

# Rola i funkcja naturalnych nawierzchni lotniskowych w systemie zapewnienia bezpieczeństwa wykonywania operacji lotniczych

## The role and function of natural airfield pavements in the system ensuring the safety of air operations



**Mariusz Wesołowski**

*Płk dr inż.*

*Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, Zakład Lotniskowy*

*mariusz.wesolowski@itwl.pl*



**Krzysztof Blacha**

*Mjr mgr inż.*

*Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, Zakład Lotniskowy*

*krzysztof.blacha@itwl.pl*



**Paweł Iwanowski**

*Mgr inż.*

*Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, Zakład Lotniskowy*

*pawel.iwanowski@itwl.pl*



**Paweł Pietruszewski**

*Mjr mgr inż.*

*Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, Zakład Lotniskowy*

*pawel.pietruszewski@itwl.pl*

**Streszczenie:** Istotnym czynnikiem, który ma wpływ na bezpieczeństwo wykonywanych operacji lotniczych jest odpowiedni stan nośności naturalnych nawierzchni lotniskowych. W artykule zawarto informację na temat roli i funkcji jakie powinny spełniać naturalne nawierzchnie lotniskowe na różnych obiektach przeznaczonych do wykonywania operacji lotniczych, jak i na poszczególnych elementach funkcjonalnych lotniska. Poruszono często spotykany problem niedostatecznej nośności naturalnych nawierzchni, który w bezpośredni sposób wpływa na bezpieczeństwo i efektywność wykonywania operacji lotniczych przez wojskowe i cywilne statki powietrzne. Zaprezentowano podejście autorów do oceny naturalnych nawierzchni lotniskowych wraz z przykładową analizą otrzymanych wyników z badań terenowych oraz sposobem ich prezentacji. Ponadto, przedstawiono przykładowe technologie prowadzenia wzmocnienia w sytuacji nieodpowiedniej nośności naturalnych nawierzchni oraz sezonowe zabiegi agrotechniczne i biologiczne niezbędne do utrzymania odpowiedniego stanu nośności naturalnych nawierzchni lotniskowych, a co za tym idzie utrzymanie ich w ciągłej zdolności eksploatacyjnej.

**Słowa kluczowe:** *Naturalne nawierzchnie lotniskowe; Nośność nawierzchni; Bezpieczeństwo lotów*

**Abstract:** An important factor that has an impact on the safety of performed air operations is the appropriate load capacity of natural airfield pavements. The article presents information on the role and functions that natural airport surfaces shall fulfill at various facilities intended to perform air operations, as well as on individual functional elements of the airport. The common problem of inadequate load capacity of natural airfield pavements, that directly affects the safety and efficiency of air operations by military and civil aircraft has been raised. The authors' approach to the assessment of natural airfield pavements with an exemplary analysis of the results obtained from field studies and the way of their display was presented. In addition, exemplary technologies in order to reinforce natural airfield pavements in the situation of inadequate load capacity, as well as seasonal agrotechnical and biological treatments necessary to maintain adequate load-bearing capacity of natural airfield pavements maintaining them in continuous operational capacity were presented.

**Keywords:** *Natural airfield pavements; Load capacity; Flight safety*

W ostatnim dziesięcioleciu transport lotniczy odnotował kilkukrotny wzrost liczby operacji lotniczych na świecie. Spowodowane to zostało między innymi przez znaczny wzrost tanich przewoźników komercyjnych oraz rozwój nowoczesnych technologii. Jednak dynamiczny i prężny rozwój lotnictwa spowodował także wiele problemów szczególnie związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa wykonywania operacji lotniczych. Jednym

z najbardziej niebezpiecznych zdarzeń podczas wykonywania operacji lotniczych jest manewr przerwane go startu bądź opóźnionego lądowania i ewentualne wykołowanie z drogi startowej oraz awaryjne opuszczenie utwardzonego pasa startowego i zjechanie na pobocze drogi startowej. Wiele wypadków związanych z w/w sytuacjami zostało zarejestrowanych w międzynarodowej bazie katastrof lotniczych, czasami z katastrofalnymi

skutkami [7]. Przykład może stanowić zdarzenie z 17 lipca 2007, kiedy Airbus A320-233 zjechał z końca pasa startowego na Congonhas Airport (Brazylia) i uderzył w stację benzynową oraz w budynek. W wyniku katastrofy 187 osób, w tym załoga, straciło życie. Inny przypadek zarejestrowano 22 maja 2010, kiedy Boeing 737-800 rozbił się podczas próby lądowania w ciężkich warunkach atmosferycznych. Samolot nie zatrzymał się na drodze startowej,



