

Andrzej ZBROWSKI

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom

BADANIA PROTOTYPU DZIAŁA PNEUMATYCZNEGO

Słowa kluczowe

Badania prototypu, działo pneumatyczne, testy zderzeniowe, szybka kamera.

Streszczenie

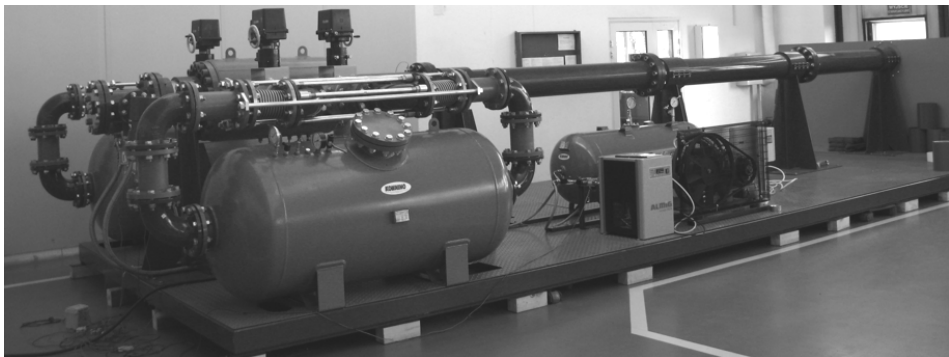
W artykule zaprezentowano metodykę badań prototypu działka pneumatycznego kalibru 250 mm. Działo jest przeznaczone do realizacji testów zderzeniowych wykonywanych w badaniach konstrukcji lotniczych. Rozwiązanie umożliwia miotanie, za pomocą sprężonego powietrza, obiektów o rozmiarach pełnokalibrowych oraz podkalibrowych umieszczanych w sabocie. Przedstawiona metodyka umożliwia weryfikację unikatowego rozwiązania prototypowego z wykorzystaniem metod dekompozycji, definiowania parametrów krytycznych i identyfikacji źródeł usterek.

Wprowadzenie

Działo pneumatyczne, przeznaczone do realizacji testów zderzeniowych metodą miotania obiektów imitujących ptaki, jest rozwiązaniem jednostkowym wykonywanym ściśle dla określonego odbiorcy o zdefiniowanych oczekiwaniach. Działka do wykonywania tzw. „testu ptaka” (*bird test*) [1–4] funkcjonują jako nieliczne i unikatowe systemy o bardzo zróżnicowanych możliwościach energetycznych, limitowanych kalibrem i ciśnieniem roboczym [5, 6]. Systemy małokalibrowe (25–70 mm) umożliwiają uzyskiwanie większych prędkości dla małych mas pocisku, natomiast w rozwiązaniach średniokalibrowych

(70–150 mm) dla obiektów o większych masach prędkości wylotowe są mniejsze. Największy spadek prędkości jest notowany dla urządzeń wielkokalibrowych (powyżej 200 mm).

Celem prezentowanego rozwiązania (rys. 1) było opracowanie działa wielkokalibrowego o największym ze spotykanych kalibrów – 250 mm, które pomimo dużej średnicy lufy będzie zdolne nadawać ciężkim, kilkukilogramowym obiektom prędkości odpowiadające systemom małokalibrowym, przekraczające prędkość dźwięku. Obiekty miotane powinny charakteryzować się stabilną i powtarzalną trajektorią lotu bez względu na wykorzystanie do strzału pocisku pełnokalibrowego czy też podkalibrowego umieszczonego w sabocie.



Rys. 1. Prototyp działa pneumatycznego o kalibrze 250 mm

Etapem weryfikującym poprawność rozwiania i określającym poziom uzyskanych parametrów są badania prototypu. Jest to ostatni etap realizacji przedsięwzięcia decydujący o sukcesie wdrożeniowym i bezpieczeństwie eksploatacji.

1. Przedstawienie problemu badań prototypów

Projektowanie i budowa urządzeń jednostkowych jest przedsięwzięciem niosącym bardzo duży stopień ryzyka, wynikający z niezwykle małego marginesu akceptowalnego błędu, jaki może zostać popełniony podczas procesu realizacji zadania.

Proces ten jest szczególnie trudny w przypadku projektowania urządzeń, które w dotychczasowym stanie techniki nie posiadają odpowiedników lub wcześniejszych wersji rozwojowych. Zagadnienie staje się jeszcze bardziej złożone, jeżeli obiekt stanowiący rezultat prac projektowych jest rozwiązaniem zupełnie unikatowym, charakteryzującym się wysokim stopniem innowacyjności, po raz pierwszy egzemplifikowanym w formie prototypu.

Projektowanie prototypowych i jednostkowych urządzeń technicznych jest działalnością wymagającą metodycznego podejścia zapewniającego uzyskanie planowanych celów w czasie przewidzianym na realizację przedsięwzięcia z zachowaniem rygorów technicznych, finansowych i organizacyjnych [7, 8].

Zasadniczym elementem metodyki projektowania prototypów są zagadnienia związane z badaniami i weryfikacją rezultatów opracowanego rozwiązania [9, 10].

Doskonalenie metod projektowania prototypów urządzeń unikatowych o wysokim stopniu innowacyjności stwarza potrzebę budowy modeli procesów testowania i badań zindywidualizowanych obiektów technicznych.

W przypadku urządzeń unikatowych proces badań i weryfikacji jest zadaniem niezwykle trudnym. Ograniczenia czasowe oraz minimalna ilość danych uzyskiwanych w badaniach pojedynczego rozwiązania zawsze wywołują znaczne ryzyko związane z funkcjonowaniem rozwiązań o wysokim stopniu innowacyjności, projektowanych i wykonywanych unikatowo, jedynie w skali jednostkowej.

Metodyka badań prototypów urządzeń unikatowych musi uwzględniać specyfikę procesu realizacji przedsięwzięcia, w którym badany obiekt jest jedynym reprezentantem w populacji rozwiązań, wersji i typów, a czas weryfikacji jest niezwykle ograniczony. Jednocześnie wyniki badań powinny nie tylko informować o uzyskanym poziomie rozwiązania, ale także wprowadzać sprzężenie zwrotne umożliwiające weryfikację urządzenia.

