

Tekstura nawierzchni lotniskowych w aspekcie skuteczności ich odwadniania

Texture of airport pavements in terms of their drainage efficiency



Mariusz Wesołowski

Dr hab. inż.

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

mariusz.wesolowski@itwl.pl



Krzysztof Blacha

Mgr inż.

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

krzysztof.blacha@itwl.pl



Piotr Włodarski

Mgr inż.

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

piotr.wlodarski@itwl.pl

Streszczenie: Charakterystyka odwodnienia pola ruchu naziemnego lotnisk, a dokładnie szybkie odprowadzenie wody z nawierzchni stanowi główny czynnik bezpieczeństwa uwzględniany na etapie projektowania, budowy i utrzymania pola ruchu naziemnego oraz obszarów przylegających. Odprowadzanie wody z nawierzchni stanowi wymóg podstawowy i służy zmniejszeniu grubości warstwy wody na powierzchni. Odpowiednie odwodnienie jest zapewniane przede wszystkim poprzez powierzchnie o odpowiednim nachyleniu, zarówno podłużnym jak i poprzecznym (naturalne odprowadzanie wody). Natomiast dynamiczne odwodnienie uzyskiwane jest poprzez teksturę nawierzchni. W pracy przedstawiono wyniki badań w zakresie tekstury nawierzchni lotniskowych oraz ich analizę w odniesieniu do aktualnych wymagań. W badaniach, poza obecnie używaną punktową metodą pomiarową zastosowano nowatorską metodę oceny właściwości przeciwpoślizgowych, umożliwiającą równoczesny pomiar współczynnika tarcia μ oraz nowego współczynnika ciągłej średniej głębokości profilu i tekstury *CMPTD*. Uzyskane wyniki pozwoliły na przedstawienie wniosków, że przy ocenie tekstury nawierzchni lotniskowych i tym samym projektowaniu rozwiązań konstrukcyjnych w zakresie ich odwodnienia zasadnym jest uwzględnienie technologii jej wykonania (beton cementowy czy beton asfaltowy).

Słowa kluczowe: *Odwodnienie nawierzchni lotniskowych; Tekstura nawierzchni lotniskowych; Bezpieczeństwo wykonywania operacji lotniczych*

Abstract: The drainage characteristics of the surface movement area of airports, and more precisely the rapid drainage of water from the surface, is the main safety factor taken into account at the design, construction and maintenance stage of the movement area and adjacent areas. Drainage of water from the pavement is a basic requirement and serves to reduce the thickness of the water layer on the surface. Adequate drainage is ensured primarily by surfaces with an appropriate slope, both longitudinal and transverse (natural water drainage). On the other hand, dynamic drainage is achieved through the texture of the pavement. The paper presents the results of research on the texture of airport pavements and their analysis in relation to the current requirements. In the tests, apart from the currently used point measurement method, an innovative method of assessing anti-skid properties was used, which allowed for the simultaneous measurement of the friction coefficient μ and the new coefficient of continuous mean profile depth and *CMPTD* texture. The obtained results allowed for the presentation of conclusions that when assessing the texture of airport pavements and thus designing structural solutions for their drainage, it is reasonable to take into account the technology of its implementation (cement concrete or asphalt concrete).

Keywords: *Drainage of airport pavements; Texture of airport pavements; Safety of air operations*

Wstęp

Zapewnienie bezpieczeństwa jest jednym z najważniejszych celów podczas wykonywania operacji lotniczych na osiągnięcie, którego poza człowiekiem i statkiem powietrznym (SP) wpływ będzie miała oczywiście nawierzchnia lotniskowa, a mówiąc dokładnie jej stan techniczny. Jednym z elementów składowych procesu określenia stanu technicznego nawierzchni lotniskowej jest ocena jej właściwości przeciwpoślizgowych.

Określają one przyczepność opony statku powietrznego do nawierzchni, czyli zdolność do wytwarzania siły tarcia pomiędzy nawierzchnią elementu funkcjonalnego lotniska (EFL) a kołami statku powietrznego w warunkach wzajemnego poślizgu. Do niedawna, przy określaniu stanu technicznego nawierzchni lotniskowych w zakresie właściwości przeciwpoślizgowych bazowano tylko na współczynniku tarcia, mierzonym podczas badania szorstkości. Obecnie ocena właściwości przeciwpoślizgowych

