

Edward BABIASZ  
Józef MAŁUJ  
Instytut Lotnictwa w Warszawie

## NAJNOWSZA EDYCJA DOKUMENTU RTCA/DO-160F

Najnowsza wersja dokumentu DO-160, wydanie F zostało opublikowane przez RTCA [5] 6 grudnia 2007 r. wspólnie z komitetami EUROCAE – WG 14 i 31. Prace nad doskonaleniem dokumentu trwają nieustannie, o czym świadczy sześć jego wydań. Na wydaniu F tego dokumentu komitet nie poprzestaje, planowana jest kolejna edycja – wydanie G, która ma się ukazać w grudniu 2010 r. Niniejsze opracowanie stanowi krótkie omówienie ponadczterystustronicowej „normy”. Pokazuje zmiany dokonane w wydaniu F i propozycje zmian do wydania G oraz sygnalizuje obserwowane tendencje w pracach komitetów redakcyjnych.

### Wstęp

RTCA (*Radio Technical Committee for Aeronautics*, [www.rtca.org](http://www.rtca.org)) początki swe datuje na 1935 r. Obecnie jest prywatną spółką non profit z siedzibą w Waszyngtonie, skupiającą ok. 400 organizacji i instytucji rządowych i prywatnych, działającą na rzecz modernizacji systemów awioniki – elektroniki lotniczej w Stanach Zjednoczonych i na całym świecie. W ramach RTCA powstało wiele dokumentów normalizacyjnych i doradczych istotnie wpływających na rozwój konstrukcji awionicznych. Jednym z ważniejszych jest dokument DO-160: *Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment* (Warunki środowiskowe i procedury badań wyposażenia pokładowego), który w swej pierwotnej wersji powstał pod koniec lat 50. ubiegłego stulecia i szybko stał się podstawową normą środowiskową dla cywilnego wyposażenia pokładowego całego spektrum statków powietrznych – od samolotów i śmigłowców lekkich do samolotów naddźwiękowych, a także dla wyposażenia w wojskowym lotnictwie transportowym. Wyparł on powszechnie stosowaną normę brytyjską BS.G100, a właściwie jej trzecią edycję BS.3G100. Od kilkunastu lat dokumenty DO-160 koordynowane są z EUROCAE (European Organization for Civil Aviation Equipment) przez jej grupy robocze WG 14 i 31 i wydawane jednocześnie jako jednobrzmiący dokument ED-14 (ED-14F). Dokument ten składa się z 26 rozdziałów, z których 23 opisuje poszczególne naraże-



nia środowiskowe, określa wymagania odporności i wytrzymałości na te narażenia oraz poziomy dopuszczalnych narażeń wywoływanych przez wyposażenie pokładowe, a także procedury prowadzenia i oceny badań wyposażenia [1, 2]. Najnowsza wersja DO-160, wydanie F zostało opublikowane 6 grudnia 2007 r. Nie można jednak mówić, że wydanie F obowiązuje od 6 grudnia 2007 r., dokumenty RTCA mają charakter doradczy i obowiązują w takim zakresie, w jakim są przywołane w krajowych dokumentach normalizacyjnych. Wydania tego dokumentu (praktycznie od wydania B) funkcjonują niejako współbieżnie – producenci sprzętu deklarują zgodność awioniki, a laboratoria badawcze swe możliwości badawcze z odpowiednim wydaniem dla uproszczenia normy.

Kolejne wydania analizowanego dokumentu są wynikiem bardzo intensywnych prac komitetu SC 135 wraz z komitetami EUROCAE – WG 14 i 31 – w ciągu czterdziestu lat ukazało się sześć jego wydań. Na wydaniu F dokumentu komitet nie porzeka i planowana jest kolejna jego edycja – wydanie G, która ma być opublikowana w grudniu 2010 r. [3].

Dla uproszczenia w tekście DO-160 nazywany jest dokumentem lub normą.

