

DOŚWIADCZALNE OKREŚLENIE PARAMETRÓW TESTU ZDERZENIOWEGO REJESTRATORA KATASTROFICZNEGO

W artykule omówiony został proces określenia parametrów charakteryzujących zderzenie rejestratora katastroficznego z przeszkodą w celu ustalenia zgodności z normą NO-16-A200:2006 i ED-112. Ocenie podlega odporność rejestratora katastroficznego na przeciążenie o wartości 3400 g. Badania zrealizowano z wykorzystaniem działu pneumatycznego DPZ-250.

WSTĘP

Wyposażenie statków powietrznych (SP) projektowane jest z założeniem spełnienia specyficznych wymagań wymuszanych przez miejsce zabudowy, warunki środowiskowe, w których przychodzi im pracować, spełnianie odpowiedzialnych funkcji oraz zapewnienie bezpieczeństwa w locie.

Rejestratory katastroficzne należą do wyposażenia, które nie tylko musi poprawnie pracować w każdych warunkach lotu swojego nosiciela ale przede wszystkim musi zapisać parametry lotu i charakteryzujące pracę systemów SP zmierzone podczas lotu oraz ochronić zapisane dane w warunkach katastrofy lotniczej

W związku ze sztywno ustalonymi wymaganiami wyposażenie SP podlega badaniom mającym na celu wykazanie odporności lub wytrzymałości na działanie różnych czynników. Należą do nich badania odporności na:

- a) oddziaływanie czynników środowiskowych:
 - temperatury $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \div +80\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - obniżonego ciśnienia atmosferycznego 120hPa;
 - wilgotności 98% w temperaturze $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - przyspieszenia stałego 100 m/s^2 ;
 - sinusoidalnych wibracji o amplitudzie 50 m/s^2 , przemieszczeniu 5 mm i częstotliwości $5 \div 2000\text{ Hz}$;
 - pojedynczych uderów mechanicznych o szczytowym przyspieszeniu 150 m/s^2 i czasie impulsu 15 ms ;
 - wielokrotnych impulsów mechanicznych o szczytowym przyspieszeniu 120 m/s^2 i czasie impulsu 15 ms ;
- b) przebiecie stalowym cylindrycznym trzpieniem o średnicy $6,35\text{ mm}$ i masie 227 kg spadającym z wysokości 3 m ;
- c) ściskanie statyczną siłą 22 kN przez 5 min ;
- d) oddziaływanie agresywnych płynów (olej, paliwa, słona woda);
- e) oddziaływanie ognia o strumieniu cieplnym 158 kW/m^2 , temperaturze $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ w czasie narażenia co najmniej 30 min ;
- f) oddziaływania ciśnienia pod powierzchnią wody $60\text{ MPa} = 6000\text{ m}$ przez co najmniej 24 godziny ;
- g) oddziaływanie przeciążenia występującego przy zderzeniu 3400 g przez ok. $6,5\text{ ms}$

Narażenie wymienione w podpunkcie a) są właściwe dla większości wyposażenia pokładowego SP. W zależności o miejsca zabudowy i spełnianej funkcji wykonywane badania różnią się wartościami narażeń.

Badania wyszczególnione w podpunktach b) ÷ g) wykonywane są tylko dla rejestratorów katastroficznych.

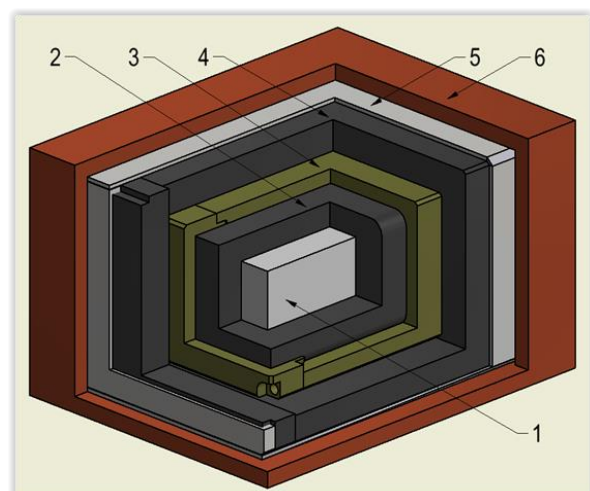
Wymienione wyżej badania są szczegółowo opisane w dokumentach normatywnych NO-16-A200:2006 [1] oraz ED-112 [2].

Wyjątek stanowi badanie odporności na przeciążenie, które jest lakonicznie opisane w normie ED-112. W artykule zostanie przedstawiona opracowana w ITWL procedura badań odporności rejestratora i określania przeciążeń z wykorzystaniem działu pneumatycznego DPZ-250.

1. OBIEKT BADAŃ - KASETA OCHRONNA REJESTRATORA KATASTROFICZNEGO

Kaseta ochronna rejestratora katastroficznego jest to układ pamięci półprzewodnikowych zabezpieczony przed możliwymi narażeniami mechano-klimatycznymi występującymi w trakcie wypadku lotniczego. Kaseta ma za zadanie przechować zapisane w pamięci półprzewodnikowej dane z lotu SP pozwalając na odczytanie ich *nawet* w przypadku wystąpienia katastrofy. Zapis danych odbywa się w pętli. Możliwe jest uzyskanie od kilku do kilkunastu godzin zapisu danych z lotu, w zależności od wielkości zastosowanych pamięci.

Kaseta ochronna zbudowana jest z kolejnych elementów, mających zabezpieczyć układy pamięci półprzewodnikowych przed wszystkimi narażeniami jakim może ona podlegać. Widok przestrzennego przekroju kasety przedstawiono na rys. 1.



