

Studying the strength of an S2-3a flight data recording system flight recorder

Badania wytrzymałości rejestratora katastroficznego systemu rejestracji parametrów lotu S2-3a

ZBIGNIEW JAKIELASZEK
MIROSŁAW NOWAKOWSKI*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2020.4.9>

The S2-3a flight data recording system developed at the Air Force Institute of Technology is intended for recording the flight parameters and the operating parameters of aircraft assemblies, as well as to store the recorded data in its memory to evaluate flight safety, piloting technique, technical condition of on-board system and air accident (air crash) causes. The article discusses the studies involving the strength of an S2-3a flight data recording system flight recorder. The document governing the requirements for flight data recorders is European standard EUROCAE ED-112 and the Polish defence standard NO-16-A200:2015. An S2-3a flight data recording system flight recorder satisfies the strength requirements, i.e., protects information recorded in its memory in the event of: overloads of 3400g acting for a time period not longer than 6.5 ms; penetration with a metal pin, 6.35 mm in diameter, loaded with a weight of 227 kg and falling from a height of 3 m; compression with a static force of 22.25 kN for 5 min; exposure to a temperature of 1100°C for at least 60 min; abyssal sea water pressure of 60 MPa (6000 m below water level) for 24 hours; exposure to aggressive liquids for 48 h. S2-3a flight data recording systems are operated on-board the: TS-11 ISKRA, PZL-130 TC-II ORLIK, M-28 BRYZA, MiG-29, Su-22 aircraft, as well as the Mi-8, Mi-14, Mi-17, Mi-24, W-3 SOKÓŁ and SW-4 helicopters.

KEYWORDS: flight data recorder, strength tests

System rejestracji parametrów lotu S2-3a, opracowany w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych, jest przeznaczony do zapisu parametrów lotu i eksploatacyjnych parametrów pracy zespołów statku powietrznego oraz do przechowywania w pamięci zarejestrowanych danych w celu oceny: bezpieczeństwa lotu, techniki pilotowania, stanu technicznego systemów pokładowych, przyczyny wypadku lotniczego (katastrofy lotniczej). W artykule omówiono badania wytrzymałości rejestratora katastroficznego systemu rejestracji parametrów lotu S2-3a. Dokumentami określającymi wymagania dotyczące katastroficznego rejestratora parametrów lotu są norma europejska EUROCAE ED-112 i polska norma obronna NO-16-A200:2015. Rejestrator katastroficznego systemu rejestracji parametrów lotu S2-3a spełnia wymagania wytrzymałościowe, tj. zabezpiecza zarejestrowaną w pamięci informację w przypadku: oddziaływania przeciążenia 3400g w czasie nie dłuższym niż 6,5 ms;

penetracji metalowym trzpieniem o średnicy 6,35 mm, obciążonym masą 227 kg i spadającym z wysokości 3 m; ściskania siłą statyczną 22,25 kN przez 5 min; oddziaływania temperatury 1100°C przez co najmniej 60 min; oddziaływania ciśnienia głębinowego wody morskiej 60 MPa (6000 m poniżej poziomu wody) w czasie 24 h; oddziaływania płynów agresywnych w czasie 48 h. Systemy rejestracji parametrów lotu S2-3a są eksploatowane w samolotach: TS-11 ISKRA, PZL-130 TC-II ORLIK, M-28 BRYZA, MiG-29, Su-22 oraz śmigłowcach: Mi-8, Mi-14, Mi-17, Mi-24, W-3 SOKÓŁ i SW-4.

SŁOWA KLUCZOWE: rejestrator katastroficzny, badania wytrzymałości

Wprowadzenie

Pokładowe rejestratory katastroficzne są przeznaczone do ciągłej (bezstratnej) rejestracji i przechowywania parametrów lotu – tzn. parametrów mierzonych za pomocą czujników i uzyskiwanych z systemów pokładowych – niezbędnych do analizy przyczyn awarii, wypadków i katastrof lotniczych (zdarzeń lotniczych). Te dane powinny być rejestrowane z częstotliwością i w czasie, które umożliwiają ich bezbłędne odtworzenie z pamięci, w której są przechowywane, oraz rekonstrukcję przebiegu lotu przed awarią i po awarii, do momentu wypadku lub katastrofy lotniczej. Liczba i rodzaje rejestrowanych parametrów są uzależnione od typu wojskowego statku powietrznego.

Projektowanie i wdrażanie systemów mających zastosowanie w lotnictwie musi spełniać ściśle określone normy i przepisy prawa lotniczego. Dokumentami zawierającymi wymagania dotyczące katastroficznego rejestratora parametrów lotu są: norma europejska EUROCAE ED-112 [1] i norma obronna NO-16-A200:2015 [1].

Przedmiotem badań jest rejestrator katastroficznego systemu rejestracji parametrów lotu S2-3a, opracowany w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych (rys. 1). Zarówno układy elektroniczne, jak i elementy mechaniczne rejestratorów katastroficzych, zwyczajowo nazywanych „czarnymi skrzynkami”, są poddawane licznym testom weryfikującym ich niezawodność i odporność na oddziaływanie czynników środowiskowych i wytrzymałościowych.

