

Grzegorz EWIAK, Sławomir LORENT
P.P. „Porty Lotnicze”

ZASTOSOWANIE NADMIARU CZASOWEGO W PROCEDURACH WYKONYWANIA OPERACJI LOTNICZYCH PRZY OGRANICZONEJ WIDZIALNOŚCI

Słowa kluczowe

Nadmiar czasowy, meteorologia, lotnisko, procedura.

Streszczenie

Artykuł poświęcony jest procedurom wykonywania operacji lotniczych w zmiennych warunkach meteorologicznych. Celem przytoczonych rozważań jest wykorzystanie teorii niezawodności eksploatacji systemów technicznych, a w szczególności nadmiaru czasowego, w procedurach wykonywania operacji lotniczych, w warunkach ograniczonej widzialności.

Wprowadzenie

Zarządzanie bezpieczeństwem ruchu lotniskowego może być realizowane w wielu aspektach. Jednym z nich jest aspekt zagrożeń wynikających ze zmienności meteorologicznych warunków wykonywania lotów. Zapewnienie bezpieczeństwa operacji lotniskowych jest działaniem priorytetowym. W tym celu niezbędne jest ściśle określenie zasad i sposobu zarządzania operacyjnego dla utrzymania sprawności i ciągłości procesów użytkowania i eksploatacji lotniska. Zgodnie z Rozporządzeniem [6] zakres informacji i danych meteorologicznych oraz sposób ich prezentacji i przekazywania pomiędzy zarządzającym lotniskiem a lotniczą i lotniskową służbą meteorologiczną zawarty w porozumieniach między stronami powinien znaleźć się w Instrukcji Operacyjnej Lotniska.

W praktyce nie jest możliwe całkowite wyeliminowanie ryzyka związanego z zapewnieniem ciągłości eksploatacji tak złożonego systemu technicznego, jakim jest lotnisko. Zadanie to staje się szczególnie trudne przy niesprzyjających warunkach pogodowych. Aby zminimalizować to ryzyko, wprowadza się szereg procedur mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa i zminimalizowanie ryzyk wynikających z zagrożeń meteorologicznych, charakteryzujących się zmiennością (często o znacznej dynamice) oraz nieprzewidywalnością, nawet w kilkugodzinnych horyzontach czasowych.

1. Gromadzenie danych i informacji meteorologicznych

Zgodnie z obowiązującymi przepisami i stosowanymi praktykami warunki meteorologiczne i trendy ich zmian są stale monitorowane przez dyżurne służby operacyjne lotniska. Do sprawnego dozoru funkcjonowania lotniska w przypadku zmiennych warunków pogodowych i przeciwdziałania zagrożeniom niezbędne są aktualne informacje meteorologiczne, które napływają do dyżurnych służb operacyjnych lotniska. Podstawowym źródłem tych informacji jest Lotniskowa Stacja Meteorologiczna, która przekazuje informacje o aktualnych warunkach, prognozach i lotniskowych ostrzeżeniach meteorologicznych. Informacje o aktualnych warunkach meteorologicznych są publikowane co 30 minut w depeszach METAR. Każda taka depesza zawiera kod lotniska, datę i godzinę, a także dane pogodowe, obejmujące kierunek i prędkość wiatru, widzialność wzdłuż drogi startowej, zachmurzenie i wysokość podstawy chmur, temperaturę i ciśnienie powietrza, a także temperaturę punktu rosy.

Publikowane są także depesze TAF, zawierające prognozę na kilka najbliższych godzin. Dodatkowo przekazywane są doraźne ostrzeżenia oraz informacje o warunkach na drogach startowych takie jak temperatura powietrza, temperatura nawierzchni, występowanie wody lub śniegu wraz z określeniem grubości pokrywy.

2. Wykonywanie operacji lotniczych w warunkach ograniczonej widzialności

Każde lotnisko posiada odpowiednią kategorię, określoną przez parametry systemu podejścia do lądowania przy ograniczonej widzialności. Minima operacyjne lotniska dla poszczególnych kategorii ustanowione przez Organizację Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ICAO – ang. *International Civil Aviation Organization*) przedstawione zostały w tabeli 1. W celu zapewnienia bezpieczeństwa operacji podejść do lądowania w kategorii II i III na lotniskach wprowadzane są procedury wykonywania operacji lotniczych w warunkach ograniczonej widzialności (LVP – ang. *Low Visibility Procedures*).

