

Ocena równości nawierzchni lotniskowych w aspekcie obowiązujących dokumentów normatywnych

Evaluation of airfield pavement evenness in the aspect of binding normative documents



Mariusz Wesołowski

Pplk dr inż.

Institut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, Zakład Lotniskowy

mariusz.wesolowski@itwl.pl



Paweł Pietruszewski

Mjr mgr inż.

Institut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, Zakład Lotniskowy

pawel.pietruszewski@itwl.pl



Adam Poświata

Dr inż.

Institut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, Zakład Lotniskowy

adam.poswiata@itwl.pl



Danuta Kowalska

Mgr inż.

Institut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, Zakład Lotniskowy

danuta.kowalska@itwl.pl

Streszczenie: Równość nawierzchni lotniskowych według obowiązujących dokumentów normatywnych jest jednym z podstawowych parametrów eksploatacyjnych charakteryzujący każdy element funkcjonalny lotniska. Równość, a w zasadzie jej brak, decyduje nie tylko o komforcie ruchu statku powietrznego po nawierzchni lotniskowej, lecz również wpływa na wielkość dynamicznych oddziaływań na nawierzchnię, a tym samym na bezpieczeństwo wykonywania operacji lotniczych. W dodatku, zmieniający się stan równości w wyniku procesu eksploatacji przez statki powietrzne, złych warunków atmosferycznych czy nieodpowiedniej technologii budowy nawierzchni, prowadzi do powstania odchyłań od pożądanego stanu w postaci nierówności podłużnych i poprzecznych. Zgodnie z obowiązującymi wymaganiami normatywnymi na obiektach lotniskowych pomiary mogą być wykonywane przy pomocy urządzenia planografu bądź łąty i klina. Stosowane urządzenia pomiarowe różnią się między sobą wymiarami oraz dopuszczalnymi pojedynczymi nierównościami. Systematyczne i poprawne wykonywanie badań jest bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na poprawę bezpieczeństwa wykonywania operacji lotniczych, ale również umożliwiającym wydzielenie stref (obszarów), w których następuje szybsza degradacja nawierzchni. Jeżeli uzyskiwane wyniki pomiarów nie będą wystarczająco wiarygodne, to w konsekwencji mogą być podejmowane błędne decyzje, co w efekcie końcowym może wpłynąć na bezpieczeństwo wykonywania operacji lotniczych

Słowa kluczowe: Nawierzchnie lotniskowe; Równość nawierzchni lotniskowych; Ocena stanu równości nawierzchni lotniskowych

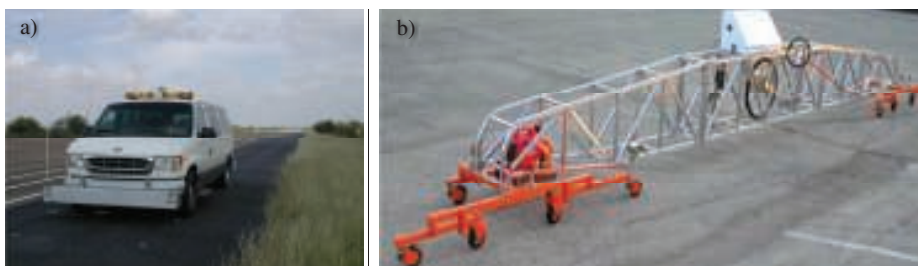
Abstract: According to the binding normative documents, the evenness of airfield pavements is one of the basic operating parameters characterizing each of the airfield functional elements. Pavement evenness, or rather lack of, determines the aircraft's driving comfort on the airfield pavement but also influences the pavement magnitude of the dynamic load, as well as the safety of air operations. Additionally, the evenness condition changing as a result of aircraft exploitation, adverse weather conditions or inappropriate airfield pavement construction technology, lead to deviations from the desired condition in the form of longitudinal and transverse unevenness. In compliance with the binding normative requirements, the measurements may be performed using profilometer or leveling rod and a wedge. These devices differ in their dimensions and acceptable single unevenness on the airfield pavement. Systematic and correct performance of tests is a very significant factor impacting the improvement of air operations' safety, also enabling the segregation of zones (areas) with the fastest pavement degradation. If the data obtained through the measurements are not sufficiently reliable, they may consequently lead to making incorrect decisions, which can ultimately impact the safety of air operations.