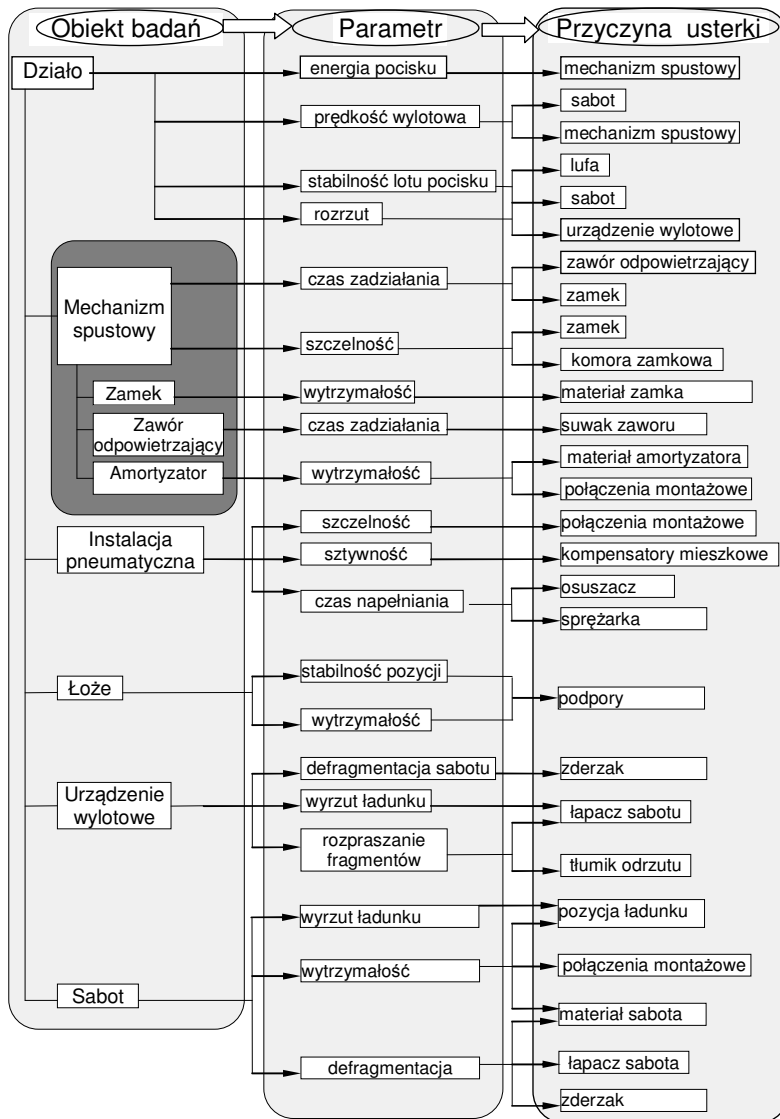
Podstawowym założeniem prezentowanego podejścia jest prowadzenie badań tylko dla podzespołów i elementów stanowiących oryginalne rozwiązania w badanym obiekcie technicznym. Elementy funkcjonujące jako istniejące rozwiązania techniczne, ze względów czasowych i finansowych, nie podlegają badaniom indywidualnym. Istnieje jednak możliwość ich oceny, jeżeli występują jako integralny element rozwiązania oryginalnego.

Głównym elementem procesu badań i weryfikacji prototypu jest dekompozycja obiektu na zespoły i elementy, które są nowymi rozwiązaniami w zasadniczy sposób decydującymi o funkcjach, parametrach, trwałości i niezawodności opracowanego rozwiązania. Istnieje taka możliwość, że rezultaty dekompozycji będą tworzyć strukturę wielopoziomową, w której każdy ze zidentyfikowanych elementów będzie rozwiązaniem oryginalnym o podstawowym znaczeniu dla funkcjonowania całego obiektu lub modułu. W ogólnym przypadku dekompozycja może być przeprowadzana w warstwie struktury mechanicznej, systemu sterowania oraz informatycznej.

Dla każdego zidentyfikowanego i wyodrębnionego elementu konieczne jest przypisanie odpowiedniego parametru funkcjonalnego, który w zasadniczym stopniu określa poziom uzyskanego rozwiązania. Trzecim elementem metodyki jest procedura przyporządkowania parametrom funkcjonalnym potencjalnych

źródeł zakłóceń i usterek w postaci zastosowanych komponentów typowych i dedykowanych oraz rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych.

Wygenerowana, relacyjna struktura zbiorów przedmiotu badań, parametrów krytycznych oraz źródeł zakłóceń charakteryzuje się występowaniem relacji jeden do jednego, jeden do wielu oraz wiele do jednego. Oznacza to, że dla jednego obiektu może być przyporządkowanych wiele parametrów, a dla jednego parametru wiele źródeł zakłóceń (rys. 2).



Rys. 2. Schemat definiowania zakresu badań prototypu działka pneumatycznego

Istotnym elementem metodyki badań jest dobór instrumentarium badawczego zapewniającego jak najszybszą, ale jednocześnie rzetelną i obiektywną ocenę poziomu rozwiązania.

Bardzo trudnym zadaniem jest także prawidłowe zaplanowanie eksperymentów mających na celu ocenę trwałości i wytrzymałości. Ograniczenia czasowe oraz jednostkowy charakter obiektu badań powodują konieczność prowadzenia testów o charakterze przyspieszonym lub znacznie odbiegających od parametrów pracy występujących podczas właściwej eksploatacji urządzenia.

Integralną częścią metodyki badania prototypu jest wiedza ekspertów wywodzących się z grona konstruktorów i eksploatorów nowego urządzenia.

2. Realizacja badań weryfikacyjnych

Ponieważ większość procesów decydujących o poprawności działania działa pneumatycznego ma charakter dynamiczny i charakteryzuje się wysokimi parametrami energetycznymi, podstawowym wykorzystanym instrumentarium badawczym jest szybka kamera Phantom V 310 firmy Vision Research. Parametry kamery umożliwiają rejestrację obrazu z prędkością od 3250 klatek/s (fr/s) przy rozdzielczości 1280x800 pikseli do 500000 klatek/s przy rozdzielczości 128x8 pikseli.