Tabela 1. Minima operacyjne lotniska [5]

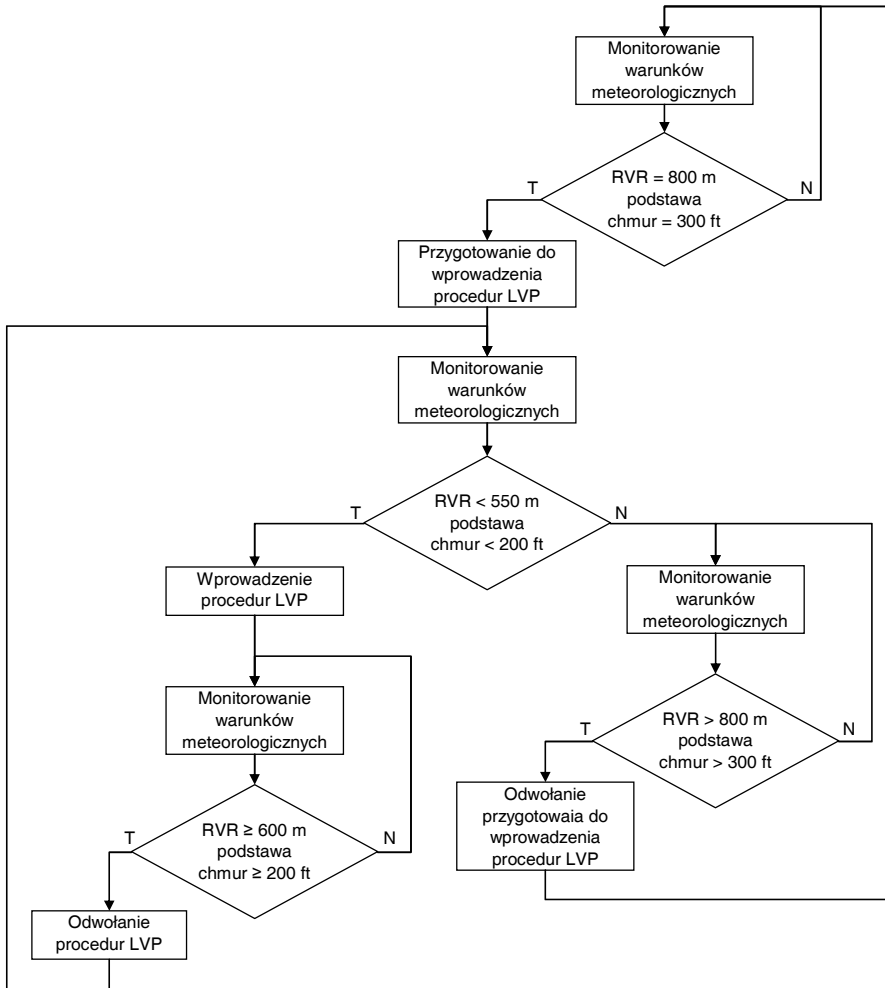
Kategoria lotniska	Wysokość decyzyjna DH (podstawa chmur)	Widzialność lub RVR
Kat. I	$DH \geq 200 \text{ ft}$	widzialność $\geq 800 \text{ m}$ i/lub $RVR \geq 550 \text{ m}$
Kat. II	$200 \text{ ft} > HD \geq 100 \text{ ft}$	$RVR \geq 350 \text{ m}$
Kat. IIIA	$100 \text{ ft} > DH$ lub bez ograni- czenia DH	$RVR \geq 200 \text{ m}$
Kat. IIIB	$50 \text{ ft} > DH$ lub bez ogranicze- nia DH	$200 \text{ m} > RVR > 50 \text{ m}$
Kat. IIIC	bez ograniczenia DH	bez ograniczenia RVR

Dyżurna Służba Operacyjna Lotniska (DSOL) monitoruje na bieżąco warunki meteorologiczne wykonywania operacji na lotnisku, ze szczególnym uwzględnieniem widzialności wzdłuż drogi startowej (RVR – ang. *Runway Visual Range*) oraz podstawy chmur rozumianej jako najniższa wysokość ich widzialnej części, zakrywających co najmniej połowę nieba. W tym celu wykorzystywane są monitory systemów pogodowych, informacje z Lotniskowej Stacji Meteorologicznej oraz własna obserwacja.

Jeżeli widzialność wzdłuż drogi startowej spadnie do 800 metrów i/lub podstawa chmur osiągnie 300 stóp (z trendem malejącym) przy pokryciu co najmniej połowy nieba zarządzane jest przygotowanie do wprowadzenia LVP. Wstrzymywane są wszelkie prace prowadzone w obrębie pola manewrowego lotniska z wyłączeniem pojazdów niezbędnych do realizacji przedmiotowej procedury. Pojazdy te po utrzymaniu upoważnienia od DSOL pozostają pod nadzorem Służby Kontroli Lotniska.