Rys.1. Widok przestrzennego przekroju kasety ochronnej: 1 - pakiet elektroniczny umieszczony w warstwie kauczuku silikonowego; 2, 4 - termoizolacyjny materiał mikroporowaty; 3 - obudowa; 5 - obudowa ze stali; 6 - powłoka z farby ogniochronnej.

Bezpośrednią warstwę ochronną pakietu pamięci półprzewodnikowych stanowi kauczuk silikonowy. Elastyczna masa kauczukowa stanowi zabezpieczenie termiczne płytek elektronicznych z pamięciami półprzewodnikowymi. Zatopienie układów pamięci w ww. materiale zabezpiecza je przed możliwością uszkodzenia w wyniku działania drgań lub przyspieszeń o dużej wartości. Zewnętrzny kształt pakietu elektroniki uzyskuje się przez formowanie płynnego kauczuku z zanurzonymi w nim płytkami elektronicznymi.

Kolejną warstwą ochronną jest termoizolacyjny materiał mikroporowaty o przewodności cieplnej mniejszej od spokojnego powietrza chroniący elektronikę przed podwyższoną temperaturą.

Ww. elementy kasety zabudowane są w obudowie pancерnej wykonanej z 7 mm płyty tytanowej. Obudowa ta zabezpiecza pakiet elektroniki przed uszkodzeniami mechanicznymi oraz ciśnieniem.

Pancerna obudowa zabezpieczona jest kolejną warstwą termoizolacyjną o grubości około 15 mm.

Wszystkie z wymienionych zabezpieczeń wraz z pamięciami półprzewodnikowymi umieszczone są w stalowej obudowie o grubości 2 mm. Obudowa jest pierwszą osłoną mechaniczną kasety.

Zewnętrzną warstwę kasety ochronnej stanowi powłoka z farby ogniochronnej. Farba jest zabezpieczeniem kasety przed wysoką temperaturą dzięki temu, że zwiększa swoją objętość przy wzroście temperatury.

Widok kasety ochronnej przedstawiono na rys. 2.



Rys.2. Widok kasety ochronnej

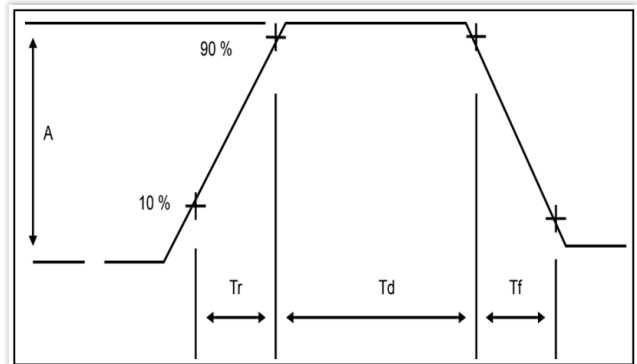
2. ODPORNOŚĆ NA URDAR - WYMAGANIA

Rejestrator katastroficzny podczas badania odporności na udar zgodnie z dokumentami normatywnymi zostaje poddany udarowi skierowanemu wzdłuż najbardziej podatnej na uszkodzenia osi, w najbardziej podatnym na uszkodzenia kierunku.

Energia udaru powinna być równa lub większa energii udaru o przebiegu fali półsinusoidalnej o czasie trwania 6,5 ms i szczytowym przyspieszeniu 33342 m/s² (3400g). Kształt fali powinien być taki, aby szczytowe przyspieszenie osiągnęło wartość co najmniej 3400g. Udar powinien być generowany przez poddanie rejestratora rosnącej lub malejącej prędkości.

Opisane wymaganie można zrealizować poprzez wygenerowanie udaru trapezoidalnego o energii równej energii fali półsinusoidalnej. Przebieg przeciążenia trapezoidalnego został zobrazowany na rys. 3.

Wynik badania uznaje się za pozytywny, jeżeli po oddziaływaniu na rejestrator opisanego przeciążenia można odczytać dane zarejestrowane w pamięci rejestratora.



Rys. 3. Przebieg przeciążenia trapezoidalnego oddziaływującego na rejestrator katastroficzny: $A = 3400g$ (33354 m/s²) minimum; $Tr = 3,5$ ms maksimum; $Td = 3,0$ ms minimum; $Tf > 0$ ms

W normie ED-112, w graficzny sposób, została przedstawiona metoda uzyskania wymaganych rejestratora katastroficznego. Zaproponowano wirówkę – urządzenie z ramieniem obrotowym na końcu, którego znajduje się stalowa płyta o grubości 50mm i wymiarach czołowych większych od badanego obiektu. Masa płyty uderzeniowej powinna być 10 razy większa od masy obiektu badanego, a minimalna prędkość uderzenia przemieszczającej się płyty to 46,33 m/s. Obiekt badany jest wsuwany przed przemieszczającą się płytę za pomocą mechanizmu hydraulicznego a następnie wychwytywany przez sieć.

Metoda zaproponowana w normie pozostawia wiele niewiadomych dotyczących szczegółów przeprowadzenia procesu badawczego ale przede wszystkim wymaga dostępu do bardzo specyficznego urządzenia jakim jest wirówka oraz urządzeń umożliwiających zatrzymanie rozpędzonego obiektu badań.

W badaniu mającym wykazać spełnienie wymagania odporności rejestratora katastroficznego na przeciążenie 3400 g można wyróżnić dwa podstawowe zagadnienia:

- rozpędzanie obiektu do prędkości, przy której możliwe będzie osiągnięcie wymaganego przeciążenia;
- hamowanie obiektu zgodnie z wymaganą charakterystyką.