2.1. Badania mechanizmu spustowego

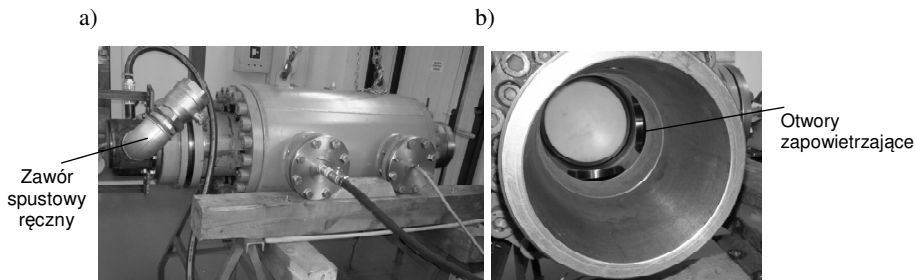
Badania rozpoczęto od przetestowania mechanizmu spustowego, ponieważ jest on najistotniejszym elementem konstrukcyjnym lufowego działa pneumatycznego, decydującym o uzyskiwanych prędkościach miotanych obiektów. Mechanizm musi umożliwić jak najszybsze uzyskanie pełnoprzelotowego przepływu czynnika roboczego ze zbiornika akumulatora ciśnienia do kanału lufy. Ze względu na długie czasy otwierania i zamykania typowych zaworów wysokociśnieniowych o dużym współczynniku przepływu, sięgające nawet kilkadziesiąt sekund, skonstruowano specjalny mechanizm spustowy dedykowany szczególnie dla działa o dużym kalibrze (nawet powyżej 250 mm) przeznaczonym do wystrzeliwania pocisków umieszczonych w lufie.

Mechanizm poddano próbom weryfikacyjnym na specjalnie przygotowanej lawecie umożliwiającej rozproszenie energii odrzutu.

W celu określenia krytycznej prędkości działania zaworów odpowietrzających badania przeprowadzono z zastosowaniem ręcznych zaworów kulowych (rys. 3). Wymaganą prędkość otwierania zaworu określono z zastosowaniem szybkiej kamery rejestrującej czas otwierania zaworu przez operatora.

Badania pozwoliły zweryfikować parametry współczynnika przepływu oraz zdefiniować czas zadziałania zaworów automatycznych. Ponadto na podstawie uzyskanych rezultatów badań modyfikacjom poddano kształt otworów zapowie-

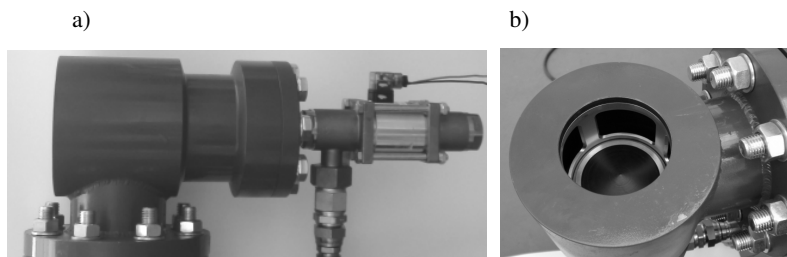
trających komorę zamkową. Zmiana geometrii otworu zwiększyła dynamikę ruchu zamka.



Rys. 3. Mechanizm spustowy: a) mechanizm z ręcznymi zaworami spustowymi, b) widok komory zamkowej z zamkiem w pozycji otwartej

Obrazy zarejestrowane kamerą do szybkiej rejestracji zdjęć pozwoliły ustalić, że minimalny czas zadziałania docelowego zaworu pełnoprzelotowego o średnicy przepływu 100 mm powinien wynosić max. 0,3 s.

Ponieważ zawory o wyznaczonych parametrach nie występują w ofercie handlowej podjęto decyzję o budowie zaworu automatycznego, dedykowanego do aplikacji jako zawór szybkiego spustu z przyłączem \varnothing 100 mm, przystosowanym do współpracy z instalacją o maksymalnym ciśnieniu roboczym 4 MPa (rys. 4).



Rys. 4. Zawór szybkiego spustu: a) zawór spustowy sterowany zaworem 3/2, b) kolektor wylotowy

Weryfikacja zaworu szybkiego spustu przeprowadzona z zastosowaniem szybkiej kamery pozwoliła ustalić czas zadziałania zaworu wynoszący 0,1 s.

Badania mechanizmu spustowego przyczyniły się także do weryfikacji konstrukcji zamka. Zamek w pierwszej wersji konstrukcyjnej został wykonany z tarnamidu. Wytrzymałość tworzywa sztucznego w wyniku wielokrotnych, dynamicznych oddziaływań uderowych, jakie występują w komorze zamkowej, okazała się jednak niewystarczająca, co spowodowało pęknięcie zamka (rys. 5).

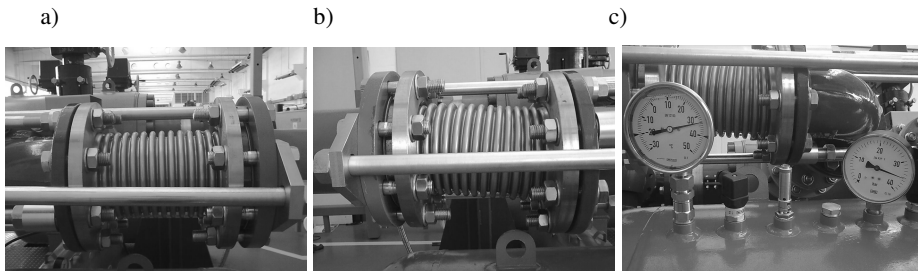


Rys. 5. Zamek mechanizmu spustowego: a) zamek wykonany z tarnamidu przed badaniami, b) pęknięcie zamka jako efekt badań trwałościowych, c) zamek wykonany z duralu

Korpus poprawionej wersji zamka został wykonany z duralu.