Keywords: Airfield pavement; Airfield pavement evenness; Evaluation of airfield pavement evenness

W ostatnich latach transport lotniczy odnotował znaczący wzrost liczby operacji lotniczych zarówno w kraju jak i na świecie. Spowodowane to zostało między innymi przez znaczny wzrost tanich przewoźników komercyjnych rozwój nowoczesnych technologii oraz przewóz ładunków i materiałów. Jednak dynamiczny i prężny rozwój lotnictwa spowodował także wiele problemów szczególnie związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa wyko-

nywania operacji lotniczych poprzez pogarszające się cechy eksploatacyjne nawierzchni. Jedną z głównych cech eksploatacyjnych, charakteryzującą każdą nawierzchnię lotniskową bądź drogą obok nośności i szorstkości jest jej równość. Równość nawierzchni w wyniku obciążeń dynamicznych, złych warunków atmosferycznych, czy nieodpowiedniej technologii budowy prowadzi do odchyłań od pożądanego stanu w postaci nierówności

podłużnych i poprzecznych. Równość nawierzchni, a w zasadzie jej brak, jest jednym parametrem eksploatacyjnym, który bezpośrednio mogą odczuć i zauważyć użytkownicy nawierzchni poprzez nieodpowiedni komfort jazdy, złe odprowadzenie wód opadowych, tworzenie się zastoi wód czy zwiększone oddziaływania dynamiczne. Powstałe nierówności nawierzchni wpływają również niekorzystnie na opory toczenia kół



1. Urządzenia do pomiaru nierówności nawierzchni a) RSP-3, b) California Profilograph

pojazdów oraz na przyspieszoną degradację nawierzchni, a tym samym na pogorszenie warunków bezpieczeństwa.

Dokumenty normatywne

Ocena stanu równości nawierzchni w drogownictwie i lotnictwie pomimo tych samych typów konstrukcji różni się między sobą sposobem prowadzenia pomiarów, stosowanymi urządzeniami oraz kryteriami oceny. W branży drogowej, pomiary stanu równości prowadzone są najczęściej przy użyciu wieloczuJNIKOWYCH profilografów laserowych (rys 1). Otrzymane wyniki z pomiarów przeliczane są na tzw. Międzynarodowy wskaźnik równości IRI wyrażony w mm/m lub m/km [1]. Przy ocenie równości podłużnej nawierzchni drogowych stosuje się metody profilometryczne umożliwiające obliczanie wskaźnika równości IRI. Sprzęt pomiarowy powinien rejestrować nierówności z dokładnością co najmniej 1,0 mm, nierówności o charakterystycznych długościach miesz-

czących się w przedziale od 0,5 do 50 m. Wartości IRI oblicza się nie rzadziej niż co 50 m, a długość ocenianego odcinka nie powinna być większa niż 1000 m. Do oceny równości podłużnej nawierzchni autostrady zgodnie z [2] stosuje się miarodajną wartość wskaźnika równości IRI, który przyjmuje się jako sumę wartości średniej i odchylenia standardowego $\langle IRI \rangle + S$. Pomiar na autostradach wykonuje się w śladzie prawego koła na każdym z pasów ruchu, z wyłączeniem pasów awaryjnych i jezdni MOP. W tabeli 1 przedstawiono kryteria klasyfikacji równości podłużnej [mm/m] dotyczące autostrad.

Natomiast zgodnie z [3], równość podłużna jest określona przez dopuszczalną wartość średnią wyników pomiaru IRI_{sr} oraz dopuszczalną wartość maksymalną pojedynczego pomiaru IRI_{max} których nie można przekroczyć na długości ocenianego odcinka nawierzchni. W tabeli 2 przedstawiono dopuszczalne wartości przy odbiorach warstwy ścieralnej metodą profilometryczną.