* Mgr inż. Zbigniew Jakielaszek, zbigniew.jakielaszek@itwl.pl, <https://orcid.org/0000-0002-5193-1353> – Zakład Samolotów i Śmigłowców, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, Polska
Dr hab. inż. Mirosław Nowakowski, prof. ITWL, miroslaw.nowakowski@itwl.pl, <https://orcid.org/0000-0001-6438-5235> – Zakład Samolotów i Śmigłowców, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, Polska

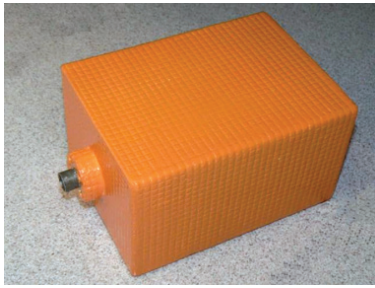


Fig. 1. Flight recorder
Rys. 1. Rejestrator katastroficzny

Kryterium klasyfikacyjnym spełnienia wymagań wytrzymałości na oddziaływanie czynników katastrofy jest odzyskiwalność danych zarejestrowanych w pamięci rejestratora katastroficznego. Dopuszcza się zniekształcenia oraz uszkodzenia mechaniczne i elektryczne rejestratora, przy których możliwe jest odzyskanie zarejestrowanych danych i odtworzenie przebiegów czasowych wszystkich parametrów.

Obiekt badań

Rejestrator katastroficzny jest zbudowany z kolejnych elementów, mających zabezpieczyć pakiety pamięci półprzewodnikowych przed niekorzystnymi wpływami mechaniczno-klimatycznymi, jakim może on podlegać w trakcie wypadku lotniczego (katastrofy). Przekrój rejestratora katastroficznego przedstawiono na rys. 2 [3].

Na powłokę ogniochronną rejestratora katastroficznego zastosowano pęczniącą, rozpuszczalnikową farbę ogniochronną Flame Stal (FS), zbrojoną siatką z włókna szklanego.

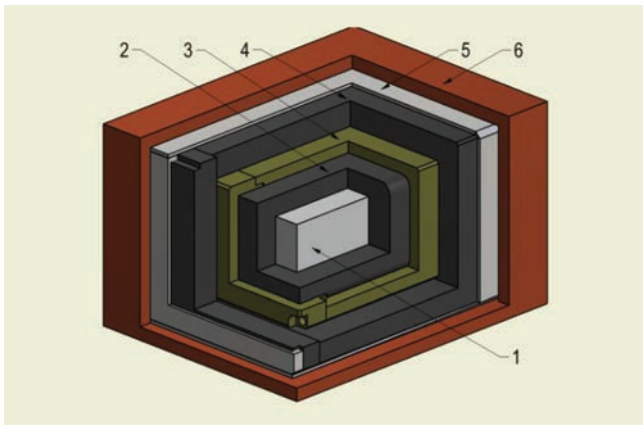


Fig. 2. Flight recorder spatial cross-section view: 1 – electronics package embedded in a silicone rubber layer; 2, 4 – thermo-insulating microporous material; 3 – titanium casing; 5 – steel casing; 6 – flame-retardant coating

Rys. 2. Widok przestrzennego przekroju rejestratora katastroficznego: 1 – pakiet elektroniki umieszczony w warstwie kauczuku silikonowego; 2, 4 – termoizolacyjny materiał mikroporowaty; 3 – obudowa z tytanu; 5 – obudowa ze stali; 6 – powłoka z farby ogniochronnej

Zakres badań

Testy wytrzymałości na oddziaływanie czynników katastrofy lotniczej obejmują serię badań symulujących narażenia, które mogą wystąpić podczas takiej katastrofy. Zanim rozpocznie się badania, w pamięci umieszczonej wewnątrz rejestratora katastroficznego

należy zarejestrować dane testowe. W trakcie badań dopuszcza się tylko kontrolę zawartości pamięci (nie dopuszcza się odświeżania danych oraz demontażu lub naprawy elementów konstrukcji).

Badania wytrzymałości na oddziaływanie czynników katastrofy lotniczej obejmują następujące czynniki [1, 2]:

- przeciążenie występujące przy zderzeniu 3400g przez ok. 6,5 ms;
- przebiecie stalowym cylindrycznym trzpieniem o średnicy 6,35 mm i masie 227 kg, spadającym z wysokości 3 m;
- ściskanie statyczne siłą 22 kN przez 5 min;
- ogień o strumieniu cieplnym 158 kW/m² i temperaturze 1100°C w czasie narażenia przez co najmniej 60 min;
- ciśnienie pod powierzchnią wody 60 MPa (6000 m) przez co najmniej 24 h;
- ciecze agresywne (takie jak olej, paliwa czy słona woda).

Wymagane jest zachowanie podanej powyżej kolejności badań.

Badanie wytrzymałości rejestratora katastroficznego na przeciążenie występujące przy zderzeniu

Badanie wytrzymałości na przeciążenie występujące przy zderzeniu polega na poddaniu rejestratora katastroficznego oddziaływaniu przeciążenia sinusoidalnego o amplitudzie 33 354 m/s² (3400g) w czasie trwania połowy jego okresu, równym 6,5 ms. Zamiast przeciążenia sinusoidalnego dopuszcza się oddziaływanie ekwiwalentnego przeciążenia trapezoidalnego o przebiegu przedstawionym na rys. 3.