1. Prezentacja skutków niedostatecznej nośności naturalnej nawierzchni lotniskowej [8]



2. Rozmieszczenie naturalnych nawierzchni lotniskowych na przykładowym obiekcie lotniskowym



3. Lotniska aeroklubowe, prywatne i sportowe na przykładzie obiektu Białystok-Krywlany

zsunął się w dolinę i stanął w płomieniach. Wówczas zginęło 158 osób. Przykład skutków niedostatecznej nośności naturalnej nawierzchni lotniskowej przedstawiono na rysunku 1.

## Lokalizacja

Naturalne nawierzchnie lotniskowe są elementami funkcjonalnymi lotniska (EFL) utworzonymi przez odpowiednio przygotowane podłoże gruntowe, umożliwiające bezpieczny ruch statku powietrznego bez uszkodzenia jego konstrukcji. Obecnie, naturalne nawierzchnie lotniskowe dzielimy na gruntowe i darniowe. Nawierzchnie gruntowe wykonane są z odpowiednio przygotowanego i zagęszczonego gruntu (bez warstwy darniowej - trawiastej). Natomiast nawierzchnie darniowe są nawierzchniami gruntowymi, pokrytymi warstwą odpowiednio dobranej roślinności trawiastej. Na lotniskach, które posiadają nawierzchnię sztuczną do wykonywania operacji lotniczych, nawierzchnie naturalne występują na roboczym pasie startowym (RPS) oraz na bocznych pasach bezpieczeństwa (BPB) i czołowych pasach bezpieczeństwa (CzPB). Przykładowy schemat rozmieszczenia poszczególnych elementów funkcjonalnych lotniska z naturalną nawierzchnią lotniskową podlegającą ocenie przedstawiono na rysunku 2.

Na obiektach użytku aeroklubowego, prywatnego czy sportowego, roz-

mieszczenie poszczególnych EFL jest nieco inne. Nierzadko ilość elementów ograniczona jest jedynie do drogi startowej. Statki powietrzne poruszają się w polu manewrowym po prowizorycznych drogach kołowania, niewytoczonych w terenie. Na rysunku 3 przedstawiono przykładowy układ lotniska aeroklubowego Białystok-Krywlany z opisem EFL. Zaznaczono drogi kołowania niewidniejące w zbiorze informacji lotniczych (Aeronautical Information Publication - AIP), a po których poruszają się statki powietrzne.

## Rola i funkcje

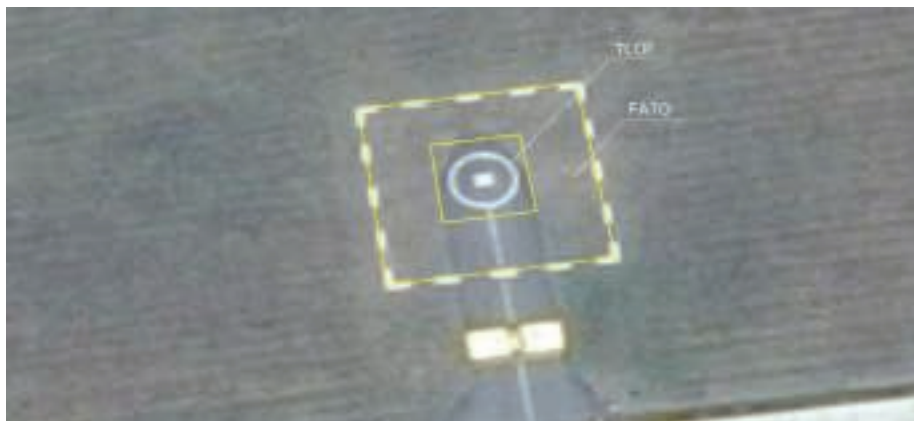
Wypadki i incydenty lotnicze spowodowane awaryjną sytuacją opuszczenia drogi startowej powiązane są z nieodpowiednią nośnością naturalnych nawierzchni lotniskowych, znajdujących się w obrębie drogi startowej. W zależności od rodzaju lotniska i funkcji jakie ono pełni, naturalne nawierzchnie lotniskowe mają spełniać określone zadania podczas wykonywania operacji lotniczych. W chwili obecnej naturalne nawierzchnie lotniskowe występują na elementach funkcjonalnych lotniska takich, jak:

- Boczne pasy bezpieczeństwa (BPB) - rozciągają się wzdłuż całej drogi startowej i roboczego pasa startowego. Mają one za zadanie zabezpieczyć statek powietrzny przed możliwymi uszkodzeniami, w sytuacji awaryjnego zjechania

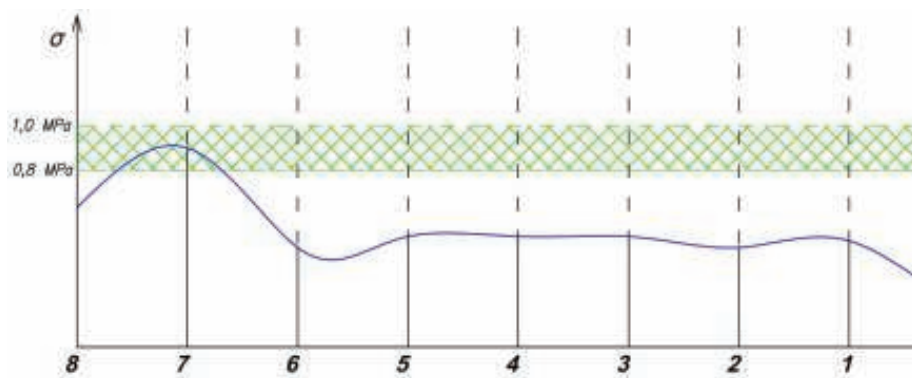
z drogi startowej. Nośność nawierzchni naturalnych musi być na tyle wysoka, aby ewentualny zjazd nie spowodował uszkodzenia statku powietrznego, infrastruktury podziemnej lotniska. Ponadto, jej stan powinien umożliwiać

- szybkie przywrócenie zdolności operacyjnej lotniska poprzez sprawne usunięcie statku powietrznego z naturalnej nawierzchni lotniskowej przez służby lotniska.
- Czołowe pasy bezpieczeństwa (CzPB, RESA - runway end safety area) - znajdują się za progami drogi startowej (z obu jej stron), mają za zadanie zabezpieczyć statek powietrzny w taki sposób, aby manewr przerwane go startu bądź opóźnione go lądowania i ewentualnego wykołowania z drogi startowej, mógł zostać przeprowadzony bez uszkodzenia statku powietrznego.
- Nieutwardzone drogi startowe na mniejszych lotniskach lub roboczy pas startowy (EFL na lotniskach wojskowych) - są częścią pasa startowego przeznaczoną do rozbiegu i oderwania statku powietrznego przy starcie oraz do przyziemienia i dobiegu przy lądowaniu.