Tab. 2. Dopuszczalne wartości wskaźnika IRI [2]

Klasa drogi	Element nawierzchni	Dopuszczalne odbiorcze wartości wskaźników dla zadanego zakresu długości odcinka drogi [mm/m]	
		IRI_{sr}	IRI_{max}
1	2	3	4
A,S,GP	Pasy ruchu zasadnicze, awaryjne dodatkowe, włączenia i wyłączenia jezdni łącznic	1,3	2,4
	Jezdnie MOP, utwardzone pobocze	1,5	2,7
G	Pasy ruchu zasadnicze, awaryjne dodatkowe, włączenia i wyłączenia jezdni łącznic	1,7	3,4
	Utwardzone pobocze	2,0	3,8

Tab. 3. Akceptowalne, dopuszczalne i nadmierne granice nierówności powierzchni [4,5]

Nierówność powierzchni	Długość nierówności (m)								
	3	6	9	12	15	20	30	45	60
Akceptowalna wysokość nierówności powierzchni (cm)	2,9	3,8	4,5	5,0	5,4	5,9	6,5	8,5	10,0
Dopuszczalna wysokość nierówności powierzchni (cm)	3,9	5,5	6,8	7,8	8,6	9,6	11,0	13,6	16,0
Nadmierna wysokość nierówności powierzchni (cm)	5,8	7,6	9,1	10,0	10,8	11,9	13,9	17,0	20,0

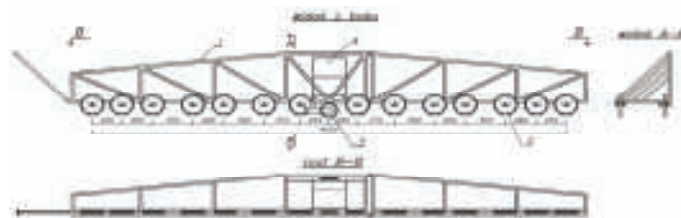
Tab. 1. Kryteria klasyfikacji równości podłużnej na autostradach [2]

Element nawierzchni	Klasa		
	A	B	C
Pasy ruchu zasadnicze i dodatkowe	<2	2-3,5	>3,5
Jezdnie PPO	<3	3-4,5	>4,5

Na obiektach lotniskowych pomiary mogą być wykonywane przy pomocy planografu bądź łąty i klina. Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ang. International Civil Aviation Organization, ICAO), która została powołana w 1944 r. na mocy Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym w Chicago w załączniku 14 - Lotniska, Tom I - Projektowanie i eksploatacja lotnisk, zawiera informacje dotyczące stanu równości nawierzchni najważniejszego elementu funkcjonalnego lotniska, jakim jest droga startowa. Niniejszy załącznik podaje, że górna warstwa nawierzchni lotniskowej, z wyjątkiem grzbietu nawierzchni w przypadku przekroju daszkowego lub w przypadku kanałów ściekowych, powinna być na tyle równa, aby odstęp między dolną krawędzią łąty o długości 3 m, a powierzchnią nawierzchni nie był większy niż 3 mm na całej długości łąty [4]. Ponadto, Załącznik 14 podaje, że odosobnione nierówności 2,5 cm do 3,0 cm, w odległości 45 m są tolerowane. W tabeli 3 przedstawiono nierówności nawierzchni, które według ICAO podzielone są na trzy kategorie: akceptowalna, dopuszczalna i nadmierna wysokość nierówności. Natomiast zgodnie z wymaganiami Federalnej Administracji Lotnictwa (ang. Federal Aviation Administration, FAA), która została powołana do życia na mocy Federalnej Ustawy o Lotnictwie z 1958 roku jako Federal Aviation Agency (obecną nazwę przybrała w 1966 roku, kiedy stała się częścią amerykańskiego Ministerstwa Transportu), dopuszczalne pojedyncze nierówności nawierzchni lotniskowej mogą wynosić 6,4 mm na odcinku 5 m [6,7]. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe urządzenie do pomiaru nierówności na nawierzchniach drogowych stosowane w kraju oraz urządzenie do



2. Łata pomiarowa o długości 3 m



3. Schemat planografu o długości 4 m [8] **Objaśnienia:** 1 – rama wózka, 2 – kółko jezdne, 3 – kółko pomiarowe, 4 – stolik pomiarowy (zestaw rejestrujący i przesyłający wyniki do komputera)

pomiaru nierówności nawierzchni lotniskowej stosowane w USA zgodnie z wymaganiami FAA.

