

# Podstawy technologii wytwarzania osłon ochronnych z wykorzystaniem modyfikowanego żelu balistycznego

*Jerzy Hoppe, Przemysław Jakusz*

*Systemy Zabezpieczeń Bankowych „JAKUSZ”, ul. Przemysłowa 40, 83-400 Kościerzyna, PL*

*Radosław Tatko*

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Plac Grunwaldzki 24a, 50-375 Wrocław, PL*

**Streszczenie:** *W artykule przedstawiono zagadnienia związane z metodyką badań żeli balistycznych w I etapie pracy badawczo rozwojowej „Podstawy technologii wytwarzania osłon ochronnych z wykorzystaniem modyfikowanego żelu balistycznego” w firmie JAKUSZ SZB.*

**Słowa kluczowe:** *żel balistyczny, odłamkoodporność, kuloodporność, bezpieczeństwo, osłony balistyczne.*

## 1. Wstęp

Ochrona zdrowia i życia ludzkiego należy do obowiązków każdej osoby. Wiele osób jednak nie zdaje sobie sprawy z zagrożenia, jakie niesie za sobą działalność związana z oczyszczaniem terenów z pozostałości powojennych (nie wspominając o służbach - wojsko, policja, które w codziennej działalności spotykają się z użyciem środków bojowych). Dysponowanie sprawdzonymi systemami ochrony osób i sprzętu przed skutkami działania środków bojowych jest wyzwaniem dla wszystkich instytucji zajmujących się w swej działalności zagadnieniami związanymi ze stosowaniem materiałów wybuchowych. Możemy jednoznacznie stwierdzić, że środki bojowe używa się w dużej części sfery gospodarczej kraju. Wiele zrobiono w tej dziedzinie – chroniąc życie ludzkie. Jednak wydaje się, że zrobiono zbyt mało. Wszelkiego typu pancerze (pasywne, aktywne, reaktywne), osłony i zabezpieczenia spełniają swoją rolę. Ich zalety, to niekwestionowana ochrona przed środkami bojowymi – w pełnym słowa tego znaczeniu. Jednak, jak każde przeciwdziałanie wymusza działanie odwrotne – obecne pancerze posiadają także poważne wady, tj. koszty wykonania, stopień skomplikowania i zastosowanie na małą skalę. W kwestii tej dokonano wiele, jednak tylko nieznaczna część tych działań dotyczy sfery niemundurowej. Dla osób zajmujących się np. likwidacją pozostałości powojennych owe pancerze nie mają większego znaczenia jeśli chodzi o zapewnienie im bezpieczeństwa.

Można zatem stwierdzić, że istnieje nadal luka w wiedzy, którą należy wypełnić prowadząc badania naukowe, nad ograniczeniem wyżej wymienionych podstawowych wad. Ich celem powinno być opracowanie zastosowań tanich i nieskomplikowanych środków zabezpieczeń dostępnych dla szerokiej rzeszy osób mających bezpośredni kontakt ze środkami bojowymi, które corocznie zbierają żniwo w postaci kalectwa i śmierci. Uzyskane wyniki badań mogą mieć niebagatelne znaczenie przy opracowywaniu:

- elementów pochłaniających energię uderzeń,
- paneli ochronnych przed wybuchem,
- podwozi pojazdów,
- części podwodnych kadłubów jednostek pływających,
- ścianek dźwiękochłonnych,
- ścianek pomieszczeń izolowanych elektromagnetycznie, itp.

Jeśli uda się opracować taki komponent, który choćby nieznacznie poprawi bezpieczeństwo w tym zakresie, to będzie już sukces. Być może zatem nasze badania będą kojarzyły się z przysłowiem „od nitki do kłębka” i w przyszłości dadzą pożądane efekty.