## **1. Cel i zakres stosowania**

Dokument definiuje zestaw typowych warunków badań środowiskowych i procedur badawczych dla wyposażenia pokładowego. W powiązaniu z wymaganiami technicznymi czy normami dla poszczególnych elementów wyposażenia mogą one zapewnić wiarygodną ocenę zachowania wyrobu w środowisku pracy. Wybór warunków (kategorii badań), procedur należy do twórcy wyrobu. Dokument nie obejmuje wszystkich narażeń środowiskowych, jakie mogą dotknąć wyposażenie, np. gradu, przyspieszeń liniowych, wibracji akustycznych, oraz badań żywotności wyposażenia. Zakres obowiązywania postanowień dokumentu leży w gestii narodowych agencji rządowych, co pozostaje bez zmian w wydaniu F i G.

## **2. Definicje podstawowych terminów**

Wykaz ogranicza się tylko do omówienia kilkunastu pojęć stosowanych w całym dokumencie. Definicje terminologii specyficznej dla poszczególnych rozdziałów można znaleźć w odpowiednim rozdziale. W wydaniu F nowy paragraf omawiający przydatność wyników wcześniejszych badań po dokonaniu zmian konstrukcji lub konfiguracji.



### **3. Warunki badań**

W tej części dokumentu omówiono normalne warunki badań – podłączenia i położenie obiektu badań, kolejność i łączenie badań, pomiar temperatury powietrza w komorze, normalne warunki otoczenia (temperatura od 15 do 35 deg C, wilgotność nie większa niż 85%, ciśnienie od 84 do 107 kPa, co odpowiada wysokości od 5000 do –1500 stóp), tolerancje (temperatura  $\pm 3$  deg C, wysokość  $\pm 5\%$  ciśnienia), wyposażenie pomiarowe, wyposażenie wieloelementowe. Nowością w wydaniu F jest omówienie konfiguracji obiektu badań podczas badań podatności na zakłócenia.

#### **Temperatura i wysokość**

Rozdział zawiera kryteria podziału wyposażenia na dwadzieścia kategorii, zależnie od miejsca zabudowy i maksymalnej wysokości operowania, oraz opis badań klimatycznych. Treść rozdziału została ustabilizowana i zmiany wprowadzone w wydaniach F i G mają raczej charakter kosmetyczny.

#### **Zmiany temperatury**

Norma definiuje pięć kategorii wyposażenia w zależności od przewidywanej prędkości zmian temperatury (10, 5 i 2 deg C na minutę, większej od 10 deg C na minutę – znanej i nieznanej) oraz opisuje procedury badań dla poszczególnych kategorii. W wydaniu F dokonano drobnych uściśleń dotyczących przeprowadzenia prób funkcjonalnych na zakończenie próby.

#### **Wilgotność**

Zdefiniowano trzy kategorie środowiska dla badanego sprzętu – standardowe, zastrzone, na zewnątrz kadłuba, i związane z nimi procedury badań trwające 48, 240 i 144 godziny. W wydaniu F skorygowano tylko temperaturę w drugim kroku cyklu na 38 deg C, zgodnie z rysunkami przebiegu próby. W wydaniu G nie przewiduje się zmian.

#### **Udary eksploatacyjne i bezpieczeństwo w warunkach katastrofy**

Badanie weryfikuje odporność na udary eksploatacyjne (podczas lądowania, kołowania, turbulencji) oraz bezpieczne zachowanie urządzeń podczas lądowania awaryjnego (bez wyrwania z zamocowań i innych zachowań niebezpiecznych dla pasażerów, układu paliwowego, urządzeń ewakuacyjnych). W wydaniu F wprowadzono kosmetyczne zmiany definicji kategorii wyposażenia i definicji kierunku obciążeń z wykorzystaniem wirówki. W wydaniu G nie przewiduje się zmian.

#### **Wibracje**

Badanie ma wykazać odporność i wytrzymałość wyposażenia na oddziaływanie wibracji (także długotrwałych). Zdefiniowano kategorie badań w zależno-



ści od rodzaju statku powietrznego i jego napędu oraz od usytuowania wyposażenia. Badanie drganiami sinusoidalnymi dotyczy już tylko samolotów. Wyposażenie dla śmigłowców bada się drganiami przypadkowymi i przypadkowymi połączonymi z sinusoidalnymi. W wydaniu F wprowadzono wiele istotnych zmian, dotyczących m.in. rozszerzenia opisu zaostrożonych badań wibracyjnych, okresów pracy urządzenia, oraz poprawiono rysunki przebiegu prób. W wydaniu G planuje się dodać wymagania dotyczące badań wyposażenia z elementami wirującymi i przybliżyć dotychczasowe wymagania do najnowszej wersji MIL-STD-810G.