W sytuacji powstania odchyień od pożądanego stanu równości na obiektach drogowych istnieje możliwość (instalacji) ustawienia znaków ostrzegających o powstałych nierównościach jezdni oraz ograniczenia prędkości na danym odcinku drogi. Ponadto, usunięcie powstałych uszkodzeń i przywrócenie odpowiedniego stanu równości nawierzchni, możliwe jest bez całkowitego wyłączenia danego odcinka drogi z użytkowania, a jedynie jego ograniczenie przez zmianę organizacji ruchu i zastosowanie np. ruchu wahadłowego. Jednak takie zabiegi są niemożliwe w ruchu lotniczym, w związku z czym wymagania stawiane nawierzchniom lotniskowym muszą być znacznie wyższe niż kryteria stosowane dla nawierzchni drogowych. W związku z powyższym niewskazane jest stosowanie wymagań i kryteriów drogowych do oceny stanu technicznego nawierzchni lotniskowych.

Wychodząc naprzeciw przedstawionemu problemowi, autorzy wraz z szerszym zespołem badawczym, korzystając z ponad 60-letniego doświadczenia zdobytego podczas realizacji zadań inwestycyjnych i remontowych na obiektach lotniskowych, opracowali Normę Obronną NO-17-A502:20175 Nawierzchnie lotniskowe. Badanie równości, którą stosują wojskowe, jak i cywilne służby lotniskowe. Przedmiotowa norma określa sposób prowadzenia oceny stanu równości nawierzchni lotniskowych na poszczególnych elementach funkcjonalnych lotniska (EFL), kryteria oceny oraz sposób przedstawiania

otrzymanych wyników z badań terenowych. Ponadto, w w/w normie zwrócono uwagę na konieczność określania stanu równości nawierzchni nowobudowanych i remontowanych przed oddaniem ich do eksploatacji oraz na systematyczne poddawanie ich kontrolnym badaniom okresowym podczas dalszego procesu użytkowania. Umożliwi to śledzenie zachodzących zmian podczas eksploatacji, wyznaczenie obszarów w których degradacja postępuje szybciej, ale również pozwoli prognozować tempo ich postępowania.

Ocena równości według NO-17-A502:2015

Pomiar stanu równości nawierzchni lotniskowych według NO-17-A502:2015 *Nawierzchnie lotniskowe Badanie równości*, należy wykonywać przy pomocy planografu o długości 4 m lub 3 m, umożliwiającego rejestrację nierówności. W przypadku, gdy wymiary geometryczne ocenianego EFL uniemożliwiają wykonanie pomiaru przy pomocy planografu, dopuszcza się pomiar z wykorzystaniem łąty o długości 4 m lub 3 m [6].

Planograf stosowany do pomiaru nierówności nawierzchni lotniskowych jest zmodernizowanym urządzeniem produkcji polskiej. Przeprowadzona modernizacja, polegała na dodaniu: zespołu rejestrującego nierówności nawierzchni, czujnika nie-

równości, transformatorowego przetwornika przemieszczeń liniowych, czujnika przyrostu drogi, szeregowego interfejsu, komputera do analizy i oprogramowania opracowanego w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych (ITWL). Na rysunku 4 przedstawiono planograf po modernizacji.

Pomiar przy pomocy łąty

Łata powinna być wykonana z metalu lub drewna. Wskazane jest jednak stosowanie łąt z kształtowników wykonanych ze stopów aluminium. Płaszczyzna dolna (pomiarowa) skierowana do nawierzchni powinna być gładka i równa. Długość łąty 3 m powinna być wykonana z tolerancją ± 3 mm, a łąty o długości 4 m z tolerancją ± 4 mm. Łata powinna mieć taką sztywność, aby jej ugięcie w środku, przy podparciu na końcach, nie przekraczało 0,5 mm [8,9]. Łatę pomiarową o długości 3 m przedstawiono na rysunku 2. Łata pomiarowa o długości 4 m jest identyczna, jak łąta 3 m.

