŁĘBOCKI Jerzy 186, 254  
GŁODOWSKI Zbigniew 253  
GONTARCZYK Mariusz 116  
GÓRĄSZ Géza 186, 254, 260  
GRUCHAŁA Henryk 73, 102  
GRUSZECKI Wojciech 220, 255  
GRZESIK Norbert 99, 276  
157

**H**

HARMOZA Rafał 103, 212  
HRISTOV Hristo 100, 114

**I**

IDZIASZEK Zdzisław 174

**J**

JACKOWSKI Adam 64, 187  
JACH Karol 112  
JAKUBOWSKI Bogusław 162  
JAMROZIAK Krzysztof 112  
JANISZEWSKI Jacek 120, 228, 229  
JASZTAŁ Michał 167  
JAWOROWICZ Marek 233

**K**

KACZMAREK Zdzisław 105  
KAMIŃSKI Robert 169

|                          |                            |                      |          |
|--------------------------|----------------------------|----------------------|----------|
| KAMIŃSKI Roman           | 181                        | MATYJASEK Łukasz     | 86       |
| KÁPOLKA Peter            | 70, 71                     | MAYSTRENKO Anatoliy  | 58       |
| KARAKANEVA Juliana       | 114                        | MAZUREK Adam         | 86       |
| KIJEWSKI Jacek           | 120, 129, 180, 184, 245    | MICHAŁOWSKI Jerzy    | 55       |
| KLEMBOWSKI Wiesław       | 125                        | MICHAŁOWSKI Marcin   | 55, 107  |
| KŁONICA Jerzy            | 36                         | MILEWSKI Wiesław     | 46       |
| KOBIERSKI Jan. W.        | 257                        | MIŁOSZ Jerzy         | 222      |
| KONEČNÝ Pavel            | 69                         | MLYNARČÍK Milan      | 71       |
| KONOPKA Stanisław        | 160                        | MOTYL Krzysztof      | 193, 195 |
| KOPERSKI Wojciech        | 107                        | MROZEK Bogusław      | 74       |
| KORUBA Zbigniew          | 231                        | MUSZYŃSKI Tomasz     | 84       |
| KOWALECZKO Grzegorz      | 233                        | <b>N</b>             |          |
| KRUSZKA Leopold          | 60, 258                    | NAŁĘCZ Marek         | 222      |
| KRZYSZTOFIK Izabela      | 208                        | NASTASESCU Vasile    | 83, 106  |
| KSIĄŻCZAK Andrzej        | 94                         | NEDELCU Roxana       | 83       |
| KSIĄŻCZAK Teresa         | 94                         | NEŠTIAN Gabriela     | 83       |
| KUBECKI Adam             | 90                         | NICOLAESCU Ioan      | 47, 50   |
| KUCHARCZYK Wojciech      | 172                        | NIŻANKOWSKI Czesław  | 266      |
| KUCZMARSKI Franciszek    | 80, 82, 160, 164, 189, 260 | NOWACZEWSKI Jerzy    | 90, 242  |
| KUFFOVÁ Mariana          | 76                         | <b>O</b>             |          |
| KULICH Vitaliy           | 58                         | ORZECOWSKI Andrzej   | 90, 242  |
| KUROWSKI Wojciech        | 248                        | <b>P</b>             |          |
| <b>L</b>                 |                            | PACHMÁN Jiří         | 199      |
| LECIEJEWSKI Zbigniew     | 40, 129, 261               | PADUCH Józef         | 57       |
| LISÝ Peter               | 70                         | PANEK Zbigniew       | 276      |
| LOROCH Leszek            | 190                        | PAPLIŃSKI Andrzej    | 88, 176  |
| LUDVÍK František         | 42, 192                    | PASZKOWSKI Leszek    | 62       |
| LUDYŃSKI Zbigniew        | 62                         | PASZULA Józef        | 246      |
| <b>Ł</b>                 |                            | PAWŁOWSKI Wojciech   | 86, 94   |
| ŁADYŻYŃSKA-KOZDRAŚ Edyta | 225                        | PICHER Sławomir      | 218      |
| ŁOPATKA Marian           | 84, 170, 263               | PIECHNA Sławomir     | 165, 129 |
| <b>M</b>                 |                            | PIĘTASZEWSKI Jan     | 55       |
| MACHOWSKI Bogdan         | 193                        | PIOTROWSKI Tadeusz   | 176      |
| MACIAK Grzegorz          | 197                        | PIRLOT Marc          | 37, 66   |
| MACKIEWICZ Konrad        | 190                        | PLATA Sławomir       | 222      |
| MACKO Martin             | 72                         | PŁECHA Witold        | 197      |
| MAGIER Mariusz           | 228, 229, 258              | PŁOCHARZ Waldemar    | 80, 82   |
| MAJEWSKI Tomasz          | 60                         | PODCIECHOWSKI Maciej | 48, 268  |
| MARANDA Andrzej          | 90, 176, 242               | PODGÓRZAK Paweł      | 118      |
| MARECKI Paweł            | 82                         | POLICHA Aldona       | 86       |
| MARINOV Georgi           | 100                        | POPELÍNSKÝ Lubomír   | 38       |
| MARYNIAK Jerzy           | 225                        | POPIK Jarosław       | 158      |
| MATERNIAK Jan            | 105, 264                   | POTOCKI Jerzy        | 206      |
|                          |                            | POWAŁA Dorota        | 90, 242  |
|                          |                            | PRZYBYSZ Zbigniew    | 36       |
|                          |                            |                      | 279      |