nawierzchni lotniskowych obejmuje również pomiary głębokości tekstury nawierzchni, która wpływa bezpośrednio na proces odprowadzania wody z nawierzchni. Szybkie odprowadzenie wody z nawierzchni stanowi główny czynnik bezpieczeństwa uwzględniany już na etapie projektowania, budowy i oczywiście utrzymania pola ruchu naziemnego oraz obszarów przylegających. Odprowadzanie wody z nawierzchni stanowi wymóg podstawowy i służy zmniejszeniu gru-

bości warstwy wody na powierzchni. Odpowiednie odwodnienie jest zapewniane przede wszystkim poprzez powierzchnie o odpowiednim nachyleniu, zarówno podłużnym jak i poprzecznym (naturalne odprowadzanie wody). Natomiast dynamiczne odwodnienie uzyskiwane jest właśnie poprzez teksturę nawierzchni.

Mając powyższe na uwadze, w praktyce dąży się do tego, aby nawierzchnie lotniskowe charakteryzowały się dobrymi właściwościami przeciwpoślizgowymi, czyli aby spełniały określone, wymagane wartości (kryteria) zarówno dla współczynnika tarcia oraz głębokości tekstury. Niestety obowiązujące dokumenty odniesienia dotyczące tematyki tekstury nawierzchni lotniskowych w praktyce budzą wiele wątpliwości. Mianowicie nie definiują one wymaganych minimalnych wartości w odniesieniu do technologii, w jakiej została wykonana nawierzchnia (beton cementowy, beton asfaltowy), jak również dla poszczególnych przedziałów wiekowych nawierzchni, tj. „wartości projektowe dla nowych nawierzchni”, „wartości do planowania działań naprawczych” oraz „wartości minimalne” (tak jak jest to w przypadku współczynnika tarcia) [16].

Natomiast, zdobyte przez autorów doświadczenie w zakresie prowadzenia badań właściwości przeciwpoślizgowych w zakresie tekstury jednoznacznie wskazuje, iż przy ich ocenie należy rozgraniczyć to czy ocena dotyczy nawierzchni wykonanej w technologii betonu cementowego czy też betonu asfaltowego. Wobec tego, autorzy przeprowadzili analizę uzyskanych wyników badań tekstury dla nowych nawierzchni lotniskowych w odniesieniu do aktualnych wymagań. W badaniach, poza obecnie używaną punktową metodą pomiarową zastosowano nowatorską metodę oceny właściwości przeciwpoślizgowych, umożliwiającą równoczesny pomiar współczynnika tarcia μ oraz nowego współczynnika ciągłej średniej głębokości profilu i tekstury *CMPTD*.

Właściwości przeciwpoślizgowe – wymagania

Ocenę charakterystyki tarcia nawierzchni lotniskowych (ze wskazaniem na drogi startowe) przeprowadza się w dwóch aspektach, tj.:

- oceny charakterystyk tarcia nawierzchni sztucznych pokrytych warstwą śniegu, błota pośniego, lodem lub szronem,

- oceny (określania) charakterystyk tarcia nawierzchni dla celów budowy i eksploatacji.

Przy ocenie nawierzchni wg pierwszego aspektu przewidywane tarcie nawierzchni powinno zostać sklasyfikowane, jako dobre, średnie do dobrego, średnie, średnie do złego, złe. Przewidywane tarcie nawierzchni, w oparciu o zmierzony współczynnik, gdy droga startowa pokryta jest ubitym śniegiem albo tylko lodem, może być podawane zgodnie z tabelą 1 [15].

Charakterystyki tarcia przy ocenie nawierzchni wg drugiego aspektu (przede wszystkim na drodze startowej) powinny być:

- poddane ocenie w celu weryfikacji charakterystyki tarcia nawierzchni sztucznej na nowej lub wyremontowanej drodze startowej,
- poddawane okresowej ocenie w celu określenia śliskości drogi startowej o nawierzchni sztucznej.

Podczas pomiarów urządzeniami ASFT (*Airport Surface Friction Tester*) wartości współczynnika tarcia dla „nowych nawierzchni”, „nawierzchni będących w eksploatacji, po przekroczeniu, których należy podjąć działania naprawcze” oraz „minimalnych wartości granicznych”, powinny być zgodne z tabelą 2 [16].

Ponadto, w roku 2021 EASA (*European Aviation Safety Authority*) dokumentem [12] wprowadziła ocenę stanu nawierzchni drogi startowej do celów konserwacyjnych. W tym przypadku stosuje się tylko dwa poziomy tarcia (kryteria wymaganych wartości, tj. wartości, przy których należy rozpocząć planowanie konserwacji i wartości minimalne (warunkujące możliwość eksploatacji nawierzchni).