2.2. *Badania instalacji pneumatycznej*

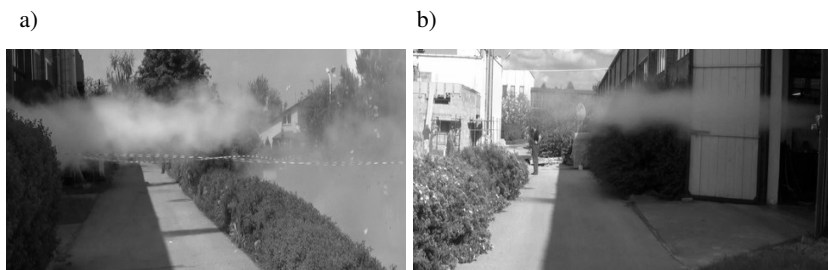
Badania przeprowadzono dla maksymalnej wartości dopuszczalnego ciśnienia osiąganego przez sprężarkę, wynoszącej 3,5 MPa. Dla instalacji obciążonej ciśnieniem 3,5 MPa dokonano pomiarów przemieszczeń kątowych oraz liniowych kołnierzy kompensatorów mieszkowych (rys. 6).



Rys. 6. Weryfikacja instalacji pneumatycznej: a) odkształcenia kompensatorów mieszkowe pod działaniem ciśnienia 0 MPa, b) odkształcenia kompensatorów mieszkowych pod działaniem ciśnienia 3,5 MPa, c) parametry badań ciśnieniowych

Przeprowadzone pomiary nie wykazały przekroczenia dopuszczalnych wartości przemieszczeń kołnierzy połączeń śrubowych określonych przez producenta.

Elementem badań instalacji pneumatycznej były testy koncentracji pary wodnej w wydmuchiwanym sprężonym powietrzu. Stwierdzono, że stężenie pary jest tak znaczne, że utrudnia obserwację zjawiska zderzenia (rys. 7).



Rys. 7. Pióropusz wylotowy – ciśnienie 0,8 MPa: a) powietrze nieosuszone, b) powietrze osuszone

W celu zmniejszenia ilości pary zastosowano osuszanie powietrza tłoczono-
nego przez sprężarkę za pomocą osuszacza chłodniczego.

2.3. Wyznaczanie parametrów energetycznych

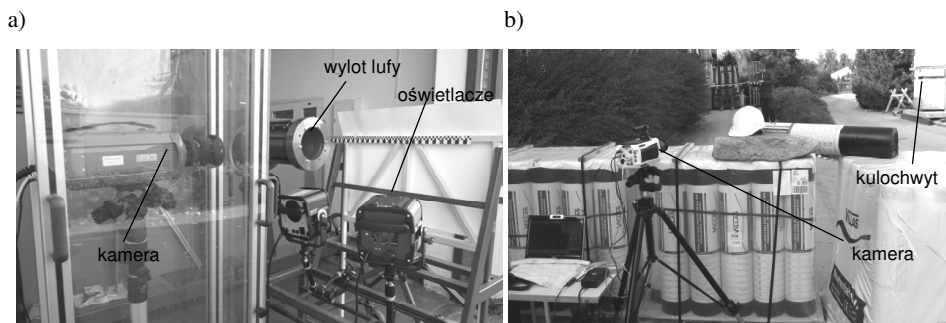
Parametry energetyczne działa zostały wyznaczone na specjalnie przygoto-
wanej strzelnicy wyposażonej w kulochwyt. Odległość wylotu lufy od kulo-
chwytu wynosiła 12 m. Działo znajdowało się w pomieszczeniu wyposażonym
w zamykany wrotami otwór strzelniczy (rys. 8).



Rys. 8. Strzelnica: a) działo na wprost kulochwytu, b) widok działła od przodu

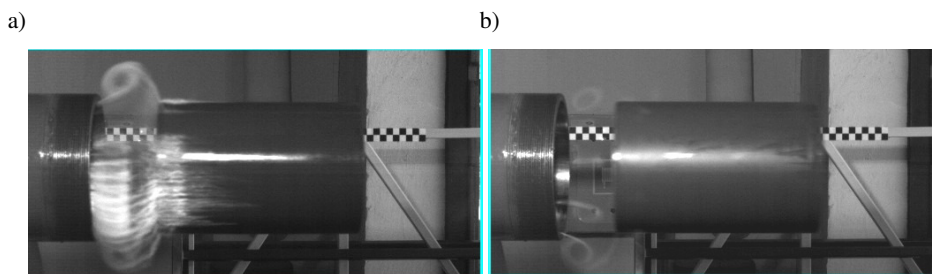
Parametry energetyczne działa badano z jednoczesnym zastosowaniem
dwóch szybkich kamer (rys. 9). Pierwsze stanowisko (pomiarowe) wykorzysta-
jące kamerę Phantom V 310 umiejscowiono w pobliżu wylotu pocisku z lufy,
w taki sposób, że oś optyczna kamery była prostopadła do osi podłużnej lufy.

Drugie stanowisko (obserwacyjne) znajdowało się w ustawieniu umożli-
wiającej rejestrację trajektorii lotu i kolizji pocisku z kulochwytem. Jako kulo-
chwyt zastosowano stos trzech bloków betonowych o masie 2000 kg, 1000 kg
i 500 kg ustawionych jeden na drugim i dodatkowo opartych o pionową ścianę.
Do rejestracji zjawiska kolizji zastosowano kamerę Phantom V 710 umożliwia-
jącą rejestrację obrazu z prędkością od 7500 klatek/s z rozdzielczością
1280x800 pikseli do 680000 klatek/s z rozdzielczością 128x8 pikseli.



Rys. 9. Stanowiska kamer: a) stanowisko pomiarowe do wyznaczania prędkości wylotowej pocisku, b) stanowisko obserwacyjne do rejestracji zderzenia z kulochwytem

Pomiary prędkości wylotowej prowadzono dla pocisków pełnokalibrowych o długości 350 mm (rys. 10).