Wprowadzenie procedur wykonywania operacji lotniczych w warunkach ograniczonej widzialności następuje w momencie, gdy poziom RVR spadnie poniżej 550 metrów i/lub podstawa chmur obniży się do wysokości 200 stóp. W czasie obowiązywania powyższych procedur DSOL monitoruje na bieżąco warunki meteorologiczne panujące na lotnisku, stan techniczny elementów infrastruktury oraz urządzeń mających wpływ na bezpieczną realizację procedur LVP, a także ruch pojazdów w polu manewrowym lotniska.

Odwwołanie procedur LVP następuje po wzroście wskaźnika RVR powyżej 600 m i podstawy chmur powyżej 200 stóp, z tendencją wzrostową. Zakończenie procedur następuje po konsultacji ze Służbą Kontroli Lotniska. Schemat wprowadzania procedur wykonywania operacji lotniczych w warunkach ograniczonej widzialności przedstawia rys. 1.



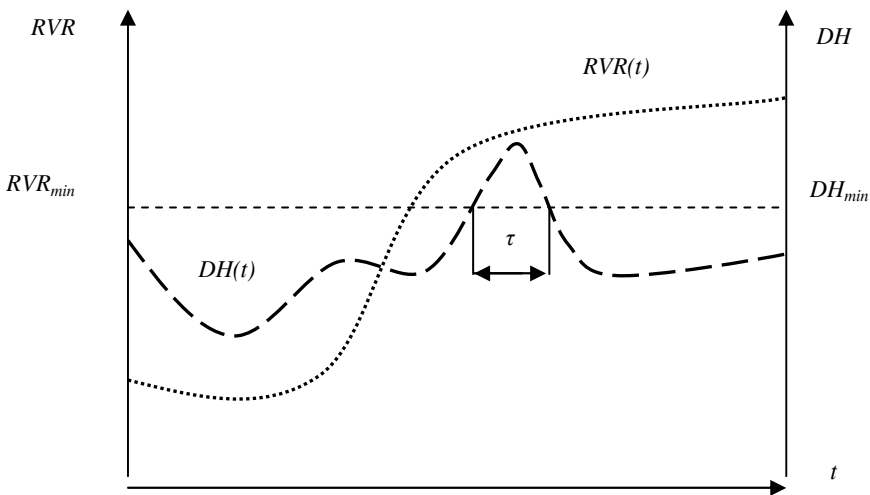
Rys. 1. Schemat wprowadzania procedur wykonywania operacji lotniczych w warunkach ograniczonej widzialności

3. Zastosowanie nadmiaru w procedurach LVP

Meteorologiczne warunki wykonywania lotów w istotny sposób wpływają na bezpieczeństwo wykonywania operacji lotniczych. Charakteryzują się one zmiennością o dużej dynamice w czasie i są trudne do prognozowania. Powszechnie stosuje się nadmiary w technice lotniczej, np. nadmiar wytrzymałości w konstrukcjach statków powietrznych. Dostrzegana jest także potrzeba stosowania nadmiarów w standardowych procedurach lotniskowych.

W przedstawionym schemacie (rys. 1) wprowadzania procedur LVP problematycznym wydaje się być moment ich odwołania. W tym newralgicznym momencie pojawia się zagrożenie bezpieczeństwa ruchu lotniczego, ze względu na możliwość ponownego, gwałtownego pogorszenia się warunków meteorologicznych po odwołaniu procedur LVP. Warunki meteorologiczne odpowiednie do wykonywania lotów z widocznością (VMC – ang. *Visual Meteorological Conditions*) zmieniają się nieliniowo. Dlatego zaproponowano wprowadzenie dodatkowego zabezpieczenia, polegającego na wydłużeniu czasu (nadmiaru czasowego) obowiązywania ww. procedur. Do rozstrzygnięcia jest dobór odpowiedniego odcinka czasowego utrzymywania procedur LVP ponad standardowy czas.

Do rozwiązania powyższego problemu zastosowano teorię niezawodności systemów technicznych, na gruncie której zostały opracowane liczne, sprawdzone w praktyce modele matematyczne. W przedmiotowym przykładzie przyjęto koncepcję zastosowania nadmiaru czasowego. Parametrami krytycznymi są w tym przypadku: RVR i DH. W trakcie obowiązywania procedur LVP mogą nastąpić dwa rodzaje zdarzeń: wzrost widzialności wzdłuż drogi startowej $RVR(t)$ powyżej wartości minimalnej RVR_{min} lub podniesienie się podstawy chmur $DH(t)$ powyżej wartości minimalnej DH_{min} (rys. 2).