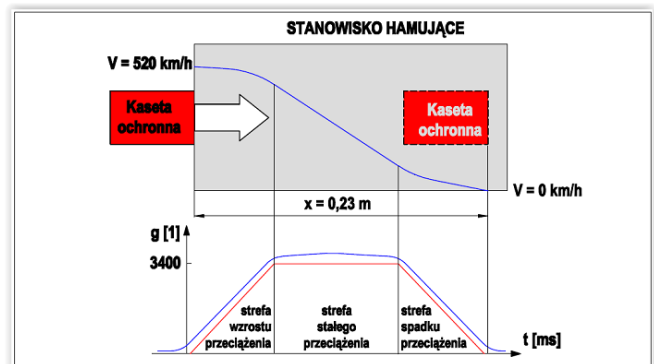
Z racji braku dostępu do urządzeń wskazanych w normie została opracowana metoda wymuszenia i pomiaru wymaganych przeciążeń w oparciu o działo pneumatyczne.

Wybrano działo pneumatyczne DPZ-250 w Instytucie Lotnictwa, którego charakterystyka pozwala na badanie obiektów o masie do 15 kg.

Do hamowania obiektu badań wybrano przeszkodę złoża piasku.

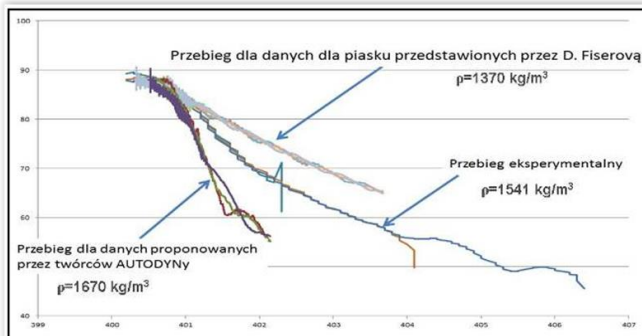
Aby uzyskać pożądaną wartość przeciążeń należy zatrzymać obiekt poruszający się z prędkością 520 km/h na drodze 0,23 m.

Interpretację fizyczną wymagań testu przedstawia rys. 4.



Rys.4. Interpretacja fizyczna wymagań testu

Z punktu widzenia prowadzenia badań najbardziej istotna jest zmiana prędkości przemieszczania się obiektu badań w przyjętym środowisku stanowiska hamującego jakim jest piasek. Ciężar właściwy piasku ma podstawowy wpływ na dynamikę zmian prędkości obiektu badań. Charakterystyka porównawcza zmian prędkości w czasie w zależności od gęstości piasku przedstawiona została na rys. 5. Do porównania przyjęto gęstość piasku proponowaną przez twórców oprogramowania AUTODYN, eksperta w dziedzinie piasku D. Fiserovą [3] oraz rzeczywistą gęstość piasku użytą w badaniu.



Rys. 5. Charakterystyka zmian prędkości w czasie w zależności od gęstości piasku

W przedstawionej symulacji widać, że wykorzystywany piasek umożliwia przeprowadzenie hamowania z pośrednią dynamiką zmian prędkości przemieszczania się obiektu badań w przeszkodzie.

3. REALIZACJA BADANIA

Badania odporności na przeciążenia, kasety ochronnej rejestratora katastroficznego, z racji braku dostępu do proponowanych przez normę rozwiązań technicznych, zrealizowano z wykorzystaniem działła pneumatycznego DPZ-250 w Instytucie Lotnictwa.

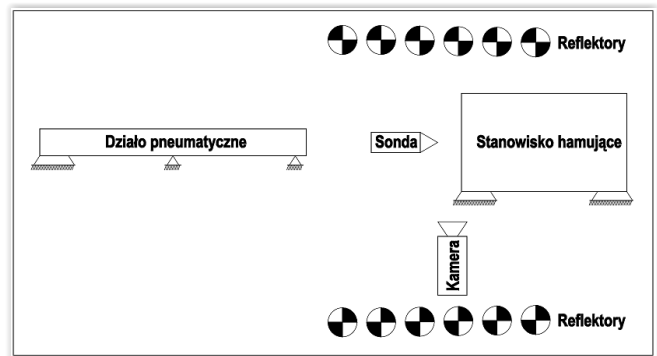
Elementami wchodzącymi w skład realizowanego eksperymentu wchodzi:

- działło pneumatyczne - stanowisko napędzające obiekt badań;
- sonda badawcza - element pozwalający na zabudowę właściwego obiektu badań tzn. pakietu elektroniki kaset ochronnej;
- stanowisko hamujące - element zapewniający zatrzymanie obiektu badań;
- kamera do rejestracji procesów szybkozmiennych;
- rejestrator do rejestracji ударów (umieszczony w sondzie badawczej) - opcja;
- czujniki do pomiaru ударów (umieszczone w sondzie badawczej) - opcja;
- reflektory oświetlające strefę strzałów.

Schemat stanowiska pomiarowego przedstawiono na rys. 6.

Sonda pomiarowa wyrzucana jest z działła pneumatycznego i trafia w przeszkodę złoża piasku w stanowisku hamującym. Przebieg i proces wbijania się sondy pomiarowej w piasek rejestrowany jest przez kamerę. Istotną dla celów rejestracji jest długość sondy. To od niej zależy czas rejestracji sondy penetrującej piasek. Strefa przelotu sondy doświetlona jest dwoma zestawami reflektorów.

Docelowo planowane jest wykorzystanie systemu rejestracji przyspieszenia oddziałującego na sondę, który będzie zabudowany wewnątrz sondy.



Rys. 6. Schemat stanowiska pomiarowego

3.1. Stanowisko napędzające obiekt badań

Istotą wykorzystania działła jest nadanie prędkości obiektowi badań. Do nadania wymaganej prędkości obiektu badań wykorzystano działło pneumatyczne DPZ-250 własności Instytutu Lotnictwa.

Podstawowe dane techniczne działła DPZ-250:

- średnica lufy – 250 mm;
- długość lufy – 8 m;
- masa maksymalna obiektu badań – 15 kg
- masa minimalna obiektu badań – 0,9 kg
- prędkość obiektu badań dla masy maksymalnej – 180 m/s;
- prędkość obiektu badań dla masy minimalnej – 310 m/s;
- maksymalne ciśnienie - 10 bar.