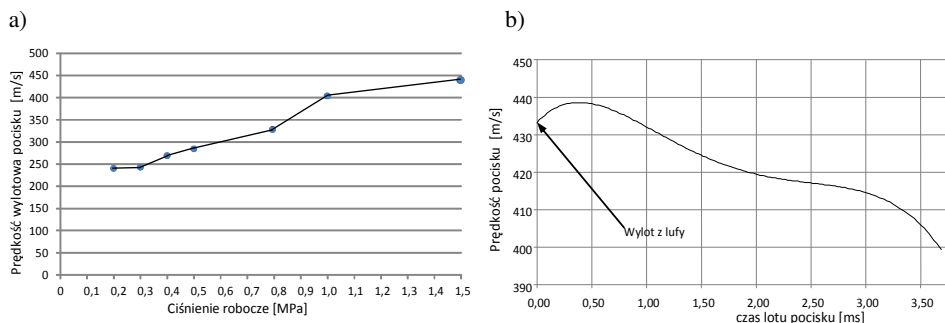


Rys. 10. Obraz pocisku opuszczającego lufę rejestrowany podczas pomiaru prędkości: a) ciśnienie robocze 0,8 MPa, b) ciśnienie robocze 0,6 MPa (widoczne smugi pary wodnej); czas naświetlania 40 μ s, prędkość rejestracji 10000 fr/s

Badania przeprowadzono dla pocisków o jednakowej masie 2,5 kg. Prędkości wylotowe zarejestrowano dla ciśnienia roboczego wynoszącego 0,2 MPa; 0,3 MPa; 0,4 MPa; 0,5 MPa; 0,8 MPa; 1 MPa; 1,5 MPa.

Zarejestrowane prędkości wylotowe umożliwiły wyznaczenie charakterystyki działa określającej prędkość wylotową pocisku w funkcji ciśnienia roboczego oraz charakterystyki określającej prędkość wylotową w funkcji odległości pocisku od wylotu z lufy (rys. 11).

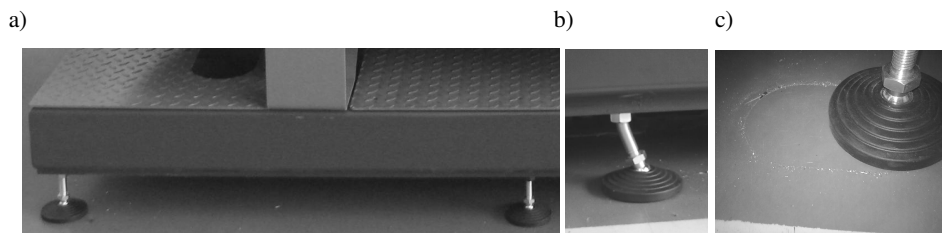
Parametry energetyczne działa pozwalają uzyskiwać prędkości naddźwiękowe. W przypadku wysokich ciśnień, przekraczających 1,5 MPa pojawia się jednak istotne oddziaływanie siły odrzutu. Odrzut systemu, występujący przy ciśnieniu roboczym 1,5 MPa, spowodował przesunięcie 20-tonowej konstrukcji o 10 cm i złamanie 16 stóp wibroizolatorów osadzonych na śrubach M16 (rys. 12).



Rys. 11. Charakterystyki dział: a) zależności prędkości od ciśnienia roboczego dla masy 1,5 kg, b) charakterystyka prędkości wylotowej (masa pocisku 2,5 kg ciśnienie robocze 1,5 MPa)

W celu ograniczenia wpływu siły odrzutu wibroizolatory zastąpiono gumowo-drewnianymi podporami zamocowanymi do ramy (rys. 1). Dla ciśnień roboczych przekraczających 15 MPa platformę działu należy w przedniej części dociążyć, aby zwiększyć własności tłumiące układu.

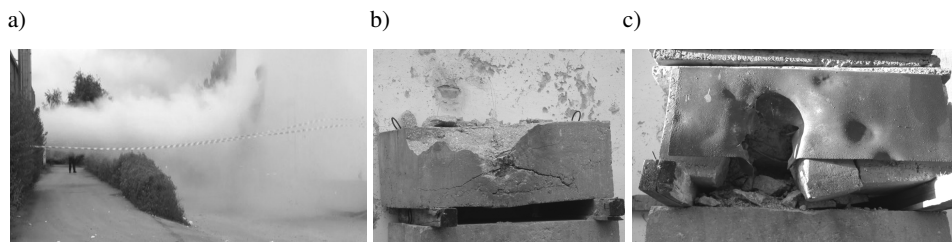
Ze względu na bardzo duże możliwości energetyczne systemu miotającego jednym z podstawowych aspektów wdrożenia jest zapewnienie warunków bezpiecznej eksploatacji dla personelu obsługi oraz infrastruktury technicznej i budowlanej znajdującej się w pobliżu działu.



Rys. 12. Posadowienie platformy działu: a) stopki wibroizolatorów przed uszkodzeniem, b) złamanie śruby wibroizolatora (M16), c) ślad odrzutu (1,5 MPa)

Hałas wystrzału, szczególnie podczas procesu charakteryzującego się wysokim ciśnieniem roboczym, gdy przekraczana jest bariera dźwięku, może stanowić istotny problem związany z uciążliwością badań dla środowiska oraz destrukcyjnym oddziaływaniem fali dźwiękowej na infrastrukturę budowlaną.

Główne zagrożenie wynika jednak ze skutków kolizji miotanego obiektu z celem. Właściwe przygotowanie kulochwyty i zabezpieczenie otoczenia przed odłamkami musi stanowić priorytet bezpiecznego prowadzenia działalności badawczej (rys. 13) realizowanej z zastosowaniem działu pneumatycznego.