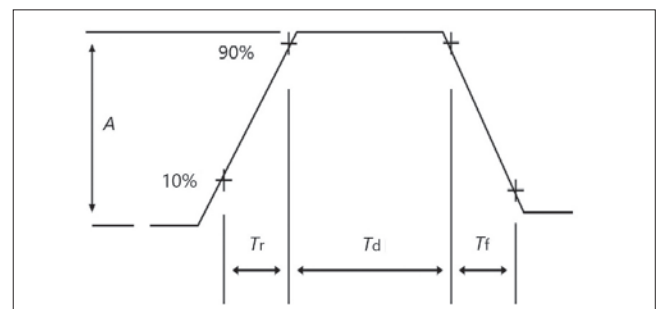


Fig. 3. Waveform of an equivalent trapezoidal overload acting on a flight recorder: $A = 3400g$ (33 354 m/s²) minimum, $T_r = 3.5$ ms maximum, $T_d = 3.0$ ms minimum, $T_f > 0.0$ ms

Rys. 3. Przebieg ekwiwalentnego przeciążenia trapezoidalnego, oddziałującego na rejestrator katastroficzny: $A = 3400g$ (33 354 m/s²) minimum, $T_r = 3,5$ ms maksimum, $T_d = 3,0$ ms minimum, $T_f > 0,0$ ms

Do badań wytrzymałości rejestratora katastroficznego na przeciążenia występujące przy zderzeniu wykorzystano system badawczy, przeznaczony do realizacji testów zderzeniowych z możliwością rejestracji zjawiska za pomocą toru wizyjnego zsynchronizowanego z miotającym układem wykonawczym (rys. 4).

Elementami wchodzącymi w skład realizowanego eksperymentu są:

- działo pneumatyczne – element napędzający obiekt badań;

- sonda badawcza – element pozwalający na zabudowę właściwego obiektu badań, tzn. pakietu elektroniki rejestratora katastroficznego;
- stanowisko hamujące – element zapewniający hamowanie i zatrzymanie obiektu badań;
- kamera do rejestracji procesów szybkozmiennych;
- rejestrator do rejestracji ударов (umieszczony w sondzie badawczej);
- czujniki do pomiaru ударов (umieszczone w sondzie badawczej);
- reflektory oświetlające strefę strzałów.

Schemat stanowiska pomiarowego przedstawiono na rys. 4.

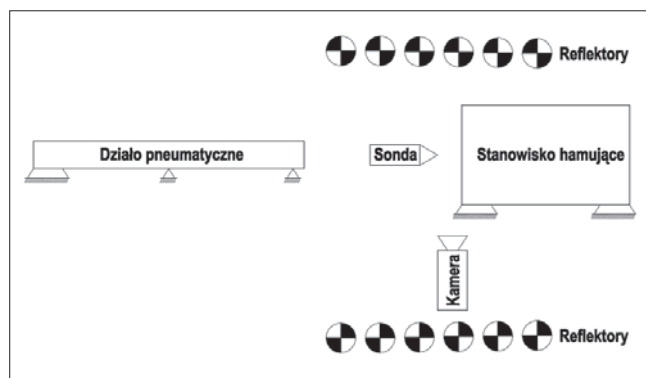


Fig. 4. Test bench diagram

Rys. 4. Schemat stanowiska pomiarowego

Obiektem badań, służącym do określenia parametrów testu zderzeniowego rejestratora katastroficznego, jest sonda badawcza. Wykorzystano sondę duralową z penetratorem o kącie rozwarcia 60° .

Sonda pomiarowa była wystrzeliwana z działu pneumatycznego i trafiała w przeszkodę – złoża piasku w stanowisku hamującym. Przelot i proces wbijania się sondy pomiarowej w piasek rejestrowano z użyciem kamery.

Do rejestracji zjawiska prędkości zderzenia rejestratora katastroficznego z piaskiem zastosowano czarno-białą kamerę, zapewniającą zapis obrazu z prędkością 30 000 klatek/s i z rozdzielczością 1280×240 .

Miotanie obiektów badań realizowano w Instytucie Lotnictwa za pomocą działu pneumatycznego DPZ 250 (rys. 5). Podstawowe parametry działu pneumatycznego o kalibrze 250 mm są następujące:

- prędkość obiektu badań dla masy maksymalnej $m_{\max} = 15$ kg, dla $p = 1$ MPa: $V = 180$ m/s,
- prędkość obiektu badań dla masy maksymalnej $m_{\max} = 15$ kg, dla $p_{\max} = 1,5$ MPa: $V = 220$ m/s,
- prędkość obiektu badań dla masy minimalnej $m_{\min} = 0,9$ kg: $V = 310$ m/s,
- długość całkowita lufy: $l_1 = 9$ m,
- nominalna długość drogi ładunku w lufie: $l_2 = 8$ m.

Działo pneumatyczne jest zasilane sprężonym powietrzem magazynowanym w dwóch zbiornikach wysokociśnieniowych o pojemności 1 m^3 każdy. Maksymalne ciśnienie robocze działu wynosi $p_{\max} = 1,5$ MPa.