W przeważającej większości zastosowań urządzenie służy do symulacji warunków zderzenia SP z ptakami lub innymi obiektami. Dzięki niemu można prowadzić doświadczenia mające na celu określenie zakresu zniszczeń powstałych w elementach samolotu w wyniku wystąpienia takich zderzeń. Obiektem napędzanym w takich przypadkach są bloki żelatyny o odpowiedniej masie lub w ostateczności ptaki. W procesie strzelania obiekt wyrzucany jest w indywidualnie zaprojektowanym sabocie, którego zadaniem jest dopasowanie obiektu do średnicy lufy i utrzymanie go podczas strzału w wymaganej odległości od ścianek lufy działła.

Dostosowanie działła do potrzeb testów badań odporności na przeciążenia kasety ochronnej rejestratora katastroficznego nie różniła się zbytnio od dostosowania do badań innych obiektów i wymagało zastosowania odpowiedniego sabotu.

Podstawową informacją przy wykorzystaniu działła jest masa wyrzucanego obiektu i wymagana prędkość lotu obiektu po opuszczeniu lufy. Kluczowe znaczenie w wykorzystaniu działła ma znajomość zależności $V=f(p)$ czyli prędkości wylotowej działła do ciśnienia powietrza użytego do strzału.

Widok działła DPZ-250 przedstawiono na rys. 7.

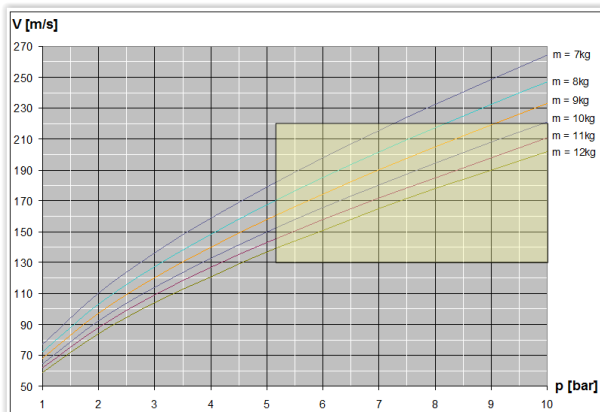


Rys. 7. Widok działła pneumatycznego DPZ-250

Parametry uwzględniane przy określeniu zależności $V = f(p)$:

- m – masa pocisku;
- p_0 – ciśnienie robocze;
- S – powierzchnia przekroju poprzecznego lufy;
- x – długość robocza lufy;
- W_0 – objętość komory działa;
- k – współczynnik adiabaty;
- φ – współczynnik prac drugorzędnych;
- a – współczynnik korekty zależny od wartości ciśnienia.

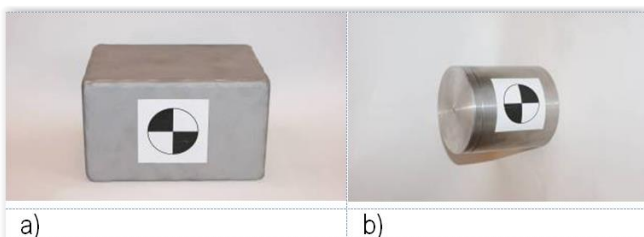
Charakterystykę $V = f(p)$ dla wybranych mas obiektów badań przedstawiono na rys. 8.



Rys. 8. Charakterystyka $V = f(p)$ działa pneumatycznego DPZ-250

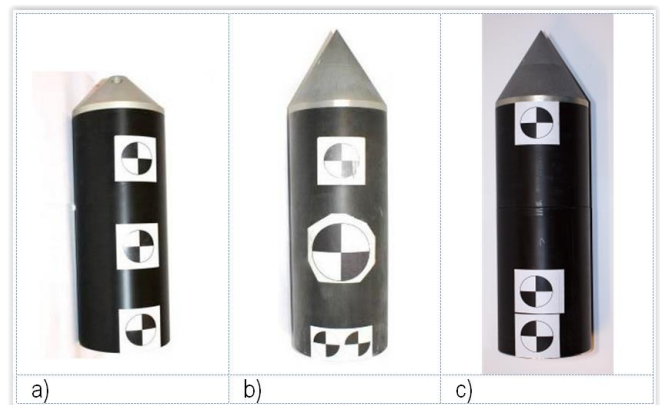
3.2. Sonda pomiarowa

Objektem badań na do określania parametrów testu zderzeniowego rejestratora katastroficznego jest sonda badawcza. W poszczególnych etapach badań stosowano sondy o różnych kształtach. Na początku były to wykonane ze stali ekwiwalenty odpowiednio masowy i gabarytowy kasety ochronnej oraz masowy umożliwiający montaż rejestratora uderów. Widok pierwszych sond pomiarowych przedstawiono na rys. 9.