|                      |                   |                       |                                  |
|----------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|
| PRZYCHODZIEN Tadeusz | 84, 237           | TITONI Jan            | 247, 250                         |
| <b>R</b>             |                   | TOMASZEK Henryk       | 126, 167                         |
| RADOMSKI Andrzej     | 94                | TORECKI Stanisław     | 169, 202, 204, 240, 273          |
| RADOMSKI Marek       | 239               | TRĘBIŃSKI Radosław    | 109                              |
| RAFALSKI Mirosław    | 62                | TRZCIŃSKI A. Waldemar | 92, 109, 110, 129, 178, 244      |
| RODZIK Dariusz       | 128, 182          | TYPIAK Andrzej        | 160                              |
| ROSENBERG Oleg       | 58                | <b>U</b>              |                                  |
| RUTKOWSKI K. Adam    | 155               | URUSKI Piotr          | 52, 158                          |
| RUTKOWSKI Tomasz     | 125, 158          | <b>V</b>              |                                  |
| RUTYNA Krzysztof     | 112               | VÁGENKNECHT Jiří      | 110                              |
| <b>S</b>             |                   | VANCASTER Pierre      | 66                               |
| SAFTA Doru           | 39                | VANTOMME J.           | 66                               |
| SALAĆIŃSKI Tomasz    | 176               | VASILE Titica         | 39                               |
| SANKOWSKI Mirosław   | 52, 125           | VIZITIU C.Iulian      | 47, 50                           |
| SANTAREK Krzysztof   | 103, 212          | <b>W</b>              |                                  |
| SARAJDAROV Kosta     | 114               | WALENTYNOWICZ Jerzy   | 210                              |
| ŠELEŠOVSKÝ Jakub     | 199               | WARCHULSKI Jacek      | 128, 182                         |
| SEMÁNEK Michal       | 70                | WARCHULSKI Marcin     | 128, 182                         |
| SHESTAKOV Sergey     | 58                | WAŻNY Mariusz         | 126                              |
| SIBILSKI Krzysztof   | 46, 190           | WILK Karol            | 99                               |
| SIENICKI Konrad      | 48, 268           | WINCZURA Zygmunt      | 235                              |
| SIWIRSKI Marcin      | 244               | WIŚNIEWSKI Adam       | 118                              |
| SŁOWIK Adam          | 220, 255          | WIŚNIEWSKI Waldemar   | 62                               |
| SŁUGOCKI Zbigniew    | 206               | WŁODARCZYK Edward     | 55, 107, 116, 228, 229, 258      |
| SOŁTYS Mariusz       | 246               | WŁUDYKA Stefan        | 101                              |
| SPRAWKA Piotr        | 189, 237          | WOJCIECHOWSKI Andrzej | 101                              |
| SROKA Antoni         | 184, 245          | WOLNY Stanisław       | 78                               |
| STANOWSKI Paweł      | 266               | WOŹNIAK Ryszard       | 36, 129, 202, 240, 250, 261, 273 |
| STARCZEWSKA Alina    | 264, 270          | <b>Z</b>              |                                  |
| STAREK Wiesław       | 220               | ZAHOR Mirosław        | 180, 204                         |
| STEC Bronisław       | 216               | ZELKOWSKI Jarosław    | 164, 254, 260                    |
| STEFANŃSKI Konrad    | 54, 231           | ZIÓLKOWSKI Zbigniew   | 181                              |
| STĘPIEŃ Jerzy        | 105, 271          | ZYGMUNT Bogdan        | 95, 178                          |
| STĘPNIAK Wiesław     | 209               | <b>Ż</b>              |                                  |
| STOICA Adrian        | 50                | ŻAK Bogdan            | 122, 252                         |
| SURMA Zbigniew       | 40, 202, 240, 273 | ŻUROWSKI Wojciech     | 172                              |
| SZCZEPAŃSKI Paweł    | 275               | ŻYGADŁO Stanisław     | 48, 268                          |
| SZUDROWICZ Marek     | 112               | ŻYLUK Andrzej         | 235                              |
| SZYMAŃCZYK Leszek    | 92                |                       |                                  |
| <b>Ś</b>             |                   |                       |                                  |
| ŚWIERCZYŃSKI Robert  | 112               |                       |                                  |
| ŚWIĘTEK Tadeusz      | 99, 276           |                       |                                  |
| <b>T</b>             |                   |                       |                                  |
| TAMAS Andras         | 203               |                       |                                  |
| TASHKOV Plamen       | 114               |                       |                                  |

**FACULTY OF MECHATRONICS  
MILITARY UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

**6<sup>th</sup> INTERNATIONAL  
ARMAMENT CONFERENCE  
*SAAT 2006***

***Scientific  
Aspects of Armament Technology***

**INVITATION**

**Waplewo, 11-13 October 2006**