## 2. Przedmiot i cel badań

Przedmiotem naszych badań, prowadzonych w ramach projektu badawczo rozwojowego „Podstawy technologii wytwarzania osłon ochronnych z wykorzystaniem modyfikowanego żeluz balistycznego”, jest opracowanie zabezpieczeń osób i sprzętu przed skutkami fali uderzeniowej i odłamkami.

Celem natomiast jest opracowanie technologii wytwarzania paneli ochronnych, w których energia wybuchu i energia pocisku lub odłamka jest pochłaniana przez modyfikowany żel balistyczny lub cieczy nienewtonowskie. Mając na uwadze cel badania zakłada się, że panele ochronne z wykorzystaniem żeluz znajdują zastosowanie w opancerzeniach pojazdów (zwłaszcza podwozia, które narażone jest na wybuchy min i improwizowanych urządzeń wybuchowych), budynków i innej infrastruktury narażonej na działanie grup terrorystycznych oraz sprzętu wojskowego (w tym m.in. pojemników do przewożenia niewypałów i niewybuchów) oraz w osłonach osobistych np. do zabezpieczenia prac rozminowywania.

Opracowanie technologii produkcji żeluz balistycznego zapewnić winno zastosowanie go do minimalizacji skutków wybuchu min, improwizowanych urządzeń wybuchowych (IED) i innych środków stanowiących zagrożenie dla życia i zdrowia żołnierzy, funkcjonariuszy policji i ludności cywilnej.

## 3. Metodyka i program prac badawczych

Doświadczenie, jakie posiada nasza firma, w zakresie opracowania technologii wytwarzania żeluz balistycznych i cieczy nienewtonowskich - w 2007 roku zostały zgłoszone, przez naszą firmę, podstawy wytwarzania żeluz balistycznych, jako wnioski patentowe - daje podstawę, że badania osłon balistycznych dadzą pozytywne rezultaty i przyczynią się do dalszych badań w zakresie ochrony przed falą uderzeniową i odłamkami.

W 2009 roku zostało założone konsorcjum, złożone z 4 firm, które podjęły się badań dotyczących podstaw technologii wytwarzania osłon ochronnych z wykorzystaniem modyfikowanego żeluz balistycznego.

W pierwszym etapie projektu Zespół Naukowo Techniczny opracował dokumentację wstępną, zawierającą między innymi dokumenty takie jak:

- plan zakupów i budowy aparatury badawczej,
- plany i harmonogramy badań,
- plan budowy i badań wstępnych modeli, prototypów aparatury badawczej,
- wytyczne dotyczące następnego etapu badań.

Zarządzeniem Dyrektora Generalnego powołano Zespół Badawczo Rozwojowy (ZBR)”, pk. „Żele”.

W zarządzeniu określono:

- regulamin organizacyjny ZBR,
- schemat organizacyjny ZBR (rys. 1),
- zakres obowiązków Kierownika ZBR,
- zakres obowiązków pozostałych stanowisk w ramach ZBR,
- prowadzenie dokumentacji postępowań ofertowych.