Rys. 9. Widok pierwszych sond pomiarowych: a) ekwiwalent masowy i gabarytowy; b) ekwiwalent masowy dostosowany do zabudowy rejestratora

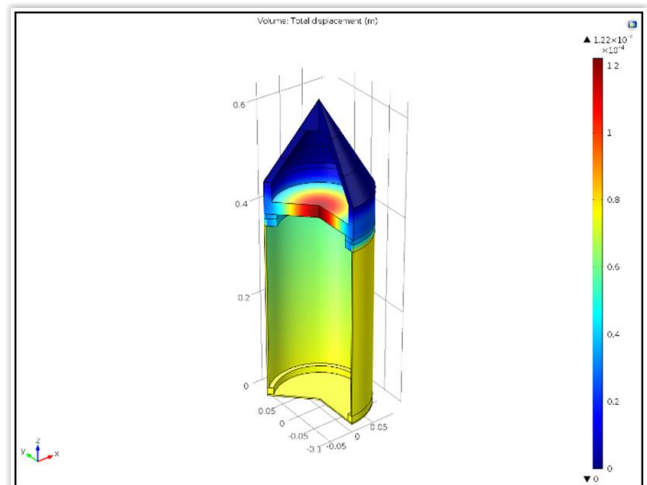
W następnym etapie wykorzystano sondy, w których zastosowano w przedniej części stożkowo ścięte penetratory o różnych kątach rozwarcia. Korpus sond wykonany był z poliacetalu POM C a penetrator z duraluminium Pa-9. Poliacetal POM C (polioksymetylen) to tworzywo sztuczne, które dzięki budowie krystalicznej, łączy w sobie wysoką sztywność, wytrzymałość i ciągliwość a przy tym jest o połowę lżejszy od duralu. Korpus sondy był litym prętem z POM C a w ostatnim teście z użyciem sondy tego typu w korpusie wydrążono przestrzeń do montażu pakietu elektroniki w osłonie termoizolacyjnej w sposób identyczny jak w kasecie ochronnej. Widok sond z korpusem z poliacetalu przedstawiono na rys. 10.



Rys. 10. Widok sond pomiarowych z korpusem z poliacetalu: a) sonda z penetratorem o kącie rozwarcia 90° ; b) sonda z penetratorem o kącie rozwarcia 60° ; c) sonda z penetratorem o kącie rozwarcia 60° ; i korpusem z drążoną przestrzenią na pakiet elektroniki

W ostatnim etapie badań wykorzystywane były sondy wykonane z duraluminium Pa-9.

Na etapie projektowania sond metalowych wykonano również obliczenia wytrzymałościowe przy wykorzystaniu programu COMSOL Multiphysics. Ten krok w procesie projektowania pozwolił na analizę zachowania elementów sondy dla przyjętych założeń. Do obliczeń przyjęto przeciążenie $5000g$ oraz masę sondy 9 kg . Zobrazowanie przemieszczenia całkowitego elementów konstrukcji sondy dla przyjętego przeciążenia przedstawiono na rys. 11.

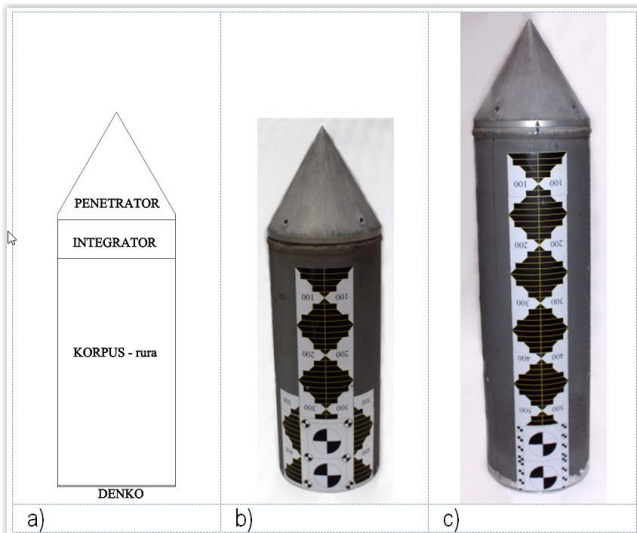


Rys. 11. Model sondy z obrazowaniem przemieszczenia całkowitego elementów konstrukcji sondy poddanej przeciążeniu $5000g$

Ostatecznie do realizacji przyjęto projekty sond o długościach: 641 mm i 846 mm . W badaniach wykorzystano je z oznaczeniem „średnia” i „długa”. Schemat budowy sondy oraz widok „długiej” i „średniej” sondy przedstawiono na rys. 12.

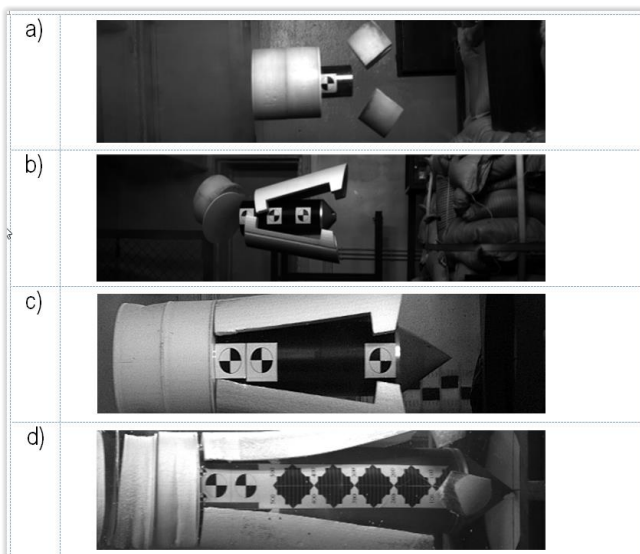
„Średnia” sonda umieszczana była w dziale w sposób klasyczny tzn. do przestrzeni ładownej działa. Jednak sonda „długa” nie mieściła się w przestrzeni ładownej. W związku z tym przewidziano wsuwanie tej sondy od strony końca lufy za pomocą specjalnie do tego celu zaprojektowanego popychacza.

Na sondach naklejone były znaczniki niezbędne dla pomiaru prędkości sondy z wykorzystaniem kamery do rejestracji zjawisk szybkozmiennych.



Rys. 12. Widok sond pomiarowych wykonanych z duralu: a) opis elementów składowych sondy; b) „średnia” sonda; c) „długa sonda”

Przebieg badań rejestrowano za pomocą kamery do szybkozmiennych zjawisk typu PHANTOM V711. Przykłady rejestracji przedstawiono na rys. 13.