Jednak niezależnie od elementu funkcjonalnego lotniska (EFL), wszystkie naturalne nawierzchnie lotniskowe łączy jeden najważniejszy cel, tj. zmi-



4. Lądowiska dla śmigłowców



Wykresy zawierają:

- uśrednioną, pomiarzoną wartość nośności nawierzchni darniowej (do  $z=0,3m$ )
- wartość zalecaną nośności nawierzchni darniowej ( $\sigma=1,0$  MPa)
- wartość minimalną nośności nawierzchni darniowej ( $\sigma=0,8$  MPa)

5. Profil wytrzymałości warstwy darniowej (badanie sondą SD)

nimalizowanie negatywnych oddziaływań podczas wykorzystywania danego EFL przez statek powietrzny. Naturalne nawierzchnie lotniskowe, z wyjątkiem małych lotnisk posiadających nieutwardzoną drogę startową do wykonywania operacji lotniczych, nie są elementami funkcjonalnymi lotniska, które są bez przerwy eksploatowane przez statki powietrzne, ale właściwe ich utrzymanie jest bardzo ważnym aspektem zdolności operacyjnej lotniska.

## Wymagania i wyniki badań

Nawierzchnie lotniskowe co pewien czas podlegają kompleksowej ocenie nośności, której zakres przedstawiono w tabeli 1. Ocenia się nośność na wszystkich EFL z naturalną nawierzchnią lotniskową, tj. RPS, CzPB i BPB. Ponadto, wykonuje się okresowe badania kontrolne obejmujące badanie

wytrzymałości warstwy darniowej do głębokości 0,3 m poniżej poziomu terenu oraz badanie nośności nawierzchni naturalnej do głębokości 0,85 m poniżej poziomu terenu. Badania okresowe należy wykonać z częstotliwością co 3 lata.

Dodatkowo na wojskowych obiektach lotniskowych i lądowiskach należy przeprowadzić kontrolne badania nośności każdorazowo przed rozpoczęciem szkolenia lotniczego. Takim badaniom podlegają jedynie EFL objęte planem szkolenia lotniczego, a same pomiary wykonuje się podczas wstępnego przygotowania do lotów

przed rozpoczęciem wykonywania operacji lotniczych.

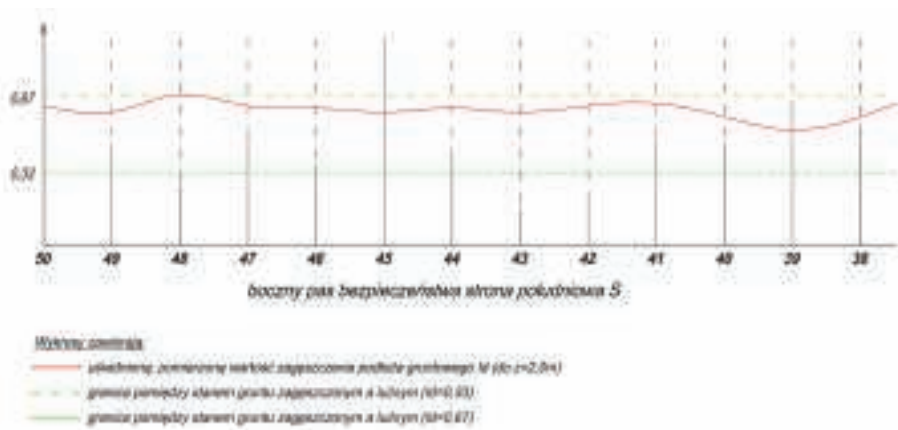
Przy kompleksowej ocenie naturalnych nawierzchni lotniskowych należy uwzględnić następujące etapy:

- badanie wytrzymałości warstwy darniowej do głębokości 0,3 m poniżej poziomu terenu,
- badanie nośności warstwy nawierzchni naturalnej do głębokości 0,15 m poniżej poziomu terenu,
- badanie nośności warstwy nawierzchni naturalnej od głębokości 0,15 m do głębokości 0,50 m poniżej poziomu terenu,
- badanie nośności warstwy nawierzchni naturalnej od głębokości 0,50 m do głębokości 0,85 m poniżej poziomu terenu,
- sprawdzanie stanu podłoża gruntowego do głębokości 2,0 m poniżej poziomu terenu,
- określanie kalifornijskiego wskaźnika nośności CBR dla badanego EFL.