### **Atmosfera wybuchowa**

Zdefiniowano wymagania i procedury badawcze dla wyposażenia kontaktującego się z cieczami, gazami i parami palnymi. Przyjęto trzy środowiska o atmosferze potencjalnie wybuchowej oraz trzy kategorie wyposażenia przeznaczonego do pracy w tych środowiskach. Próba ta wymaga bardzo specyficznego wyposażenia i specjalistycznego personelu. W związku z tym jest bardzo rzadko stosowana przez konstruktorów. W wydaniu F poprawiono definicje środowisk i kategorii wyposażenia, usunięto odniesienia do paliwa 100/130 oktanowego. W wydaniu G planowane jest wprowadzenie zmian w formułach mieszanek i czasu oddziaływania.

### **Wodoodporność**

Badanie służy sprawdzeniu, czy wyposażenie wytrzymuje działanie ciekłej wody w formie deszczu, sprayu, strumienia lub kondensatu. W wydaniu F obniżono intensywność opadu o połowę do  $140 \text{ l/m}^2/\text{h}$ . W wydaniu G nie przewiduje się wprowadzenia zmian.

### **Wrażliwość na ciecze robocze**

Badanie weryfikuje zastosowane materiały konstrukcyjne urządzeń stykających się z cieczami roboczymi stosowanymi na pokładzie (paliwa, ciecze hydrauliczne, płyny odladzające, płyny gaśnicze itp.). Materiały poddawane są spryskiwaniu i oblewaniu. Warunki te w wydaniu F pozostawiono bez zmian. W wydaniu G planowane jest uaktualnienie listy płynów zgodnie z MIL-STD-810G i uszczegółowienie składu roztworów odladzających.

### **Piasek i kurz**

Celem badania jest stwierdzenie odporności wyposażenia na oddziaływanie piasku i kurzu. Działanie to może szkodliwie wpływać na wszelkie połączenia ruchome, powodować powstanie mostków dla łuków elektrycznych, stać się ośrodkiem kondensacji cieczy i korozji, a także zanieczyszczać płyny. W wydaniu F poprawiono definicje kategorii wyposażenia, dodano dodatkowe koncentracje piasku oraz poprawiono rozkład ziarnistości. W wydaniu G nie przewiduje się wprowadzenia zmian.



**Odporność na zagrzybenie**

Badanie określa, czy zastosowane materiały poddają się szkodliwemu działaniu grzybów w warunkach sprzyjających ich rozwojowi – w wysokiej wilgotności, temperaturze i obecności soli nieorganicznych. Jeżeli użyte materiały nie stanowią pożywki dla grzybów, badanie nie jest wymagane. W wydaniu F praktycznie nie dokonano zmian. Do wydania G również nie będą wprowadzone zmiany.

**Mgła solna**

Badanie sprawdza wpływ długotrwałego działania słonej mgły lub atmosfery o dużym zasoleniu na właściwości wyposażenia. Szczególnie dotyczy to korozji, pracy części ruchomych, pogorszenia izolacyjności, uszkodzenia styków lub odizolowanych przewodów. Treść rozdziału pozostała bez zmian w kolejnych wydaniach.

**Wpływ pola magnetycznego**

Celem badania jest określenie odległości badanego wyposażenia, przy której powoduje ono zakłócenie kompasu lub innego czujnika magnetycznego o 1°. Wyposażenie podzielono na pięć kategorii – dla odległości od 0 m do ponad 3 m. W wydaniu F poprawiono definicje kategorii, dodano kategorię Y dla wyposażenia bezpośrednio przyległego do kompasu. Poprawiono procedury pomiarowe. W wydaniu G postanowiono dodać tolerancje odległości i opisać metodę pomiaru przy użyciu magnetometru lub gausometru trójosiowego.