Pomiar przy pomocy planografu

Planograf stosowany do pomiaru stanu równości nawierzchni lotniskowych rejestruje wychylenie ruchomego kółka pomiarowego względem czterometrowej lub trzymetrowej bazy, przemieszczającej się po nawierzchni na 14 lub 10 kółkach jezdnych. Konstrukcja planografu powinna zapew-



4. Planograf P-3Z po modernizacji

Tab. 4. Kryteria oceny stanu równości nawierzchni lotniskowych

Stan równości według oceny wadliwości	Długość planografu		Kolor ocenianego obszaru
	4 m	3 m	
Bardzo dobry	W ≤ 5%		
Dobry	5% < W ≤ 10%		
Dostateczny	10% < W ≤ 20%		
Niezadawalający	20% < W ≤ 50%		
Niedostateczny	W > 50%		

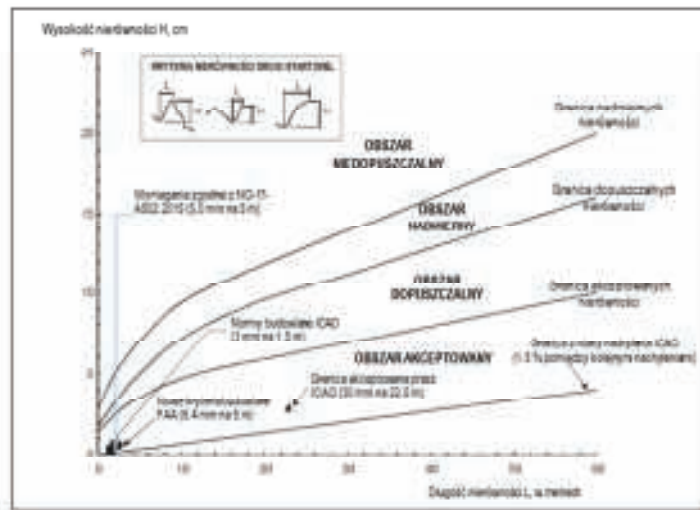
Tab. 5. Maksymalne i dopuszczalne nierówności nawierzchni lotniskowych

Rodzaj urządzenia	Maksymalne nierówności	Dopuszczalne nierówności
	[mm]	[mm]
Planograf lub lata 4 m	12	5
Planograf lub lata 3 m	9	3

nić odpowiednią sztywność, która jest określana poprzez jego ugięcie w części środkowej przy podparciu tylko na skrajnych kółkach. Ugięcie konstrukcji planografu nie powinno być większe niż 0,3 mm. Osie skrajnych kółek w planografie o długości 4 m powinny być umieszczone w odległości $(4\ 000 \pm 70)$ mm, w planografie o długości 3 m – $(3\ 000 \pm 50)$ mm, rozstawy pozostałych kółek powinny mieć tolerancję ± 5 mm. Średnica kółek jezdnych powinna wynosić (200 ± 10) mm, średnica kółka pomiarowego wynosi (159 ± 5) mm [8]. Ogólny schemat planografu o długości 4 m przedstawiono na rysunku 3. Schemat planografu o długości 3 m jest identyczny, jak planografu 4 m z uwagami jak opisano wyżej. Zestaw ten pozwala na pomiar występujących nierówności nawierzchni w funkcji przyrostu długości drogi z dokładnością wynoszącą 0,3 mm i częstotliwością, co 10 cm.

Metodyka i ocena badań

Równość nawierzchni lotniskowych zgodnie z normą NO-17-A502:2015, wyrażona jest poprzez stopień wadliwości W . Termin ten rozumiany jest jako procentowy udział liczb odcinków trasy o długości 5 m, gdzie wystąpiło, co najmniej jedno przekroczenie dopuszczalnej wartości pomiędzy teoretyczną linią łączącą, utworzoną przez punkty kontaktu kółek jezdnych