Rys. 13. Widok przykładowych sond w ostatniej fazie lotu: a) ekwiwalent masy; b) sonda z poliacetalu z penetratorem o kącie rozw. 90°; c) drażona sonda z poliacetalu z penetratorem o kącie rozw. 60°; d) „długa” sonda z duralu z penetratorem o kącie rozwarcia 60°

3.3. Stanowisko hamujące

Celem badań było uzyskanie informacji o wartości przeciążenia i czasie trwania zjawiska zderzenia sondy pomiarowej z przeszkodą. W celu zatrzymania sondy w porównywalnych warunkach zastosowano przeszkodę złoża piasku. Do pierwszych, rozpoznawczych testów wykorzystana była pryzma ułożona z worków wypełnionych piaskiem. Pryzma była dodatkowo zabezpieczona pasami transportowymi.

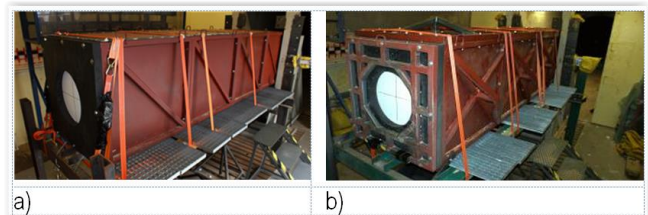
Widok pierwotnego stanowiska hamującego przedstawiono na rys. 14.



Rys. 14. Widok pierwotnego stanowiska hamującego:

Po pierwszych testach okazało się, że takie stanowisko hamujące nie zapewnia powtarzalności warunków hamowania. Następne stanowisko zostało zbudowane w postaci czterosegmentowego stalowego pojemnika. Każdy segment posiada własną pokrywę przykręcaną po napełnieniu pojemnika piaskiem. W końcowej fazie, do testów z dużą prędkością uderzenia, pojemnik wzmocniono i powiększono do pięciu segmentów. Ściankę przednią pojemnika stanowią blacha stalowa o grubości 2 mm oraz guma o grubości 50 mm z otworem wlotowym dla sondy. Dodatkowo przednia ścianka zabezpieczona jest ramą. Otwór wlotowy zamyka płyta ze styropianu EPS 80 o grubości 20 mm.

Widok ostatecznie wykorzystanych stanowisk hamujących przedstawiono na rys. 15.



Rys. 15. Widok stanowiska hamującego w postaci pojemnika na piasek: a) początkowe rozwiązanie pojemnika na piasek; b) końcowa, wzmocniona wersja stanowiska hamującego

4. WYNIKI BADAŃ

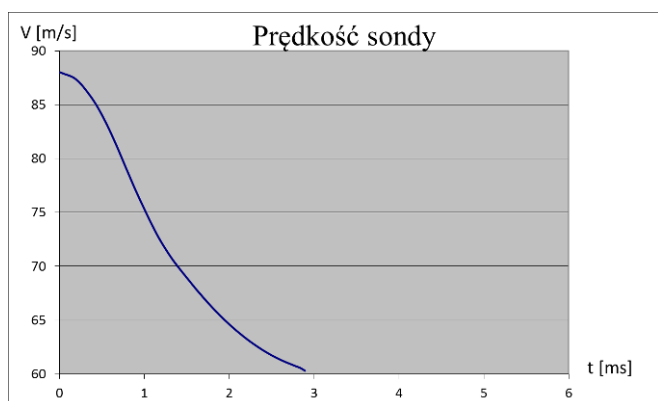
Pierwsze testy wykonano z ekwiwalentami masy kasety ochronnej. Testy te pozwoliły na określenie warunków wstępnych do zaprojektowania kolejnych odmian sond pomiarowych. Testy wykazały zbyt małą długość obiektu badań i zbyt duże przeciążenia w pierwszej fazie zderzenia przy płaskim kształcie części czołowej sondy.

4.1. Badanie z wykorzystaniem sondy z penetratorem o kącie rozwarcia 90°

Do badań w następnym etapie zastosowano sondy o większej długości. W celu obniżenia masy do wykonania korpusu sondy wykorzystano poliacetal POM C. W sondzie zastosowano penetrator w postaci ściętego stożka o kącie rozwarcia 90°. Dane dotyczące testu przedstawiają się następująco:

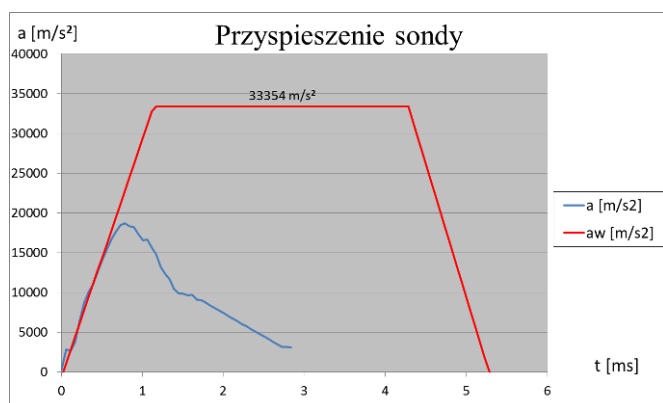
- długość sondy: 470 mm;
- masa sondy: 11,8 kg;
- długość sabotu: 450 mm;
- konfiguracja do strzału: 3 x PCW + 2 x styrodur + sabot;
- całkowita masa pocisku: 13,78 kg;
- ciśnienie robocze działa pneumatycznego: 3,5 bar;
- sposób zwiększania ciśnienia podczas strzału: Medium Speed.

Przebieg zmian prędkości przy hamowaniu po zetknięciu się sondy z przeszkodą przedstawia rys. 16.



Rys. 16. Przebieg zmian prędkości hamowania sondy

Wyznaczony na podstawie analizy danych rys. 16 przebieg zmian przyspieszenia oraz wymagana normą zmiana przyspieszenia zostały porównane na rys. 17.