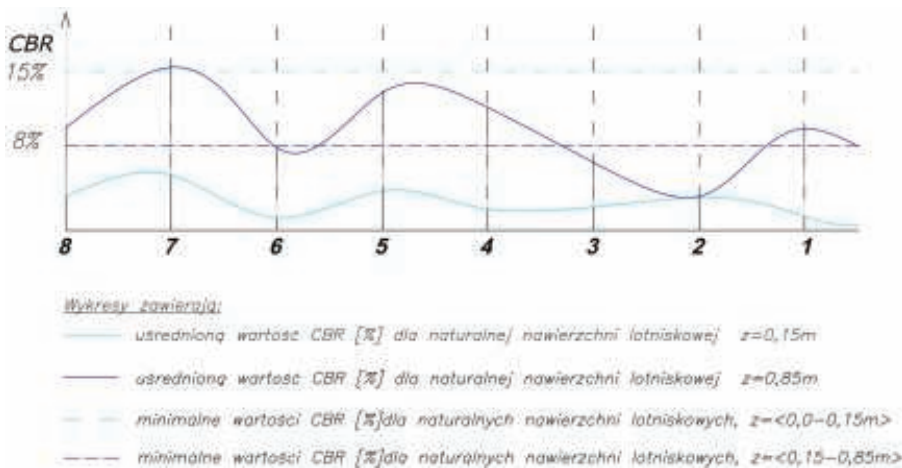
Minimalizowanie negatywnych skutków awaryjnego opuszczenia utwardzonych nawierzchni lotniskowych przez statek powietrzny to podstawowe zadanie naturalnych nawierzchni lotniskowych. Bezpieczeństwo lotów musi być zapewnione w każdych warunkach i o każdej porze, w szczególności w niekorzystnych warunkach, w których prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji awaryjnej jest największe. Z tego względu pomiary terenowe należy wykonać w najmniej korzystnych warunkach gruntowo-wodnych. W Polsce okres ten przypada na czas wiosny i jesieni, kiedy występują roztopy lub długookresowe opady deszczu. Zgodnie z normą obronną NO-17-A503:2017 [6], badania polowe

Tab. 1. Przykładowe zestawienie wyników

Zakres badania	Rodzaj badania	Parametr	Wynik	Wymaganie	Ocena
warstwa powierzchniowa	sonda darniowa	wytrzymałość gruntu $\sigma$ [MPa]	0,5	0,8 - 1,0 MPa	negatywna
	sonda SDS	CBR [%]	1,7	$\geq 15$	negatywna
Warstwa pośrednia	sonda SDS	CBR [%]	7,6	$\geq 8$	negatywna
podłoże gruntowe	DPL	ID[-]	0,60	$\geq 64$	negatywna
ocena kompleksowa					negatywna



6. Profil stanu zagęszczenia podłoża gruntowego (badanie sondą DPL)



7. Profil nośności naturalnej nawierzchni lotniskowej (badanie sondą SDS)

należy wykonywać na wszystkich ocenianych EFL posiadających naturalną nawierzchnię lotniskową. Lokalizacja poszczególnych punktów pomiarowych na naturalnych nawierzchniach lotniskowych uzależniona jest od EFL, na którym prowadzone są pomiary. Jednak niezależnie od miejsca wykonywania badań wszystkie pomiary muszą być prowadzone z zachowaniem bezpiecznych odległości od infrastruktury podziemnej oraz między poszczególnymi rodzajami badań na danej lokalizacji. W przypadku, gdy główna (zasadnicza) droga startowa (DS) posiada naturalną nawierzchnię lotniskową, pomiary na niej należy wykonywać jak na RPS.

Kompleksowa ocena naturalnych nawierzchni lotniskowych obejmuje, poza badaniami terenowymi, także prace kameralne. Mając pomierzone parametry geotechniczne gruntu oraz informacje o podłożu przeprowadza się analizę geotechniczną, w wyniku

której uzyskuje się wartości wyprowadzone stanowiące podstawę do odpowiedniej oceny i klasyfikacji nośności naturalnej nawierzchni lotniskowej. W tabeli 1 przedstawiono przykładowy efekt analizy geotechnicznej w postaci oceny poszczególnych warstw podłoża gruntowego. Przedstawiono wyniki badań oraz odpowiadające im wymagania.