**Zasilanie elektryczne**

Jest to najbardziej rozbudowany rozdział w normie. Definiuje warunki zasilania i zjawiska w sieciach prądu stałego 14, 28 i 270 V oraz prądu zmiennego o wartości skutecznej 115 i 230 V, zarówno o stałej 400 Hz, jak i zmiennej częstotliwości. Poza kategoriami podstawowymi, wynikającymi z nominalnej wartości napięcia zasilania przy kwalifikacji wyposażenia, uwzględnia się także inne czynniki, np. poziom modulacji. Rozdział ten stale jest rozwijany. W wydaniu F pojawiło się nowe źródło napięcia – 270 Vdc uzyskiwane z sieci ac. Wprowadzono wiele zmian dotyczących testowanych zjawisk występujących w sieciach (dodano podwójne przerwanie zasilania w sieci dc, utratę fazy zasilania trójfazowego, pomiar prądu rozruchu, prostowanie napięcia itp.). Dodano tolerancje wartości dla większości prób. Kolejne zmiany planuje się wprowadzić w wydaniu G – zasilanie z wielu źródeł, poprawki opisu badań udarów napięciowych w sieci trójfazowej, doprecyzowanie warunków pracy przy zasilaniu awaryjnym, wymagania na generator 270 Vdc.



**Impulsy napięciowe**

Ten i następny rozdział uzupełniają rozdz. 16. dotyczący zasilania. Badanie sprawdza odporność na impulsy szpilkowe występujące na zasilaniu zarówno ac, jak i dc. Przewiduje się dwie kategorie – o większej i niższej odporności na impulsy. W wydaniu F wyjaśniono zasady zadawania impulsów dodatnich i ujemnych, sprecyzowano procedurę przy wielorakim zasilaniu, podano ograniczenia na generator impulsów, dodano rysunek dla różnych konfiguracji zasilania trójfazowego. W wydaniu G planuje się dodanie wymagań dla generatorów napięcia (np. alternatorów).

**Podatność na zakłócenia przewodzone o częstotliwości akustycznej na zasilaniu**

Badanie sprawdza odporność na harmoniczne związane z częstotliwością podstawową źródła. Przyjęte kategorie powiązane są z kategoriami zasilania z rozdziału 16. Zmiany w wydaniu F wynikają z dodania nowego źródła 270 V oraz wprowadzenia wymagań na zasilanie z wielu źródeł. W wydaniu G planowane są kolejne rozszerzenia zakresu badań oraz opcje skrócenia czasu badań.

**Podatność na zakłócenia indukowane**

Celem badania jest sprawdzenie podatności na zakłócenia powodowane częstotliwością sieci i jej harmonicznymi, sygnałami o częstotliwości akustycznej, przebiegami przejściowymi wynikającymi z działania innych urządzeń pokładowych i oddziałujących na badane urządzenie za pośrednictwem wiązek połączeń. Przypisanie do odpowiedniej kategorii zależy od stopnia potrzebnej odporności i częstotliwości sieci podstawowej. Wydanie F pozostało praktycznie bez zmian. W wydaniu G przewiduje się poszerzenie zakresu badań w obszarze niskich częstotliwości oraz dostosowanie poziomu badań do długości wiązek.

**Podatność na zakłócenia o częstotliwości radiowej  
(promieniowane i przewodzone)**

W rozdziale tym chyba po raz pierwszy dokonano zmian upraszczających kategoryzowanie sprzętu i unifikacji badań. Jest to jeden z najbardziej rozbudowanych rozdziałów normy, o procedurach wymagających drogiego specjalistycznego sprzętu i wysoko kwalifikowanej kadry badawczej. Planuje się wydanie poradnika dla użytkowników tej części normy.

**Emisja zakłóceń o częstotliwości radiowej**

W tej części dokumentu dokonano dużo zmian. Wprowadzono nową kategorię dla samolotów o strukturze słabo ekranującej. Wyeliminowano badania poniżej 100 MHz, ale dodano badania w paśmie GPS. Dodano również rozdz. 21.6 z procedurą dla komory pogłosowej. Planowane jest także poprawienie poradnika dla użytkowników. Przewidywane jest dalsze rozbudowanie rozdziału wraz z zagęszczaniem się przestrzeni radiowej.