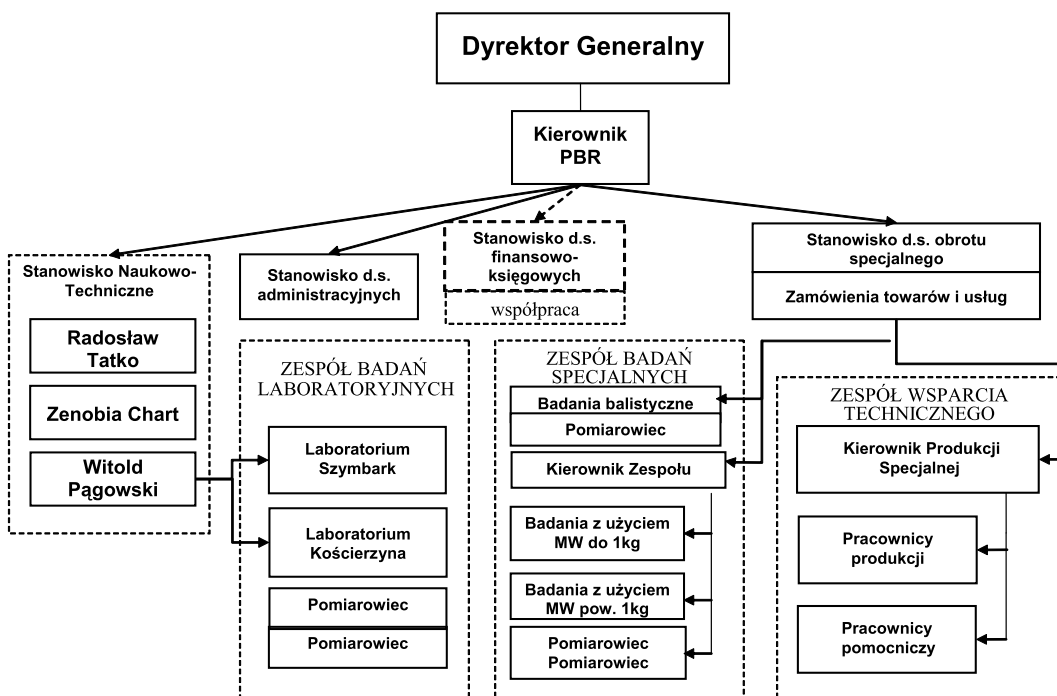
W celu umożliwienia wyznaczania energochłonności badanych przez nas „żeluz” opracowano, w ramach trwającej pracy rozwojowej, odpowiednie procedury badawcze. Procedury te są nadal „otwarte” i możliwe jest ich skorygowanie. Wypracowywane aktualnie procedury, poza ich przydatnością w ramach prowadzonej pracy, będą wykorzystywane w przyszłości, w przypadku konieczności precyzyjnego określenia rzeczywistych właściwości osłon balistycznych wytworzonych w ramach projektu. Ułatwią także dokonywanie analiz porównawczych osłon między sobą - np. przy konkursach ofert oraz osłon po wieloletnim użytkowaniu.

Ponieważ procedury wyznaczania energochłonności przez „żele” (małych próbek w I etapie pracy) wymagają użycia wielu przyrządów badawczych i specjalistycznej aparatury pomiarowej, w naszej firmie zastosowano:

- wahadło balistyczne - przyrząd do badań oddziaływania impulsu wybuchu, (stąd usunąłem rys2)
- przyrząd hermetyczny – do badań oddziaływania fali wybuchu, (stąd usunąłem rys3)
- stanowisko balistyczne – przyrząd do badań balistycznych. (stąd usunąłem rys4)

Należy tutaj wspomnieć, że wszystkie próbki zostaną także poddane badaniom laboratoryjnym (lepkościomierz, mikroskop, komora klimatyczna itp.). Przyjęto przy tym zasadę niezmienniania np. partii amunicji i zapalników

w trakcie prowadzenia badań. Dla uzyskania odpowiedniej, potrzebnej na danym etapie badania, prędkości uderzenia pocisku stosowane są różne egzemplarze broni i luf balistycznych oraz wykorzystuje się, specjalnie w tym celu zakupione, naboje o odpowiednio zróżnicowanej znamionowej prędkości wylotowej. Należy także wspomnieć, że badania energochłonności „żeli” będą prowadzone, w ramach projektu, przez firmy współpracujące (badania balistyczne odłamkiem do  $1400 \text{ m s}^{-1}$  i badania balistyczne młotem spadowym oraz w komorze klimatycznej). Wyniki wszystkich badań dadzą nam odpowiedź, które żele modyfikowane zostaną zastosowane w dalszych etapach pracy badawczej, do wypełnienia nimi modeli osłon balistycznych.