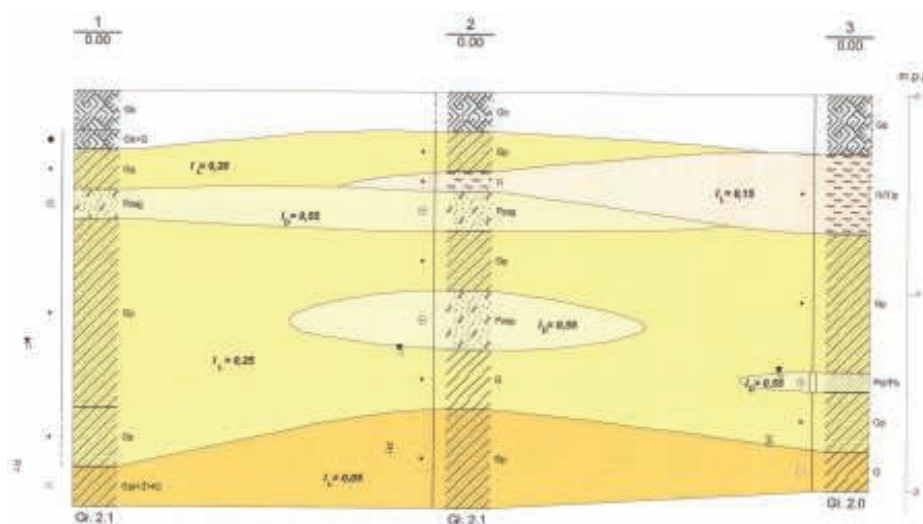
Uzyskane dla każdego punktu badawczego wyniki przedstawia się graficznie na profilach obrazujących aktualny na dzień badania stan naturalnej nawierzchni lotniskowej. Na tych samych profilach zamieszcza się poziom minimalnych wymagań normowych, zapewniający bezpieczną eksploatację EFL przez statki powietrzne. Na rysunkach 5-8 zaprezentowano przykładowe profile wytrzymałości gruntu wyznaczone sondami typu SD, SDS oraz DPL.

Dzięki graficznemu zestawieniu wyprowadzonych wartości z badań po-

lowych, w prosty sposób możliwe jest wyznaczenie obszarów, które spełniają wymagania normowe, a na których należy przeprowadzić zabiegi wzmacniające. Na rysunku 9 przedstawiono naturalną nawierzchnię lotniskową zapewniającą bezpieczne wykonywanie operacji lotniczych.

## Metody wzmacniania

W przypadku nie spełnienia wymagań zawartych w normie NO-17-A503:2017 *Nawierzchnie lotniskowe. Naturalne nawierzchnie lotniskowe*. Badania nośności należy wykonać następujące zabiegi agrotechniczne i biologiczne w postaci następujących corocznych czynności: systematyczne koszenia naturalnych nawierzchni lotniskowych; dwukrotne wałowania nawierzchni – w okresie wiosennym oraz jesiennym. Wiosenne wałowanie może być przeprowadzone dopiero po umiarkowanym przeschnięciu gleby. Bezwzględnie nie można wałować gleb mokrych, gdyż wyciska się z nich powietrze i następuje pogorszenie stosunków wodno-powietrznych. Wtedy wałowanie może przyczynić się do zabagnienia, a w konsekwencji do przerośnięcia nawierzchni darniowej sitami, skrzypami i turzycami; uzupełnianie obszarów o zmniejszonym zadarnieniu mieszanką niskich traw przeznaczonych na darniowe nawierzchnie lotniskowe. Zaleca się wykonanie tego zabiegu w okresie wczesnowiosennym (do 15 maja) i późnoletnim (do 15 sierpnia), z uwagi na dostatek wilgoci (w okresie późnoletnim wynika to z napływu chłodniejszego i wilgotniejszego powietrza, a także występowania rosy); wyrównanie powstałych kolein, kretowisk oraz nierówności nawierzchni; nawożenie darni poprzez dostarczenie roślinom składników pokarmowych w odpowiednich ilościach, terminach i we właściwej formie nawozu, po wcześniejszym wykonaniu analizy zasobności gleby w przyswajalne składniki; wykonywanie oprysków chemicznych ograniczających rozwój niepożąda-