5. Porównanie kryteriów nierówności

planografu, a górną powierzchnią nawierzchni. Na podstawie przeprowadzonych analiz przyjęto podział trasy pomiarowej na odcinki o module 5 m. Przyjęta długość 5 m odpowiada długości płyty nawierzchniowej najczęściej stosowanej na lotniskach. W związku z tym, do oceny brany jest zbiór określonej liczby odczytów, co czyni sam pomiar i późniejszą analizę bardziej dokładną. Badany EFL dzielony jest na obszary badawcze o długości 100 m (1 hektometr). W wyniku tego podziału uzyskuje się obszary nawierzchni, którym można przyporządkować pewną ocenę. Obiekt pod względem równości ocenia się analizując średnią wartość wadliwości W , którą wyznacza się z zależności:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n w_i F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \quad (1)$$

gdzie:

W – wadliwość ocenianego obszaru lub strefy [%], w_i – wadliwość „ i -tego” ocenianego obszaru badawczego [%], F_i – długość ocenianego odcinka trasy (obszaru badawczego) przyjętego do oceny [m].

Ocenę stanu równości nawierzchni lotniskowej według kryterium wadliwości określa się stosując pięciostopniową skalę przedstawioną w tabeli 4.

Wynik badania uznaje się za pozytywny, jeżeli liczba odcinków 5 m trasy pomiarowej przekraczająca dopuszczalne nierówności jest mniejsza niż 20% dla nawierzchni nowobudowanych lub po remoncie oraz mniejsza

od 50% dla nawierzchni będących w eksploatacji.

Zgodnie z [8,9,10] dopuszczalne nierówności dla nawierzchni nowobudowanych oraz maksymalne wartości nierówności dla nawierzchni eksploatowanych przedstawiono w tabeli 5. Na rys 5 zestawiono kryteria oceny nawierzchni według ICAO, FAA oraz NO-17-A502:2015.

Prezentowanie wyników badań

Zgodnie z normą obroną NO-17-A502:2015 ocenę stanu równości nawierzchni lotniskowych wykonuje na wszystkich eksploatowanych EFL, lecz zakres i sposób przedstawienia wyników uzależniony jest od funkcji jaką pełnią podczas wykonywania operacji lotniczych. W związku z czym, prowadzenie oceny stanu równości oraz zakres badań uzależniony jest od tego czy pomiary wykonywane są na drogach startowych, drogach kołowania czy płytach postojowych. Jednak niezależnie od EFL na którym są prowadzone pomiary, wynikiem badania stanu równości nawierzchni lotniskowych jest średnia wartość obliczonej wadliwości oraz średnie wartości nierówności, odchylenia standardowe i liczbowe wartości nierówności dla przyjętych przedziałów.

Pomiary na drodze startowej wykonuje się na wszystkich pasmach w kierunku podłużnym i co 50 m w kierunku poprzecznym. Do oceny stanu równości dróg startowych przyjmuje

Tab. 6. Średnie wartości nierówności podłużnych, odchyłań standardowych, wadliwości oraz ilości nierówności w poszczególnych zakresach nierówności i na poszczególnych pasmach

Nr PASMA	Uśrednione nierówności "X" [mm]	Odchyl. Standard. "S" [mm]	Wadliwość "W" [%]	Ilość płyt z nierównościami max.			
				do -5,0 mm [%]	od -5,1 do -9,0 mm [%]	od -9,1 do -12,0 mm [%]	pow. -12,0 mm [%]
Nierówności podłużne							
1	-4,8	2,0	37,7	62,3	34,1	2,8	0,8
2	-4,0	1,6	21,1	78,9	20,1	0,6	0,4
3	-4,3	1,9	26,6	73,4	24,5	1,2	0,8
4	-4,2	1,9	24,6	75,4	22,6	1,2	0,8
5	-4,6	2,1	31,1	68,9	26,1	4,2	0,8
6	-4,1	1,7	26,9	73,1	25,5	1,4	0,0
7	-5,2	2,1	48,8	51,2	43,6	4,8	0,4
8	-4,4	1,7	29,3	70,7	28,1	1,0	0,2
9	-4,2	1,6	25,7	74,3	24,7	1,0	0,0
10	-4,3	1,7	30,9	69,1	28,9	2,0	0,0
Średnia	-4,4	1,8	30,5	69,4	28,2	2,0	0,4
Nierówności poprzeczne							
Średnia	-5,3	2,2	48,2	51,8	41,8	5,2	1,3

w funkcji przyrostu drogi [9,10].