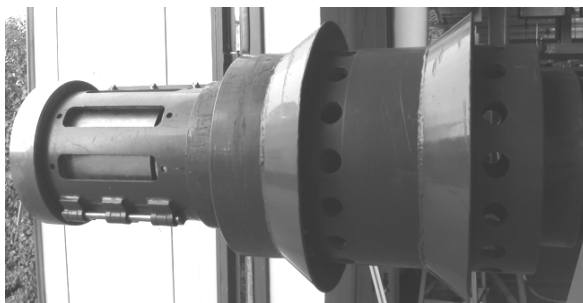


Rys. 13. Skutki wystrzału: a) obraz zderzenia i pióropusz wylotowy powstały podczas wystrzału o ciśnieniu 1,5 MPa, b) uszkodzenie bloku betonowego strzałem oddanym przy ciśnieniu 1,5 MPa (pocisk pełnokalibrowy o masie 5,5 kg), c) uszkodzenia kulochwytu wywołane kilkukrotnym trafianiem pociskiem podkalibrowym wykonanym z wosku o masie 3,5 kg (osłona z blachy stalowej o grubości 4 mm)

2.4. Badania urządzenia wylotowego

Urządzenie wylotowe spełnia podstawową rolę w przypadku strzelania pociskami podkalibrowymi imitującymi ptaki, osadzonymi w sabocie. Urządzenie musi uwolnić pocisk od sabotu oraz zapewnić defragmentację i maksymalne rozproszenie szczątków płaszcza prowadzącego i wypełniacza. Defragmentacja i rozproszenie są niezbędne dla ograniczenia zakłóceń wywołanych potencjalną kolizją odłamków sabotu z obiektem badanym.

Zadaniem urządzenia wylotowego (rys. 14) jest usunięcie sabotu w sposób niewywołujący zakłóceń w trajektorii lotu pocisku.



Rys. 14. Urządzenie wylotowe

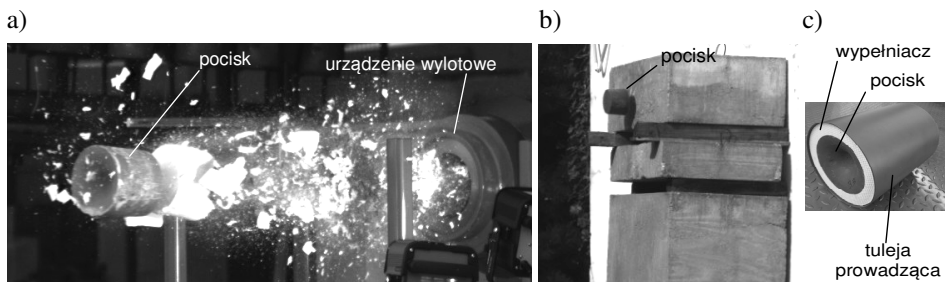
Pocisk uwolniony nieprawidłowo zachowuje się niestabilnie a kierunek lotu oraz pozycja uderzenia oraz miejsce uderzenia w cel są przypadkowe (rys. 15).

Urządzenie wylotowe jest elementem dopasowanym do konstrukcji sabotu. Ponieważ opracowano dwie wersje konstrukcyjne sabotu, wykonano również odpowiednie dwa warianty urządzenia wylotowego. Pierwsze rozwiązanie jest

przeznaczone do rozbijania sabotu, w którym pocisk znajduje się w sabocie na czole ładunku (rys. 16).



Rys. 15. Nieprawidłowe uwolnienie pocisku od sabota: a) zakłócenie trajektorii w urządzeniu wylotowym (czas naświetlania 40 μ s, prędkość rejestracji 8000 fr/s), b) nieprawidłowa pozycja zderzenia z celem (czas naświetlania 60 μ s, prędkość rejestracji 7500 fr/s)



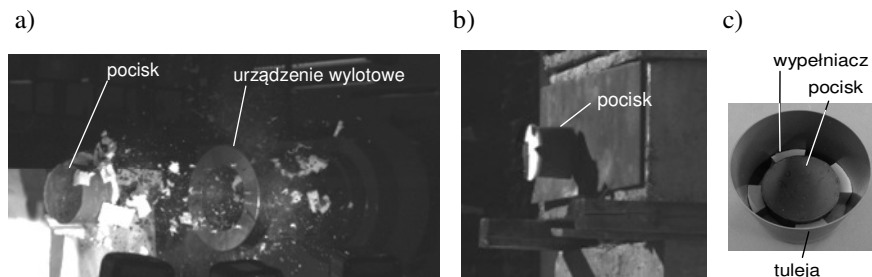
Rys. 16. Badania urządzenia wylotowego przeznaczonego do rozbijania sabota, w którym pocisk znajduje się na czole ładunku: a) uwolnienie pocisku podkalibrowego z sabota (widoczne liczne i duże fragmenty wypełniacza – czas naświetlania 40 μ s, prędkość rejestracji 8000 fr/s), b) dołot pocisku podkalibrowego do kulochwytu (czas naświetlania 60 μ s, prędkość rejestracji 7500 fr/s), c) ładunek z pociskiem podkalibrowym na umieszczonym na czole sabota

Drugie rozwiązanie jest przeznaczone do rozbijania sabota, w którym pocisk znajduje się głęboko w sabocie i opiera się o dno (rys. 17).

Obrazy zarejestrowane za pomocą szybkiej kamery dokumentują prawidłowy przebieg procesu uwalniania sabota występujący w obu rozwiązaniach. Pocisk po uwolnieniu nie zmienia pozycji i dociera do celu prawidłowo ustawiony.

Należy jednak zauważyć, że pocisk uwolniony z sabota, w którym znajdował się na czole ładunku, rozciąga za sobą szeroki stożek ze znaczną ilością dużych odłamków wypełniacza.

Rozwiązanie, w którym pocisk znajduje się na dnie sabota, ze względu na mniejszą objętość wypełniacza charakteryzuje się znacznie mniejszą ilością odłamków w stożku (rys. 17).