Miotany obiekt w postaci sondy badawczej umieszczano w sabocie ładowanym do lufy działu. Sabot został zaprojektowany w postaci podzielonej na pół osłony, wykonanej ze styroduru, oraz tłoka, który

składa się z ułożonych na przemian krążków z twardego PCW oraz krążków ze styroduru. Podczas procesu miotania obiektu sabot ulega zatrzymaniu i zniszczeniu u wylotu lufy w specjalnym urządzeniu wylotowym, a obiekt (sonda) po opuszczeniu gniazda w sabocie przemieszcza się dalej w kierunku badanego elementu. Widok w locie sondy pomiarowej z rejestratorem katastroficznym przedstawiono na rys. 6.

Celem badań było uzyskanie informacji o wartości przeciążenia i czasie trwania zjawiska zderzenia sondy pomiarowej z przeszkodą. Do testów z dużą prędkością opracowano stanowisko hamujące w postaci stalowego pojemnika na piasek (rys. 7).

Na rys. 8 przedstawiono zarejestrowany za pomocą rejestratora SLICE HG przebieg zjawiska hamowania, któremu poddano rejestrator katastroficzny.

Uzyskano impuls przeciążenia spełniający wymagania norm EUROCAE ED-112 i NO-16-A200:2015. Czas narastania impulsu zmierzony na poziomie $0,9g_w$ wyniósł ok. 0,8 ms, a czas utrzymania wymaganej amplitudy



Fig. 5. DPZ 250 pneumatic cannon (Institute of Aviation)

Rys. 5. Działo pneumatyczne DPZ 250 (Instytut Lotnictwa)

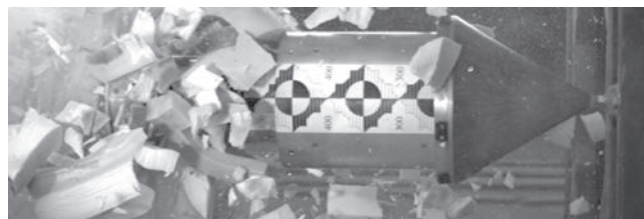


Fig. 6. In-flight view of a measurement probe with flight recorder
Rys. 6. Widok w locie sondy pomiarowej z rejestratorem katastroficznym



Fig. 7. View of a braking station in the form of a sand container
Rys. 7. Widok stanowiska hamującego w postaci pojemnika na piasek

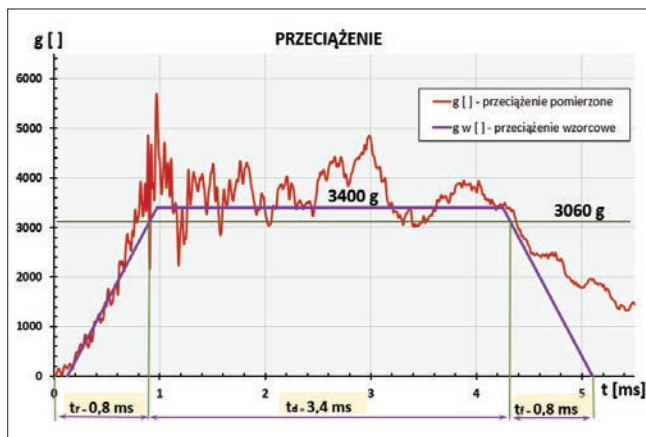


Fig. 8. The course of the braking phenomenon, which the flight recorder was exposed to

Rys. 8. Przebieg zjawiska hamowania, któremu poddano rejestrator katastroficzny

przeciążenia – ok. 3,4 ms. Podczas testu dokonano sprawdzenia wytrzymałości rejestratora katastroficznego na wymagane przeciążenie. Nie stwierdzono uszkodzeń zewnętrznych rejestratora katastroficznego. Pakiet elektroniki rejestratora nie uległ uszkodzeniom mechanicznym. Odczytano zapis kontrolny z pamięci rejestratora katastroficznego. Test potwierdził, że rejestrator katastroficzny jest wytrzymały na przeciążenie o wartości charakterystycznej dla katastrofy statku powietrznego.

Badanie wytrzymałości rejestratora katastroficznego na przebicie

Badanie polegało na przebiciu rejestratora katastroficznego stalowym cylindrycznym trzpieniem o średnicy $(6,35 \pm 0,1)$ mm, długości wystającej końcówki (40 ± 1) mm, twardości od 39 HRC do 45 HRC, z obciążnikiem o masie 227 kg, spadającym z wysokości 3 m. Stanowisko do badania rejestratora na wytrzymałość na przebicie trzpieniem przedstawiono na rys. 9.



Fig. 9. Stand for studying the resistance of a flight recorder against pin puncturing

Rys. 9. Stanowisko do badania wytrzymałości rejestratora katastroficznego na przebicie trzpieniem

Zgodnie z normą obronną badanie wytrzymałości rejestratora katastroficznego na przebicie, spowodowane uderzeniem, nie przekroczyło 20% początkowej objętości rejestratora.

Badanie wytrzymałości rejestratora katastroficznego na ściskanie statyczne

W ramach tego badania rejestrator katastroficzny poddano jednoosiowemu ściskaniu statycznemu siłą rosnącą liniowo do 22 kN, która po osiągnięciu maksymalnej wartości oddziaływała na kasetę przez 5 min. Badanie przeprowadzono z wykorzystaniem prasy hydraulicznej, w której do pomiaru siły nacisku wykorzystuje się manometr mierzący ciśnienie cieczy (rys. 10). Rejestrator katastroficzny podparto w osi nacisku okrągłymi, sprężystymi podkładkami o średnicy 5 cm i grubości 1,25 cm.