Rys. 2. Przykładowy przebieg procesu zmiany widzialności wzdłuż drogi startowej RVR i wysokości podstawy chmur DH

Prawdopodobieństwo wystąpienia tych przekroczeń można wyznaczyć za pomocą wzorów:

$$Q_1 = P(RVR > RVR_{\min}) = \int_{RVR_{\min}}^{\infty} f(RVR) dRVR \quad (1)$$

$$Q_2 = P(DH > DH_{\min}) = \int_{DH_{\min}}^{\infty} f(DH) dDH$$

gdzie: $f(RVR)$ – gęstość prawdopodobieństwa amplitudy RVR procesu losowego $RVR(t)$,
 $f(DH)$ – gęstość prawdopodobieństwa amplitudy DH procesu losowego $DH(t)$.

Czas przebywania obu parametrów powyżej wartości minimalnych rozpatrywany jako impuls czasowy τ powinien być na tyle długi, aby przekroczył wartość krytyczną τ_{kr} . Wartość τ_{kr} determinuje w tym przypadku wymagany nadmiar czasowy.

Prawdopodobieństwo warunkowe zdarzenia, że $\tau > \tau_{kr}$, można opisać wzorem:

$$P(\tau > \tau_{kr}) = \int_{\tau_{kr}}^{\infty} f(\tau) d\tau \quad (2)$$

gdzie: $f(\tau)$ – gęstość prawdopodobieństwa czasu trwania impulsu τ .

Należy przyjąć, że $P_1(\tau > \tau_{kr})$ oznacza prawdopodobieństwo warunkowe zdarzenia, że $\tau > \tau_{kr}$ przy przekroczeniu przez wskaźnik RVR wartości RVR_{\min} , a $P_2(\tau > \tau_{kr})$ oznacza prawdopodobieństwo warunkowe, że $\tau > \tau_{kr}$ przy przekroczeniu przez parametr DH wartości DH_{\min} .

Do zastosowania powyższej koncepcji należy opracować format i zakres gromadzonych danych dotyczących czasów trwania impulsu τ . Pozwoli to na określenie wartości nadmiaru czasowego i wykorzystania go w praktyce.

Podsumowanie

Zapewnienie bezpieczeństwa w ruchu lotniczym jest zagadnieniem priorytetowym. Ze względu na charakter tego ruchu szczególne zagrożenia wynikają ze zmienności meteorologicznych warunków wykonywania lotów. Skuteczne zarządzanie bezpieczeństwem wykonywania operacji lotniczych w ruchu lotniskowym powinno uwzględniać znaczącą dynamikę tych zmian.

W rozpatrywanym przypadku procedur LVP zasadnym jest zastosowanie nadmiaru czasowego. Należy jednak mieć na uwadze, że utrzymywanie procedur LVP na lotnisku zmniejsza jego przepustowość i wprowadza znaczące ograniczenia operacyjne, jak również zwiększa koszty eksploatacji. Dlatego ko-

nieczne jest określenie wartości zastosowanego nadmiaru w oparciu o dane meteorologiczne gromadzone na przestrzeni 5–10 lat.

Bibliografia

1. Aeronautical Information Services Manual (ICAO Doc 8126-AN/872).
2. Airport Services Manual (ICAO Doc 9137-AN/898).
3. Aneks 14 ICAO Lotnisko (Dz. Urz. ULC z 31 marca 2008 r., Nr 2, poz. 32).
4. Aneks 15 ICAO Służby Informacji Lotniczej (Dz. Urz. ULC z 25 kwietnia 2008 r., Nr 4, poz. 41).
5. Manual Of All-Weather Operations, Doc 9365-AN/910, Second Edition – 1991, ICAO.
6. Rozporządzenie ministrów infrastruktury, środowiska, spraw wewnętrznych oraz obrony narodowej z dnia 28 października 2004 r. w sprawie osłony meteorologicznej lotnictwa, Dziennik Ustaw Nr 245 Poz. 2459.
7. Świątecki A., Nita P., Świątecki P.: *Lotniska*. Warszawa, WITWL 1999.
8. Jaźwiński J., Borgoń J.: *Niezawodność eksploatacyjna i bezpieczeństwo lotów*. Warszawa, WKiŁ 1989.

Recenzent:

Jerzy LEWITOWICZ

Conception of Application of Time Redundancy in LVP Procedures

Key-words

Time redundancy, meteorology, airport, procedure.

Summary

The article concerns procedures on aircraft operations during variable meteorological conditions. The basic purpose of considerations is to apply the reliability theory, particularly time redundancy, in low visibility procedures.