Rys. 17. Przebieg zmian przyspieszenia sondy w odniesieniu do wymaganego impulsu

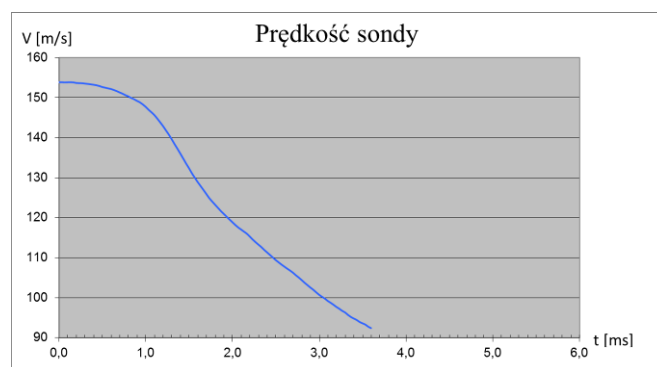
Uzyskana wartość przyspieszenia jest zbyt mała. Ponadto w teście nie udało się uzyskać utrzymania stałej wartości przyspieszenia hamującego po osiągnięciu jego maksymalnych wartości. Zbyt krótki był również czas rejestracji, co wynikało z braku możliwości śledzenia znacznika po zagłębieniu się sondy. Uzyskane w teście wyniki wykorzystano jednak do skorygowania warunków doświadczenia.

4.2. Badanie z wykorzystaniem sondy z penetratorem o kącie rozwarcia 60°

W wyniku badań wykonywanych w poprzednim etapie zmieniono penetrator sondy na stożek o kącie rozwarcia 60°. Dodatkowo przecięto korpus sondy i wydrążono w nim przestrzeń o wymiarach odpowiadających przestrzeni występującej w obudowie tytanowej kasety ochronnej. W przestrzeni tej zabudowano pakiet elektroniki w osłonie materiału termoizolacyjnego. W pamięci pakietu elektroniki zapisano przebieg wzorcowy i wykonano test o następujących parametrach:

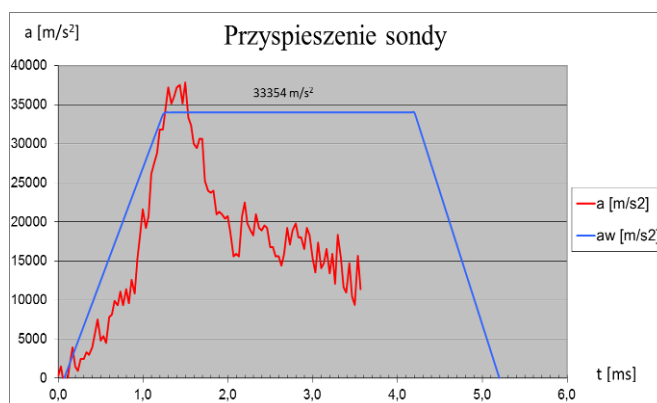
- długość sondy: 530 mm;
- masa sondy: 8,65 kg;
- długość sabotu: 450 mm;
- konfiguracja do strzału: 3 x PCW + 2 x styrodur + sabot;
- całkowita masa pocisku: 10,63 kg;
- ciśnienie robocze działu pneumatycznego: 5,1 bar;
- sposób zwiększania ciśnienia podczas strzału: Medium Speed.

Przebieg zmian prędkości hamowania po zetknięciu sondy ze stanowiskiem hamującym przedstawia rys. 18.



Rys. 18. Przebieg zmian prędkości hamowania sondy

Obliczony na tej podstawie przebieg zmian przyspieszenia oraz normatywną charakterystykę zmian przyspieszenia przyspieszenia przedstawiono na rys. 19.



Rys. 19. Przebieg zmian przyspieszenia sondy w odniesieniu do wymaganego impulsu

Uzyskana wartość przyspieszenia jest zadowalająca jednak przyspieszenie szybko zmniejsza się. W związku z tym czas trwania przeciążeń jest zbyt krótki. Powodzeniem natomiast zakończyła się próba odczytu danych zapisanych w pakiecie elektroniki.

4.3. Badanie z wykorzystaniem „średniej” i „długiej” sondy duralowej z penetratorem o kącie rozwarcia 60°

W wyniku badań wykonywanych w poprzednim etapie zmieniono sondy na duralowe. Zwiększono średnicę sond ale zachowano penetrator w kształcie stożka o kącie rozwarcia 60°.

W związku z trudnościami z wykorzystaniem niezależnego systemu rejestracji zaistniała potrzeba rejestracji całego testu za pomocą kamery PHANTOM V711. W związku z tym zaprojektowano „średnią” i „długą” sondę pomiarową.

„Długa” sonda przewidziana jest do zapewnienia zapisu o odpowiedniej długości trwania natomiast „średnia”, przy zachowaniu identycznej masy, zapewnia zabudowę pakietu elektroniki z kasety ochronnej. Pakiet elektroniki umieszczono w osłonie materiału termoizolacyjnego w obudowie imitującej tytanową obudowę z kasety ochronnej. W pamięci pakietu elektroniki zapisano przebieg testowy. Ponieważ sondy miały identyczną masę, to wystrzelivano je dla tych samych ciśnień ładowania działła.