Fig. 10. Stand for studying the resistance of a flight recorder against static compression
Rys. 10. Stanowisko do badania wytrzymałości rejestratora katastroficznego na ściskanie statyczne

Badanie wytrzymałości rejestratora katastroficznego na ściskanie statyczne uznaje się za pozytywne, gdy po usunięciu obciążenia ugięcia wywołane oddziaływaniem siły ustąpią, a zapisana informacja testowa jest zachowana w całości.

Badanie wytrzymałości rejestratora katastroficznego na oddziaływanie ognia

Zgodnie z normą NO-16-A200:2015 od rejestratora katastroficznego w zakresie wytrzymałości na pożar wymaga się odzyskania całości zapisanych w pamięci danych po wykonaniu próby w następujących warunkach:

- ogień o minimalnym strumieniu cieplnym wynoszącym 158 kW/m^2 ;
- minimalna temperatura płomienia 1100°C , mierzona w odległości 25 mm od powierzchni rejestratora;
- czas narażenia na działanie ognia – w sposób nieprzerwany – całej zewnętrznej powierzchni rejestratora, wynoszący co najmniej 60 min;
- chłodzenie rejestratora po badaniu w sposób naturalny do temperatury otoczenia.

Rejestrator katastroficzny na stanowisku badawczym przedstawiono na rys. 11.

Przebieg zmian temperatury płomieni podczas badania rejestratora katastroficznego oraz temperatury wewnątrz rejestratora przedstawiono na rys. 12.



Fig. 11. View of a flight recorder at a test bench: a) prior to a test, b) during the test, c) after the test [5]

Rys. 11. Widok rejestratora katastroficznego na stanowisku badawczym: a) przed próbą, b) w trakcie próby, c) po próbie [5]

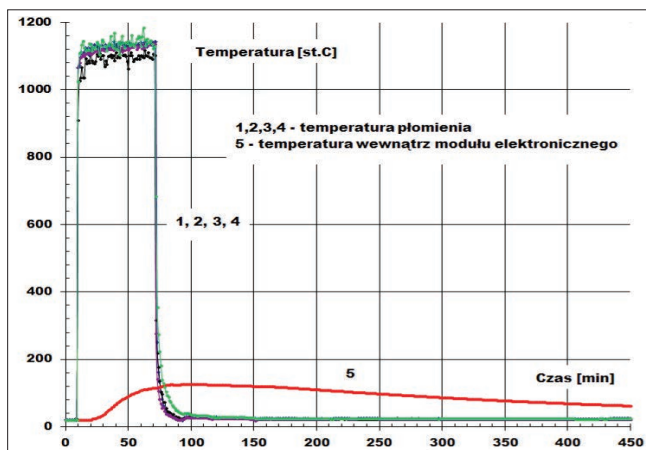


Fig. 12. Relationship between temperature inside a flight recorder and flame temperature, and time [4]

Rys. 12. Zależność temperatury wewnątrz rejestratora katastroficznego i temperatury płomienia od czasu [4]

Z przeprowadzonych badań rejestratora katastroficznego w zakresie wytrzymałości na oddziaływanie ognia wynika, że zapisana informacja testowa zachowała się w całości. Ta informacja przetrwała godzinną próbę w ogniu o temperaturze 1100°C. Temperatura wewnątrz rejestratora katastroficznego, gdzie znajdował się moduł elektroniczny, wynosiła $\leq 130^\circ\text{C}$.

Badanie wytrzymałości rejestratora katastroficznego na ciśnienie pod powierzchnią wody

Badanie polegało na poddaniu rejestratora katastroficznego procesowi ciśnieniowania w warunkach symulujących zanurzenie w środowisku wody morskiej na głębokości 6 km (co odpowiada ciśnieniu 60 MPa) przez 24 h. Przy projektowaniu komory badawczej do ciśnieniowania rejestratora kluczowe było określenie ścisłości medium, w którym zanurzano rejestrator. Określenie ścisłości wody morskiej, tj. jej podatności na odkształcenie objętościowe przy zmianie ciśnienia, oparto na badaniach w specjalnym urządzeniu doświadczalnym, pozwalającym na określenie ścisłości wody, a także wodnych roztworów soli NaCl [6].

Na podstawie wyników badań laboratoryjnych obliczono zmiany objętości wodnych roztworów NaCl względem ich objętości początkowej ($\Delta V/V$), wyrażone w procentach, oraz określono współczynnik ścisłości β . Charakterystyki zmian objętości i współczynników ścisłości badanych roztworów pod wpływem ciśnienia przedstawiono na rys. 13 i 14.