**Rys. 1.** Schemat organizacyjny Jednostki Realizującej Projekt pn. „Podstawy technologii wytwarzania osłon ochronnych z wykorzystaniem modyfikowanego żelu balistycznego”. [1]

Przy opracowaniu metodyki i programu badań projektu rozwojowego wzięto pod uwagę czynniki najbardziej wpływające na właściwości pochłaniania energii fali wybuchu (we wszystkich jej aspektach) przez masy plastyczne (żełe) wraz z modyfikatorami oraz ich trwałość - czas, który upłynął od daty ich wyprodukowania. Założono przy tym, na podstawie posiadanych doświadczeń, że zarówno upływ czasu jak i zmiany warunków przechowywania żeli nie wpływają niekorzystnie na badane parametry. Jednocześnie zaplanowano, w zakresie badawczym, przechowanie próbek żeli przez okres trwania projektu w warunkach zbliżonych do poligonowych. W tym przypadku otrzymamy odpowiedź na nurtujące nas pytanie o przydatności „żeli” do użycia po długim okresie przechowywania.

Kolejnym aspektem brany pod uwagę w niniejszym projekcie badawczym jest opracowanie sposobu wytwarzania osłon z użyciem modyfikowanych żeli przez np. załogę wozu bojowego w warunkach polowych, przy założeniu, że posiadają oni odpowiednie komponenty (suche) i dostęp do wody.

Dla przeanalizowania wpływu czasu i warunków przechowywania na właściwości pochłaniania energii wybuchu przez „żełe” nie wystarczy powtórne sprawdzenie i potwierdzenie spełniania tych wymagań przez sezonowane próbki. Wynik takiego badania mógłby jedynie stanowić podstawę do oceny ich jakości, umożliwiającej podjęcie decyzji o dopuszczeniu ich do dalszego wykorzystania lub o konieczności ich wycofania. Większą wartość poznawczą da natomiast dysponowanie wartością ich rzeczywistej energochłonności w zakresie znamionowej klasy kuloodporności i pochłaniania energii. Wskazane byłoby przy tym oczywiście dysponowanie, dla porównania,

wartościami wyznaczonymi dla nich, gdy były badane w fazie badawczej podczas ich badań odbiorczych. Jednak badania takie nie były nigdy dotychczas prowadzone i taki materiał porównawczy nie istnieje.

Dla wszystkich urządzeń, od modeli po gotowe urządzenia badawcze opracowano instrukcje pracy i BHP na stanowiskach oraz procedury (metodyki) badań.

Na początku badań Zespół Naukowo Techniczny opracował wstępny harmonogram badań do 29.01.10 (por. tab. 1).

**Tab. 1.** Wstępny harmonogram pracy i etapów (2 miesiące).

Etap	Nazwa	Ilość	Badania własne	Badania obce
<b>I</b>	<b>Produkcja żeli (1 dm<sup>3</sup>)</b>			
I.1	Produkcja żeli o jednej % recepturze	20	- lepkość, - badania struktury, - wahadło balistyczne, - pociski do 500 J, - rura strzałowa mała.	WITPIS: - młot spadowy, - komora klimatyczna.; MAKSPOL: - kuloodporność 1,1 g.
I.2	Produkcja żeli o jednej % recepturze	20		
I.3	Produkcja żeli o jednej % recepturze	20		
I.4	Produkcja żeli o jednej % recepturze	20		
I.5	Produkcja żeli do wahadła $\phi$ 48x50	20	Pochłanianie energii w wahadle balistycznym	
<b>II</b>	<b>Produkcja żeli (1 dm<sup>3</sup>) - modyfikacja receptur</b>			
II.1	Piasek (kwarc) o różnej % zawartości (3 receptury)	20	Te same badania co w części I.  Po badaniach w WITPIS i MAKSPOL wytypowanie perspektywicznych żeli do dalszych modyfikacji.	Te same badania co w części I.  Wspólne wytypowanie perspektywicznych żeli
II.2	Krzemionka o różnej % zawartości (3 receptury)	20		
II.3	Włóknina o różnej % zawartości (3 receptury)	20		
II.4	Włókno szklane o różnej % zawartości (3 receptury)	20		
II.5	Taśma gumowa (folia) o różnej % zawartości (3 receptury)	20		
II.6	Fragmety materiałów (tkanin) o różnej % zawartości (3 receptury)	20		
II.7	Pęcherzyki powietrza o różnej % zawartości (3 receptury)	20		
II.8	Przekładki z folii bąbelkowej różnej ilości (3 receptury)	20		