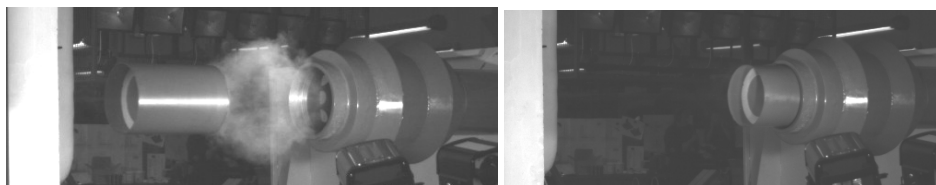
Rys. 17. Badania urządzenia wylotowego przeznaczonego do rozbijania sabotu, w którym pocisk znajduje się na dnie sabotu: a) uwolnienie pocisku podkalibrowego z sabotu (czas naświetlania 10 μ s, prędkość rejestracji 1800 fr/s), b) dołot pocisku podkalibrowego do kulochwytu (czas naświetlania 40 μ s, prędkość rejestracji 7500 fr/s), c) ładunek z pociskiem podkalibrowym na umieszczonym na dnie sabotu

Jest to cecha korzystna i decydująca o dalszym stosowaniu jedynie tej wersji konstrukcyjnej pocisku w sabocie.

2.5. *Badania stabilności lotu*

Badania stabilności lotu pocisku przeprowadzono w celu określenia powtarzalności i rozrzutu systemu miotającego. Badania przeprowadzono dla strzałów wykonanych z zastosowaniem pocisków pełnokalibrowych (rys. 18, 19, 20) oraz podkalibrowych (rys. 21, 22, 23).

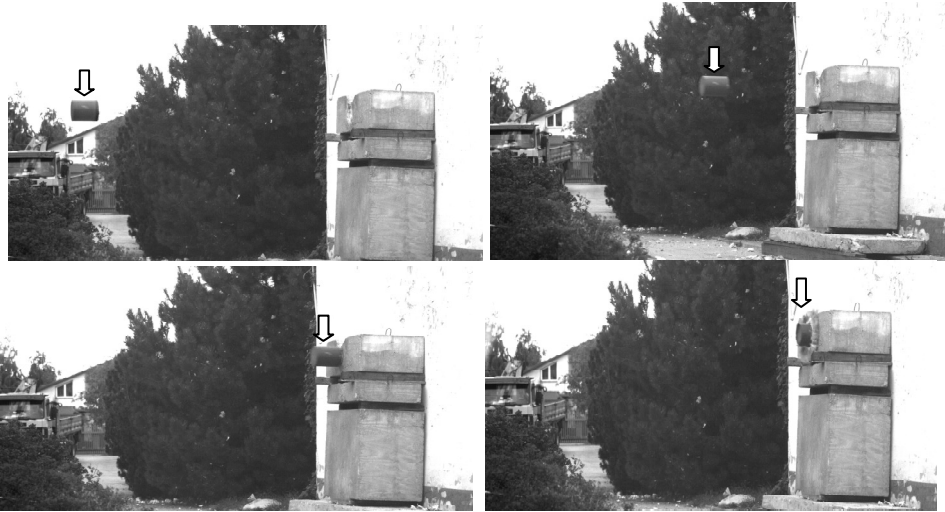
Pociski pełnokalibrowe wystrzelono z zastosowaniem kompensatora odrzutu. Pociski podkalibrowe miotano z zastosowaniem urządzenia wylotowego, zamontowanego do kompensatora odrzutu.



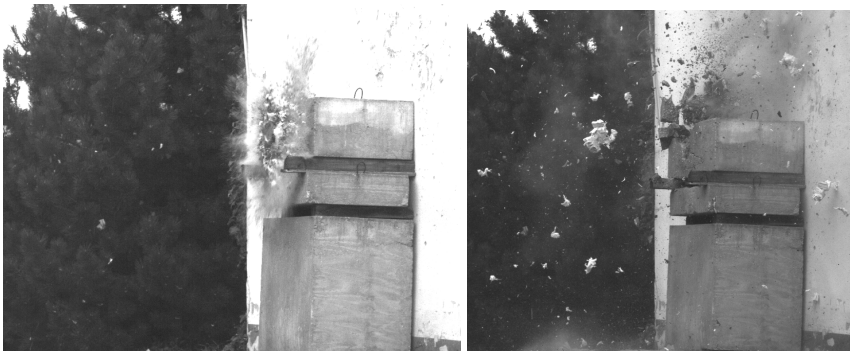
Rys. 18. Wylot pocisku pełnokalibrowego z lufy (czas naświetlania 30 μ s, prędkość rejestracji 8000 fr/s)

Wielokrotnie zarejestrowane obrazy pocisków w locie oraz zjawiska kolizji z kulochwytem wskazują na dużą stabilność miotanego obiektu w czasie lotu oraz wysoką powtarzalność niezależnie od masy pocisku.

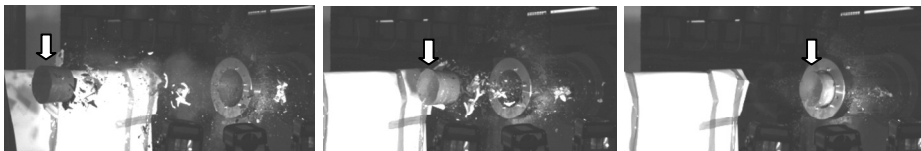
Rozrzut trafień jest bardzo mały i nie przekracza rozmiarów pocisku (rys. 24).



Rys. 19. Lot pocisku pełnokalibrowego w kierunku kulochwytu (czas naświetlania $190 \mu\text{s}$, prędkość rejestracji 5000 fr/s)



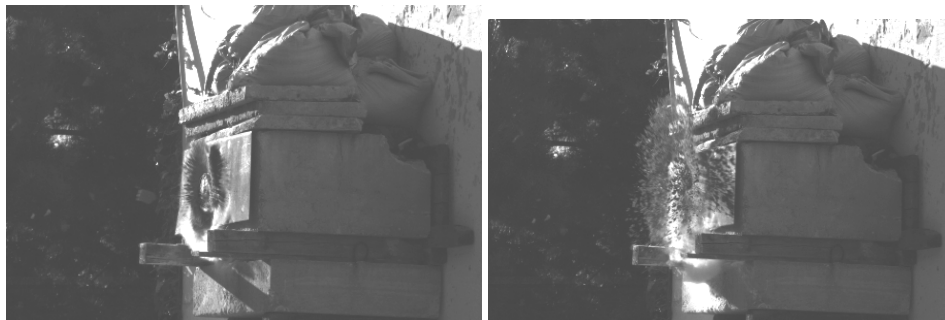
Rys. 20. Zderzenie pocisku pełnokalibrowego z kulochwytem (czas naświetlania $190 \mu\text{s}$, prędkość rejestracji 5000 fr/s)