**Podatność na zakłócenia indukowane wyładowaniem atmosferycznym**

Ten i następny rozdział, mimo że stosunkowo niedawno zostały uwzględnione w normie, nie podlegają zmianom w zakresie kategoryzacji i procedur [4]. Zmiany dotyczą jedynie precyzyjniejszego opisu. W wydaniu G planowana jest poprawa poradnika użytkownika oraz badań z wiązkami mieszanymi z i bez ekranowania.

**Bezpośrednie uderzenie pioruna**

W rozdziale tym nie dokonano zmian.

**Oblodzenie**

Rozdział ten dotyczy badań wpływu skutków obecności i narastania lodu na powierzchniach zewnętrznych oraz oszronienia z kondensatu wodnego. Nie wprowadzono do niego zmian.

**Wyładowania elektrostatyczne**

W części tej opisano badanie związane z wpływem wyładowań elektrostatycznych przy kontakcie użytkownika z urządzeniem (dotykanie przycisków, pokręteł itp.). W wydaniu F dodano wyjaśnienie dotyczące całkowitej liczby zadawanych impulsów. Dodano tolerancję amplitudy impulsu oraz skorygowano wartość rezystora. W wydaniu G planuje się dodać niższe niż 15 Kv poziomy napięcie i rozszerzyć zakres prób przez dodanie styków złącza jako punktów zadawania napięć.

**Pożar, palność**

Celem próby jest określenie ogniowytrzymałości lub ognioodporności urządzeń oraz palności zastosowanych materiałów niemetalowych. Wydanie F pozostało bez zmian. W wydaniu G zostaną wprowadzone zmiany dotyczące doprowadzenia do zgodności z wymaganiami FAR.

**4. Załączniki A, B, C**

Załącznik A przedstawia sposób oznakowania wyrobu zgodnego z określonymi wymaganiami DO-160. Ponadto zawiera wzór formularza deklaracji kwalifikacji środowiskowej wyrobu i przykład jego wypełnienia. W załącznikach B i C przedstawiono skład komitetu opracowującego dokument i osoby odpowiedzialne za koordynację zmian, zarówno w USA, jak i w Unii Europejskiej.

**5. Podsumowanie**

W omawianym dokumencie ustabilizowane są tylko badania klimatyczne (temperatury, ciśnienia, wilgotności). Ciągłym korektom podlegają wymagania



wibracyjne idące zdecydowanie w kierunku wibracji przypadkowych. Nieustannie dokonywane są zmiany w zakresie prób dających się ująć jako badania kompatybilności elektromagnetycznej. Wprowadzone zmiany ukierunkowane są na unifikację z normą militarną MIL-STD-810. Dokument DO-160 można określić jako „biblię” osprzętowców w zakresie wymagań środowiskowych.

Norma, jak i inne dokumenty RTCA, jest dostępna za opłatą, za pośrednictwem strony internetowej RTCA. Cena normy wynosi 425 \$ dla krajów spoza Ameryki Północnej. W kraju ostatnie tłumaczenie dotyczy wersji C (1989 r.).

### **Literatura**

- [1] DO-160F: Change Summary, RTCA, November 21, 2007.
- [2] DO-160F: Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment, RTCA, December 6, 2007.
- [3] DO-160F: Open Issues to be Addressed in Revision G, RTCA, November 20, 2007.
- [4] RTCA DO-160F: Lightning Testing, Michael Hopkins, Thermo Fisher Scientific, December 7, 2009.
- [5] [www.rtca.org](http://www.rtca.org).

### **NEW EDITION RTCA DO-160F**

#### **A b s t r a c t**

Document DO-160 defines a series of minimum standard environmental test conditions (categories) and applicable test procedures for airborne equipment. These text remind DO-160 – environmental bible for avionics and shortly describe changes introduced in edition F and planned for edition G.

*Złożono w Oficynie Wydawniczej w sierpniu 2011 r.*