Przykładowa analiza wyników badań wraz ze sposobem ich prezentowania została przedstawiona na rysunkach 6 - 9 oraz w tabeli 6.

Wnioski końcowe

Głównymi cechami eksploatacyjnymi charakteryzującymi każdą nawierzchnie drogową jak i lotniskową jest jej równość, nośność oraz szorstkość. Oceniany parametr równości nawierzchni decyduje nie tylko o komforcie ruchu po nawierzchni, lecz również ma wpływ na wielkość dynamicznych oddziaływań na nawierzchnię. Uzyskanie wymaganego poziomu równości to także warunek skutecznego i szybkiego odprowadzenia wód opadowych oraz środków odladzających z nawierzchni. Nawet na niewielkich nierównościach nawierzchni mogą się tworzyć zastoiska, które pogarszają warunki bezpieczeństwa poprzez możliwość wystąpienia zjawiska *aquaplaningu*, czyli utraty przyczepności koła z nawierzchnią.

Jednak pomimo tylu wspólnych cech, łączących nawierzchnie drogowe i lotniskowe, biorąc pod uwagę między innymi wymiary geometryczne EFL oraz na podstawie wieloletnich doświadczeń, ocena stanu równo-

ści nawierzchni prowadzona jest na podstawie opracowanych niezależnych wymagań i kryteriów, co zostało przedstawione w NO-17-A502:2015 *Nawierzchnie lotniskowe Badanie równości*.

Współczesny, niezwykle dynamiczny rozwój lotnictwa oraz ciągle zwiększająca się intensywność operacji lotniczych, która na przestrzeni ostatnich 12 lat zwiększyła się kilkukrotnie wymusza, żeby prowadzone badania były wykonywane z jak największą dokładnością, a otrzymane wyniki były wiarygodne i jak najbardziej odzwierciedlały istniejący stan nawierzchni. Stosowane urządzenia pomiarowe muszą gwarantować poprawność uzyskanych wyników, gdyż od nich zależy bezpieczeństwo wykonywania operacji lotniczych. W związku z powyższym, istnieje ciągła potrzeba monitorowania stanu równości nawierzchni lotniskowych, która umożliwi wydzielenie stref (obszarów), w których występuje szybsza degradacja oraz pozwoli prognozować jak ona będzie postępować w czasie.

Ponadto, informacje o stanie nawierzchni lotniskowej uzyskane z pomiarów przeprowadzonych zgodnie z normą obronną NO-17-A502:2015 *Nawierzchnie lotniskowe. Badanie równości* są bardzo istotne dla Zarządzającego

obiektom, który dzięki nim może podjąć działania umożliwiające określenie przyczyn ich powstawania poprzez dokładną diagnostykę, a tym samym zredukować tempo degradacji przez dobranie odpowiedniej technologii naprawy. ◀

Materiały źródłowe

- [1] System Oceny Stanu Nawierzchni „SOSN”, Wytyczne stosowania, GDDP BSSD, Warszawa, luty 2002.
- [2] ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 16 stycznia 2002 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17.02.2015 r. (Dz. U. 2015 r. poz. 329).
- [4] Załącznik 14 ICAO do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, Lotniska Tom I – Projektowanie i eksploatacja lotnisk, wydanie 6, lipiec 2013.
- [5] Rozporządzenie Komisji (UE) NR 139/2014 z dnia 12 lutego 2014 r. ustanawiające wymagania oraz procedury administracyjne dotyczące lotnisk zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 216/2008.
- [6] FAA AC 150/5300-13A - Airport Design.
- [7] Annex to ED Decision 2017/021/R (CS-ADR-DSN Issue 4).
- [8] NO-17-A502:2015 Nawierzchnie lotniskowe - Badanie równości.
- [9] Poświata A. Pietruszewski P. Wpływ stanu równości nawierzchni lotniskowych na bezpieczeństwo wykonywania operacji lotniczych. Autobusy, nr 12, 2016.
- [10] Pietruszewski P. Poświata A. Weśółowski M. Evaluation of airfield pavement evenness. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2018