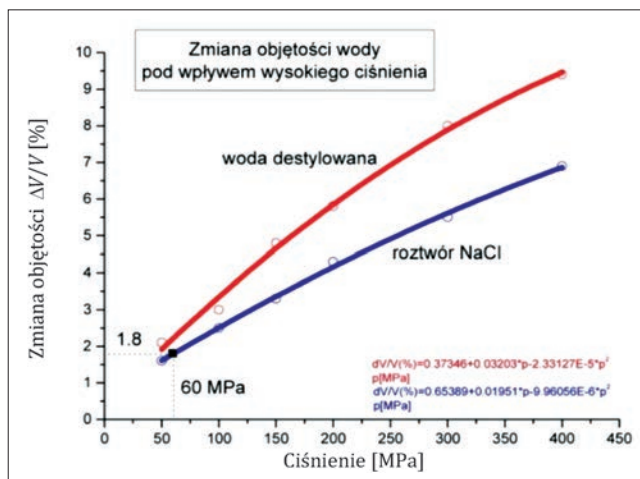


Fig. 13. Volumetric changes of NaCl solutions impacted by high pressure

Rys. 13. Zmiany objętości wodnych roztworów NaCl pod wpływem wysokiego ciśnienia

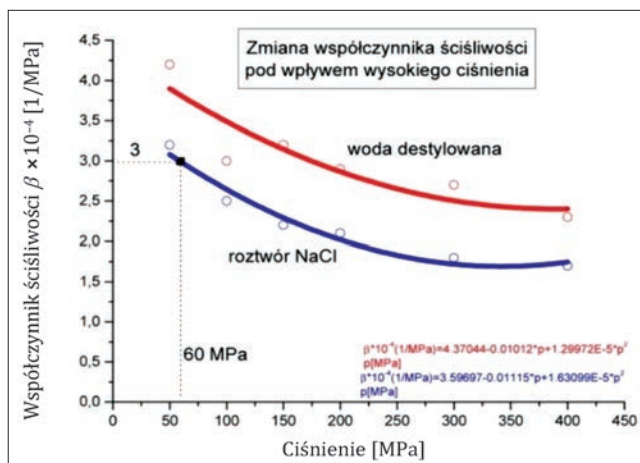


Fig. 14. The nature of the compressibility factor β for aqueous NaCl solutions impacted by high pressure

Rys. 14. Charakter zmian współczynnika ścisłości β wodnych roztworów NaCl pod wpływem działania wysokiego ciśnienia

Stanowisko składa się z części zasilającej oraz wysokociśnieniowej części roboczej. Część zasilającą stanowi prasa, znajdująca się w Instytucie Wysokich Ciśnień Polskiej Akademii Nauk, złożona z komory roboczej i multiplikatora ciśnienia. Wysokociśnieniową część roboczą do ciśnieniowania tworzą: jednopłaszczyznowa komora do maksymalnego ciśnienia pracy 60 MPa (rys. 15), zbudowana z przepony poliuretanowej, a także zbiornik poliuretanowy zawierający medium do ciśnieniowania i komora stalowa. Stanowisko jest wyposażone w systemy kontroli, rejestracji i akwizycji

danych w trakcie procesu ciśnieniowania. Prasa zasilająca [6] umożliwia wygenerowanie w komorze roboczej prasy ciśnienia hydrostatycznego do 1800 MPa. Komora do ciśnieniowania pozwala na prowadzenie długookresowych badań ciśnieniowych w przedziale ciśnienia od 0 do 60 MPa. Po osiągnięciu wymaganego poziomu ciśnieniowania komorę do ciśnieniowania odcina się od prasy zasilającej zaworem ręcznym.



Fig. 15. High-pressure chamber for hydrostatic pressurization up to 60 MPa [6]

Rys. 15. Komora wysoko-ciśnieniowa do hydrostatycznego ciśnieniowania do 60 MPa [6]

Projekt komory wykonanej ze stali 45HNMFA poddano analizie matematycznej metodą elementów skończonych (MES) z wykorzystaniem programu Ansys Static Structural. Analizę przeprowadzono dla maksymalnego dopuszczalnego obciążenia równego $p_{HE} = 60$ MPa z uwzględnieniem współczynnika bezpieczeństwa $n = 2$ [6]. Na rys. 16 przedstawiono rozkład naprężeń węzłowych w komorze.

Stanowisko poddano próbom eksploatacyjnym w celu sprawdzenia: szczelności układu, stabilności ciśnieniowej w długim okresie oraz działania systemu rejestracji i akwizycji ciśnienia.

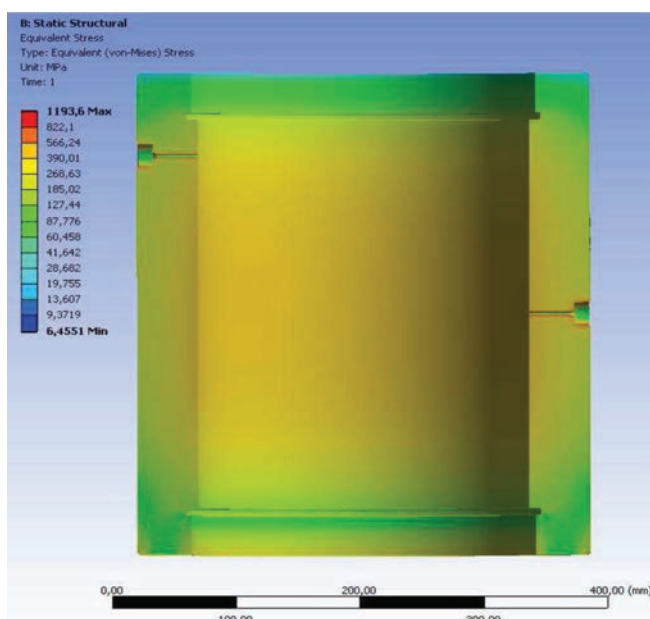


Fig. 16. Distribution of nodal stresses within a pressure chamber at maximum load $p_{HE} = 60$ MPa [6]