Rys. 21. Wylot pocisku podkalibrowego z urządzenia wylotowego (czas naświetlania $20 \mu\text{s}$, prędkość rejestracji 18000 fr/s)



Rys. 22. Lot pocisku podkalibrowego w kierunku kulochwytu (czas naświetlania $90 \mu\text{s}$, prędkość rejestracji 7500 fr/s)



Rys. 23. Zderzenie pocisku podkalibrowego z kulochwytem (czas naświetlania $90 \mu\text{s}$, prędkość rejestracji 7500 fr/s)



Rys. 24. Trafienia w kulochwyte widoczne przez otwór lufy

Wnioski

Metodyka badań opracowana dla weryfikacji prototypu działu pneumatycznego umożliwiła systemowe testy diagnostyczne prowadzone wg określonego algorytmu. Zastosowanie metod dekompozycji, definiowania parametrów krytycznych i identyfikacji źródeł usterek ułatwiło budowę hierarchicznej, relacyjnej struktury zbiorów przedmiotu badań, parametrów krytycznych oraz źródeł zakłóceń. Wyodrębnienie modułów, podzespołów i elementów stanowiących oryginalne rozwiązania w badanym obiekcie technicznym umożliwiło prowadzenie badań prototypu na różnych etapach realizacji przedsięwzięcia. Określenie źródeł usterek oraz ich wpływu na parametry i powiązania z obiektami badań przyczyniło się do prawidłowego funkcjonowania pętli sprzężenia zwrotnego umożliwiającego cząstkową oraz pełną weryfikację rozwiązania. Szczególnie ważne w badaniach prototypu unikatowych rozwiązań technicznych jest prowadzenie badań i weryfikacji na wczesnych etapach realizacji projektu. Dzięki metodyce definiującej obszary badań cząstkowych weryfikacja wynikająca z warunków sprzężenia zwrotnego może być prowadzona równoległe z budową urządzenia i zaspokajana najmniejszym nakładem środków finansowych, czasowych i organizacyjnych.

Przeprowadzenie badania prototypu działu pneumatycznego przeznaczonego do realizacji testów zderzeniowych konstrukcji lotniczych zostało zweryfikowane pozytywnie.

System ma wysoki potencjał energetyczny umożliwiający miotanie dużych i ciężkich, nawet kilkukilogramowych, obiektów z prędkościami naddźwiękowymi. Pociski podkalibrowe oraz pełnokalibrowe charakteryzują się powtarzalnym torem lotu, stabilnością pozycji w locie i małym rozrzutem trafienia.

Konstrukcja sabotu oraz urządzenia wylotowego umożliwia pełną defragmentację oraz skuteczne rozpraszanie szczątków tulei prowadzącej i wypełniacza, co przyczynia się do niewielkiej liczby niepożądanych odłamków podążających w stożkowym strumieniu powietrza rozciągającym się za wystrzelonym pociskiem podkalibrowym.

Rezultaty badań prototypu pozwoliły wyeliminować problemy związane z dynamiką i wytrzymałością zamka, zmniejszono zakłócenia spowodowane kondensacją pary wodnej w wydmuchiwanym powietrzu. Wyznaczono charakterystyki pracy urządzenia oraz charakterystyki prędkości lotu pocisku.

Praca naukowa wykonana w ramach realizacji Programu Strategicznego pn. „Innowacyjne systemy wspomagania technicznego zrównoważonego rozwoju gospodarki” w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka.

Bibliografia

1. <http://lotniczapolska.pl/Bird-strike-niebezpieczne-kolizje-w-powietrzu,9992>.
2. Bird Strike Damage&Windshield Bird Strike Final Report. European Aviation Safety Agency, 2009.
<http://www.easa.europa.eu/rulemaking/docs/research/Final%20report%20Bird%20Strike%20Study.pdf>.
3. Szczeciński S., Balicki W., Głowacki P.: Uszkodzenia silników turbino-
wych wywołane zderzeniami z ptakami. Przegląd Sił Powietrznych, 2009/2,
s. 15–21.
4. Dolbeer R., et al.: “Wildlife Strikes to Civil Aircraft in the United States
1990-2009,” Report of The Associate Administrator For Airports, Office of
Airport Safety and Standards Airport Safety & Certification. Federal Avia-
tion Administration, No. 16, Washington, DC May 2011.
5. Capriolo I., Sacerdote U.: High velocity air gun with frangible valve trigger
means. Patent US3428037, 1969.
6. <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/news/nrc/2007/01/07/bird-plane.html>.
7. Ruta R., Trzos M., Mazurkiewicz A.: Problematyka projektowania i wery-
fikacji własności eksploatacyjnych rozwiązań prototypowych. Problemy
Eksploatacji nr 3/2003, s. 23–32.
8. Ruta R.: Identyfikacja procesu opracowania rozwiązań prototypowych.
Problemy Eksploatacji Problemy Eksploatacji nr 3/2003, s. 49–58.
9. Mazurkiewicz A., Ruta R., Trzos M.: Badania prototypu. Wydawnictwo
Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Radom 2004.
10. Ruta R.: Model procesu weryfikacji własności eksploatacyjnych rozwiąza-
nia prototypowego. Problemy Eksploatacji nr 2/2004, s. 27–35.

Recenzent:
Adam WIŚNIEWSKI

The testing of the prototype of the pneumatic gun

Key words

Prototype testing, pneumatic gun, impact testing, fast camera.

Summary

The article presents the method for testing the prototype of the pneumatic gun with the calibre of 250 mm. The gun is intended for performing of impact

tests used in the aviation equipment construction. The solution allows throwing, by means of compressed air, of objects of full-calibre or sub-calibre sizes placed in the clog. The presented method allows verification of the unique prototype solution with use of the decomposition methods, definitions of the critical parameters and identification of the defect sources.