8. Przekrój geotechniczny



9. Naturalna nawierzchnia lotniskowa zapewniająca bezpieczne wykonywanie operacji lotniczych

nych roślin, tj. chwastów oraz roślin szerokolistnych, a także obecności owadów, które mogą powodować zwiększoną obecność różnych gatunków ptaków na darniowych nawierzchniach lotniskowych.

Po wykonaniu w/w zabiegów agrotechnicznych i biologicznych zalecane jest przeprowadzenie ponownych badań polowych, sprawdzających stan nośności naturalnych nawierzchni lotniskowych na przedmiotowych EFL. W przypadku nie uzyskania wymaganych parametrów nośności naturalnych nawierzchni lotniskowych wskazane jest przeprowadzenie wzmocnienia naturalnych nawierzchni lotniskowych w zależności od panujących warunków gruntowo-wodnych np. zastosowanie geosyntetyków, geokrat, czy wzmocnienie przez wyminę i zagęszczenie podłoża.

## Podsumowanie

Naturalne nawierzchnie lotniskowe wbrew pozorom odgrywają bardzo ważną rolę podczas wykonywania operacji lotniczych przez statki powietrzne. Przedstawione w publikacji zagadnienia wykazały, że wymagania w stosunku do naturalnych nawierzchni lotniskowych są i muszą być wysokie, ponieważ chodzi tu o bezpieczeństwo statków powietrznych, a przede wszystkim o życie ludzkie.

Z doświadczenia autorów zdobytego na przestrzeni ostatnich lat podczas prowadzenia prac mających na celu określenie nośności naturalnych nawierzchni lotniskowych wynika, że znaczna część EFL o nawierzchni naturalnej na polskich obiektach lotniskowych jest zaniedbana, albo nieodpowiednio utrzymywana, przez co nie spełnia stawianych im wymagań.

Właściwe zaprojektowanie i utrzymanie naturalnych nawierzchni lotniskowych ma istotny wpływ na efektywność i bezpieczeństwo operacji lotniczych. Istotną rolę odgrywają okresowe badania nośności tychże nawierzchni, jednak prowadzenie badań terenowych uzależnione jest do intensywności operacji lotniczych, przez co jest to utrudnione oraz czasochłonne. Autorzy zwracają uwagę na potrzebę opracowania metody optymalizującej czas badań i zwiększającą dokładność oceny nośności naturalnych nawierzchni lotniskowych. ◀

## Materiały źródłowe

- [1] Commission Regulation (EU) No 139/2014 of 12 February 2014, laying down requirements and administrative procedures related to aerodromes pursuant to Regulation (EC) No 216/2008 of the European Parliament and of the Council
- [2] Annex to ED Decision 2017/021/R (CS-ADR-DSN Issue 4)
- [3] Wytyczne Lotniskowe, Ocena techniczna lotniskowych nawierzchni darniowych na podłożu piaszczystym i piaszczysto-gliniastym.
- [4] ASTM D6951 / D6951M – 09 Standard test method for use of the dynamic cone penetrometer in shallow pavement applications
- [5] Department of Army Waterways Equipment Station, GL-92-3, Ta7 W 34, maj 1992
- [6] NO-17-A503:2017 Nawierzchnie lotniskowe. Naturalne nawierzchnie lotniskowe. Badania nośności.
- [7] Baza danych PlaneCrashInfo.com, 2012
- [8] [http://www.latajz nami.pl/aktualnosc/6367,lotnisko\\_katowice\\_wznowilo\\_normalna\\_prace\\_samolot\\_nie\\_blokuje\\_pasa.html](http://www.latajz nami.pl/aktualnosc/6367,lotnisko_katowice_wznowilo_normalna_prace_samolot_nie_blokuje_pasa.html), 11 września 2018 r.