Rys. 16. Rozkład naprężeń węzłowych w komorze ciśnieniowej przy maksymalnym obciążeniu $p_{HE} = 60$ MPa [6]

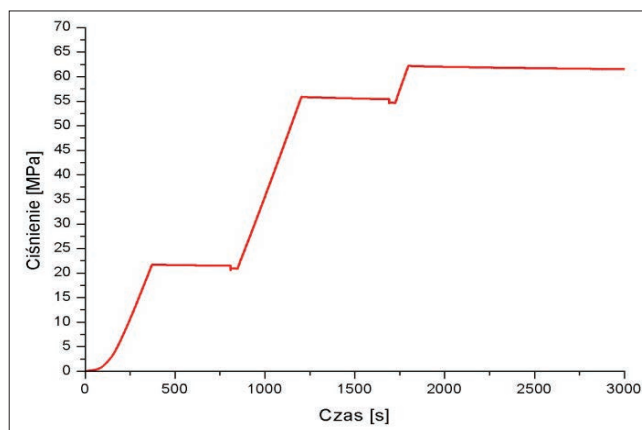


Fig. 17. Pressure graph in a time function during the pressurization within a working chamber [6]

Rys. 17. Wykres ciśnienia w funkcji czasu podczas generowania ciśnienia w komorze roboczej [6]

Próby wykonano na obiekcie modelowym o objętości równej objętości rejestratora katastroficznego. Ciśnienie medium roboczego podniesiono do maksymalnego poziomu 60 MPa. Wyniki pomiarów ciśnienia w funkcji czasu przedstawiono na rys. 17. Wznoszące charakterystyki ilustrują wzrost ciśnienia, natomiast jej wypłaszczenia przedstawiają jego przebiegi, gdy nastąpiło odcięcie komory roboczej prasy zasilającej za pomocą zaworu ręcznego i uzupełnienie w niej medium ciśnieniowego. W trakcie podnoszenia ciśnienia nie zaobserwowano żadnych nieszczelności w układzie.

Rejestrator katastroficzny umieszczony w komorze do ciśnieniowania pokazano na rys. 18.

Ze względu na spadki ciśnienia związane ze stygnięciem medium podczas zatrzymania procesu sprężania konieczne było wygenerowanie odpowiednio większego ciśnienia początkowego (rys. 19).

W toku badań okazało się, że po krótkim czasie wyraźnego spadku przez kolejne 20 h ciśnienie malało nieznacznie. Podczas próby w komorze ciśnieniowej uzyskano ciśnienie nie mniejsze niż 60 MPa przez okres 24 h.

Fig. 18. Open test bench with an installed flight recorder [6]

Rys. 18. Otwarte stanowisko badawcze z zainstalowanym rejestratorem katastroficznym [6]

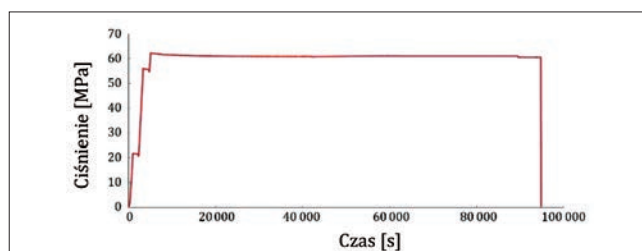
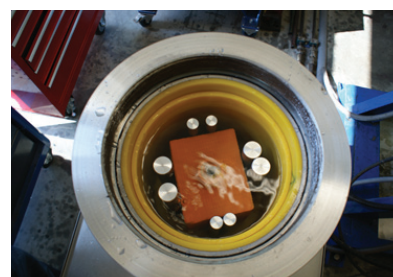


Fig. 19. Pressure graph in a time function for a full pressurization cycle [6]

Rys. 19. Wykres ciśnienia w funkcji czasu dla pełnego cyklu ciśnieniowania [6]

TABLE. Values of diagnostic parameters [7]

TABLICA. Wartości parametrów diagnostycznych [7]

Nr zapisu	Data zapisu D-M-R	Początek zapisu h:m:s	Czas trwania zapisu h:m:s	Diag [dz]	T [s]	Kan.wz [dz]	NRID [dz]	V _{pr} [dz]	H _{bar} [dz]
1.	22-04-14	12:09:37	00:19:11	0	0÷1151	2048÷2049	696 947	2049÷2050	2557÷3581
2.	22-04-14	12:29:45	00:14:57	0	0÷897	2048÷2049	696 947	2558÷3580	2049÷2050
3.	22-04-14	12:45:34	00:14:58	0	0÷898	2048÷2049	696 947	2049÷2050	2558÷3581
4.	22-04-14	13:01:08	00:15:02	0	0÷902	2048÷2049	696 947	2557÷3581	2049÷2050
5.	22-04-14	13:16:54	00:14:23	0	0÷863	2048÷2049	696 947	2049÷2050	2557÷3581

Badania przeprowadzono w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych oraz Instytucie Wysokich Ciśnień Polskiej Akademii Nauk.