Posłużył on do opracowania planu badań uwzględniającego produkcję i badania żeli. W procesie opracowania planu uwzględniono także badania poligonowe (niezwiązane z badaniem żeli) jednak wpływające na powstawanie przerw w badaniach projektu. Harmonogram I etapu pracy badawczo rozwojowej został opracowany dla wszystkich zespołów badawczych. Obejmuje on badania zaplanowane na okres od 08.12.2009 do 08.06.2010. W fazie początkowej badania obejmowały:

- produkcję żeli i żeli modyfikowanych (receptury po 20 próbek o jednakowym składzie),
- badania z wykorzystaniem materiałów wybuchowych (MW), 3 ÷ 5 dzień po produkcji,
- opracowanie wyników badań,
- badania prowadzone są do momentu wytypowania żeli mających najlepsze parametry,
- ilości i skład MW do badań będą ustalone po badaniach wstępnych wahadła i przyrządu hermetycznego,
- badania fizykochemiczne zostaną przeprowadzone po zakupie aparatury badawczej.

Dokonana przez Zespół Naukowo Techniczny analiza wyników przeprowadzonych badań - która nie jest tematem niniejszego opracowania - dała podstawę do opracowania dalszego harmonogramu badań wniosku rozwojowego. Przyjęto ograniczenie co do ilości produkowanych próbek żeli modyfikowanych, uwzględniając tylko te, które posiadają najlepsze parametry tłumienia fali i najlepsze parametry dla kulo i odłamkoodporności. Dodatkowym założeniem dalszych badań, jest świadomy wybór losowy badania jednakowych próbek (z różnymi modyfikatorami) tj. 60% wytworzonych próbek.

Pierwsze próby badawcze, z zastosowaniem tych zaleceń dały bardzo obiecujące rezultaty. Po badaniach przez

innych konsorcjantów (młot spadowy, odłamkoodporność przy dużych prędkościach, komora klimatyczna) podjęte zostaną decyzje co do dalszych prac związanych z poszczególnymi etapami projektu.

#### **4. Wnioski**

Ochrona ludzi, sprzętu i obiektów przed działaniem destrukcyjnym fali uderzeniowej i odłamków jest zagadnieniem niezmiernie ważnym ze względu na ilość wypadków (w sferze cywilnej i mundurowej). Od użycia materiałów wybuchowych w sferze cywilnej nie można odejść (nie wspominając o sferze mundurowej) dlatego nadal należy prowadzić badania zmierzające do minimalizacji niepożądanych skutków ich użycia. Można domniemać, że wiele jest osób i firm zajmujących się tą problematyką, lecz nasze badania, choć są jeszcze w fazie początkowej, dają bardzo obiecujące rezultaty. Można zatem sądzić, że zakończenie programu będzie początkiem wielokierunkowych badań mających na celu ochronę przed działaniem skutków użycia materiałów wybuchowych nie tylko w konfliktach zbrojnych ale także na płaszczyźnie cywilnej.

#### **Podziękowanie**

Publikacja powstała w ramach dofinansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych do realizacji projektu rozwojowego – O R00 0066 09 „**Podstawy technologii wytwarzania osłon ochronnych z wykorzystaniem modyfikowanego żeluz balistycznego**”, realizowanego w terminie: grudzień 2009 – grudzień 2011 r.

#### **Literatura**

- [1] Opracowania własne JAKUSZ SZB, Kościerzyna