Dane dotyczące testu z wykorzystaniem „średniej” sondy:

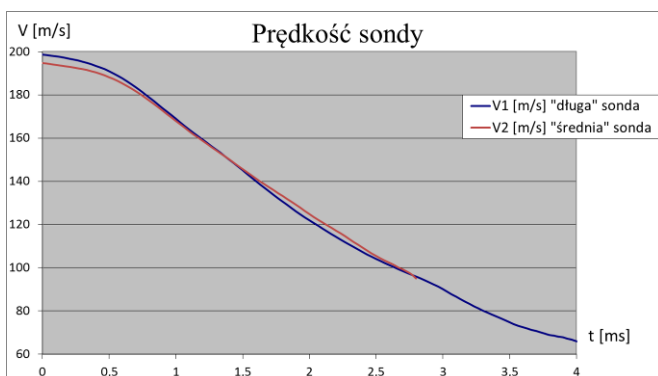
- długość sondy: 641 mm;
- masa sondy: 8,905 kg;

- długość sabotu: 470 mm;
- konfiguracja do strzału: 4 x PCW + 3 x styrodur + sabot;
- całkowita masa pocisku: 11,455 kg;
- ciśnienie robocze działa pneumatycznego: 9,5 bar;
- sposób zwiększania ciśnienia podczas strzału: High Speed.

Dane dotyczące testu z wykorzystaniem „długiej” sondy:

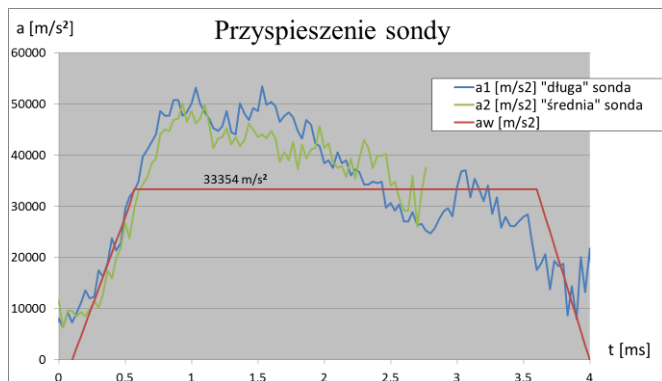
- długość sondy: 846 mm;
- masa sondy: 8,9 kg;
- długość sabotu: 700 mm;
- konfiguracja do strzału: 4 x PCW + 3 x styrodur + sabot;
- całkowita masa pocisku: 11,5 kg;
- ciśnienie robocze działa pneumatycznego: 9,5 bar;
- sposób zwiększania ciśnienia podczas strzału: High Speed

Przebieg zmian prędkości po zetknięciu sond ze stanowiskiem hamującym dla obu sond przedstawia rys. 20.



Rys. 20. Przebieg zmian prędkości hamowania sond

Obliczony na tej podstawie przebieg zmian przyspieszenia oraz przyspieszenia normatywne przedstawiono na rys. 21.



Rys. 21. Przebieg zmian przyspieszenia sond w odniesieniu do wymaganego impulsu

Uzyskana wartość przyspieszenia jest większa od wymaganej przez ponad 2,5 ms i nieznacznie mniejsza w końcowych fragmentach rejestracji, w przedziale od 2,5 ms do 3,0 ms i powyżej 3,3ms. Wynik ten uzyskano przy granicznych możliwościach działa dla użytej masy sond pomiarowych. Z powodzeniem natomiast odczytano dane z pakietu elektroniki.

PODSUMOWANIE

W trakcie realizacji zadania określenia charakterystyki zderzeniowej rejestratora katastroficznego potwierdzono skuteczność przyjętej metodyki i procedur mających na celu ustalenie zachowania się obiektu badań podczas hamowania w przeszkodzie z piasku.

Wykorzystane dwukrotnie, podczas testów, pakiety elektroniki kasety ochronnej zachowały zapisane dane, które z powodzeniem odtworzono. Jest to dobra prognoza na całkowite spełnienie wymagań.

W doświadczeniach nie udało się dokładnie odtworzyć warunków opisanych w normie, jednak zarówno większe wartości prędkości początkowej, jak i przebieg przyspieszeń podczas hamowania dowodzą, że ilości rozpraszanej energii są większe niż wymagane normą. Można zatem stwierdzić, że narażenia testu były większe od wymaganych. Analiza danych wykonanych eksperymentów wskazuje jednak na to, że z pomocą działa pneumatycznego, przy niewielkich zmianach konstrukcyjnych sondy badawczej, możliwe będzie osiągnięcie wymaganej charakterystyki wyhamowania testowanego obiektu.

BIBLIOGRAFIA

1. NO-16-A200:2006, *Wojskowe statki powietrzne, Pokładowe rejestratory katastroficzne, Wymagania i badania*, 2006.
2. EuroCAE ED 112, *Minimum operational performance specification for crash protected airborne recorder systems, Revision A September 1, 2013*.
3. Fiserova D., *Numerical analyses of buried mine explosions with emphasis on effect of soil properties on loading*, Cranfield University, 2006.

Experimental determination of crash test parameters for black box data recorder

The problem of crash tests for the black box data recorder has been discussed. By performing a sequence of experimental studies parameters of a test have been adjusted and optimized. The test meets requirements of the norm NO-16-A200:2006 and ED-112. The studies were carried out using pneumatic canon DPZ-250. The tests proved resistance of the investigated data recorder to the average overload of 3400g for 3ms.

Autorzy:

mgr inż. **Zbigniew Jakielaszek** – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Zakład Samolotów i Śmigłowców, e-mail: zbigniew.jakielaszek@itw.pl

mgr inż. **Maciej Białecki** – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Zakład Samolotów i Śmigłowców, e-mail: maciej.bialecki@itw.pl

mgr inż. **Marcin Bryl** – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Zakład Samolotów i Śmigłowców, e-mail: marcin.bryl@itw.pl

prof. dr hab. inż. **Andrzej J. Panas** – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Zakład Samolotów i Śmigłowców, e-mail: andrzej.panas@itw.pl

dr hab. inż. **Mirosław Nowakowski (prof. ITWL)** – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Zakład Samolotów i Śmigłowców, e-mail: miroslaw.nowakowski@itw.pl