Badanie wytrzymałości rejestratora katastroficznego na oddziaływanie płynów agresywnych

Zgodnie z normą europejską ED-112 [1] i normą obronną NO-16-A200:2015 [2] badanie wytrzymałości rejestratora katastroficznego na oddziaływanie płynów agresywnych przeprowadza się poprzez jego zanurzenie na co najmniej 48 h kolejno w:

- paliwie lotniczym,
- oleju,
- mieszance hydraulicznej,
- środka gaśniczym (wodnym roztworze glikolu, dwutlenku węgla, proszku gaśniczym, pianie gaśniczej itp.).

W badaniach naziemnych rejestratora katastroficznego systemu rejestracji parametrów lotu S2-3a wykorzystano paliwa lotnicze, oleje, cieczy hydrauliczne oraz środki gaśnicze użytkowane w lotnictwie Sił Zbrojnych RP.

Wynik badania uznaje się za pozytywny, jeżeli można odzyskać dane testowe zarejestrowane w pamięci rejestratora katastroficznego po poddaniu go badaniu odporności na oddziaływanie płynów agresywnych.

Badanie danych testowych z rejestratora katastroficznego

W celu stwierdzenia, że rejestrator katastroficzny przeszedł z wynikiem pozytywnym kolejne badania wytrzymałości, konieczne jest przedstawienie (odtworzenie) zapisanych w pamięci rejestratora katastroficznego danych testowych w postaci parametrów. Przed każdą próbą wytrzymałościową w pamięci rejestratora zapisano dane testowe w formacie przeznaczonym dla śmigłowca Mi-17. Wykonano pięć kilkunastominutowych zapisów dziewięciu parametrów, w tym dwóch analogowych, symulowanych przebiegiem sinusoidalnym o amplitudzie do 5 V DC i częstotliwościami ustawionymi w różnych zapisach na wartości: 0,01; 0,02 i 0,03 Hz.

W tablicy przedstawiono dane, które każdorazowo zapisano w pamięci rejestratora katastroficznego. Tymi parametrami są:

- data zapisu (D – dzień, M – miesiąc, R – rok),
- początek zapisu (h – godzina, m – minuta, s – sekunda),
- czas trwania zapisu (h – godzina, m – minuta, s – sekunda),
- diagnostyka (Diag – liczba działek [dz]),
- czas (T [s]),
- kanał wzorcowy (Kan.wz. [dz]),

- numer identyfikacyjny (NRID [dz]),
- prędkość przyrządowa (V_{pr} [dz]),
- wysokość barometryczna (H_{bar} [dz]).

Przyjęto, zgodnie z wymaganiami norm, że wynik pozytywny badania to identyczność danych odczytanych z pamięci rejestratora katastroficznego przed badaniem i po jego zakończeniu. Dane odczytano za pomocą testera WTS-5 z zainstalowanym systemem deszyfracji Obiektywna Analiza Zapisu (OAZ) [7].

Za każdym razem w badaniach wytrzymałości rejestratora katastroficznego stwierdzano pełną zgodność parametrów odczytanych po próbie wytrzymałościowej z odczytem dokonany przed poddaniem rejestratora katastroficznego próbie wytrzymałościowej.

Podsumowanie

Rejestrator katastroficzny systemu rejestracji parametrów lotu S2-3a spełnia wymagania wytrzymałościowe normy europejskiej EUROCAE ED-112 i normy obronnej NO-16-A200:2015, tj. zabezpiecza zarejestrowaną w pamięci informację w przypadku:

- oddziaływania przeciążenia 3400g w czasie nie dłuższym niż 6,5 ms;
- penetracji metalowym trzpieniem o średnicy 6,35 mm, obciążonym masą 227 kg i spadającym z wysokości 3 m;
- ściskania siłą statyczną 22,25 kN przez 5 min;
- oddziaływania temperatury 1100°C w czasie nie krótszym niż 60 min;
- oddziaływania ciśnienia głębinowego wody morskiej 60 MPa (6000 m poniżej poziomu wody) w czasie 24 h;
- oddziaływania płynów agresywnych w czasie 48 h.

LITERATURA

- [1] Document ED-112. Minimum Operational Performance Specification for Crash Protected Airborne Recorder Systems. EUROCAE, 2003.
- [2] Norma obronna NO-16-A200, 2006. Wojskowe statki powietrzne. Pokładowe rejestratory katastroficzne. Wymagania i badania.
- [3] Bakalarski J., „Opracowanie obudowy rejestratora parametrów lotu samolotu odpornej na graniczne warunki obciążeń mechanicznych i termicznych”. Warszawa: ITWL nr 10606/I, 1993.
- [4] Lisiecki J., Błażejewicz T., „Analiza materiałów PCM do zastosowania w kasie ochronnej pod kątem temperatury przemiany”. Sprawozdanie ITWL nr 140/31/2008, 2008.
- [5] Lisiecki J., Błażejewicz T., Gmurczyk G., „Stanowisko do badania kasety rejestratora katastroficznego na działanie ognia”. PL 65757.
- [6] Sprawozdanie z pracy pt. „Stanowisko do hydrostatycznego ciśnieniowania rejestratora lotu w ciśnieniu 60 MPa w środowisku wody morskiej”. IWC PAN 2015.
- [7] Raport nr 6a/36/2015 z odczytu kaset ochronnych S2-3a-K i S2-3a-K/VCR poddanych działaniu ciśnienia wody morskiej, zgodnie z normą ED-112. ITWL 2015.