Badanie tekstury nawierzchni lotniskowych obecnie przeprowadzane jest przy wykorzystaniu punktowych metod pomiarowych, tj. metodą wo-

Tab. 1. Zestawienie wartości współczynników tarcia i oceny skuteczności hamowania dla zaśnieżonych i pokrytych lodem nawierzchni lotniskowych

Zmierzony współczynnik tarcia μ	Przewidywane tarcie nawierzchni	Cyfra kodu
0.40 i więcej	Dobre	5
0.39 do 0.36	Średnie do dobrego	4
0.35 do 0.30	Średnie	3
0.29 do 0.26	Średnie do złego	2
0.25 i poniżej	Złe	1

Tab. 2. Zestawienie urządzeń pomiarowych (ASFT) stosowanych do badania szorstkości nawierzchni lotniskowych i wartości średnie wymaganych współczynników tarcia

Urządzenie pomiarowe	Prędkość pomiarowa [km/h]	Współczynnik tarcia μ		
		Wartości projektowe dla nowych nawierzchni	Wartości do planowania działań naprawczych	Wartości minimalne (graniczne)
Przyczepa Surface Friction Tester i Pojazd Airport Surface Friction Tester (ASFT)	65	0.70	0.50	0.40
	95	0.60	0.40	0.32

lumetryczną, inaczej objętościową (pomiar średniej głębokości tekstury *MTD*) wg PN-EN 13036-1: 2010 *Cechy powierzchniowe nawierzchni drogowych i lotniskowych. Metody badań. Część 1: Pomiar głębokości makrotekstury metodą objętościową* [17] lub profilometryczną (pomiar średniej głębokości profilu *MPD* / d_{MPD}) wg PN-EN ISO 13473-1: 2019 *Charakterystyka tekstury nawierzchni przy użyciu profili powierzchniowych. Część 1: Określanie średniego profilu głębokości* [18]. Wartość *MPD* może być przekształcona w szacowaną głębokość tekstury *ETD*, do tego celu służy równanie transformacji $ETD=0.2+0.8 \cdot MPD$.

Wymagania dotyczące głębokości tekstury, jakie muszą spełniać nowe nawierzchnie lotniskowe zostały zawarte w dokumentach wydanych przez światowe organizacje lotnicze, takie jak: EASA, ICAO (International Civil Aviation Organization) i FAA (Federal Aviation Administration), które przedstawiono w tabeli 3.

W zakresie głębokości tekstury, obowiązujące dokumenty lotnicze określają wymagania praktycznie tylko dla nowych nawierzchni lotniskowych i dotyczą one przede wszystkim nawierzchni drogi startowej, co więcej nie są jednoznaczne, jak to przedstawiono w tabeli 3. Dokonując ich przeglądu nasuwa się pytanie, jaką przyjąć wymaganą wartość minimalną dla nowych nawierzchni – 1.0 mm czy 1.14 mm, ale też jak traktować zapis dopuszczający wartość poniżej 1.0 mm. Natomiast do oceny starszych nawierzchni lotniskowych, w chwili obecnej można zastosować jedynie klasyfikację ESDU (*Engineering Sciences Data Unit*) opracowaną dla drogi startowej w oparciu o informacje dotyczące tekstury, którą przedstawiono w tabeli 4 [15]. Przyjmuje się, że wartość głębokości tekstury równa 0.25 mm powinna zapewnić bezpieczeństwo wykonywania operacji lotniczych. Należy zaznaczyć, że wymagania dla nawierzchni lotnisko-

Tab. 3. Wymagania w zakresie głębokości tekstury dla nowych nawierzchni lotniskowych

Dokument	Głębokość tekstury [mm]
Załącznik 14 do Konwencji o Międzynarodowym Lotnictwie Cywilnym, Lotniska Tom I – Projektowanie i eksploatacja lotnisk (ICAO) [19]	≥ 1.00
Doc. 9157 AN/901 Aerodrome Design Manual Part 1 – Runways (ICAO) [14]	
Easy Access Rules for Aerodromes (Regulation (EU) No 139/2014) (EASA) [15]	
Doc. 9137 AN/898 Airport Service Manual Part 2 – Pavement Surface Conditions (ICAO) [13]	< 1.00 mm
Advisory Circular no: 150/5320-12C, U.S. Department of Transportation (FAA) [11]	≥ 1.14 mm

Tab. 4. Wymagania w zakresie głębokości tekstury dla eksploatowanych nawierzchni lotniskowych

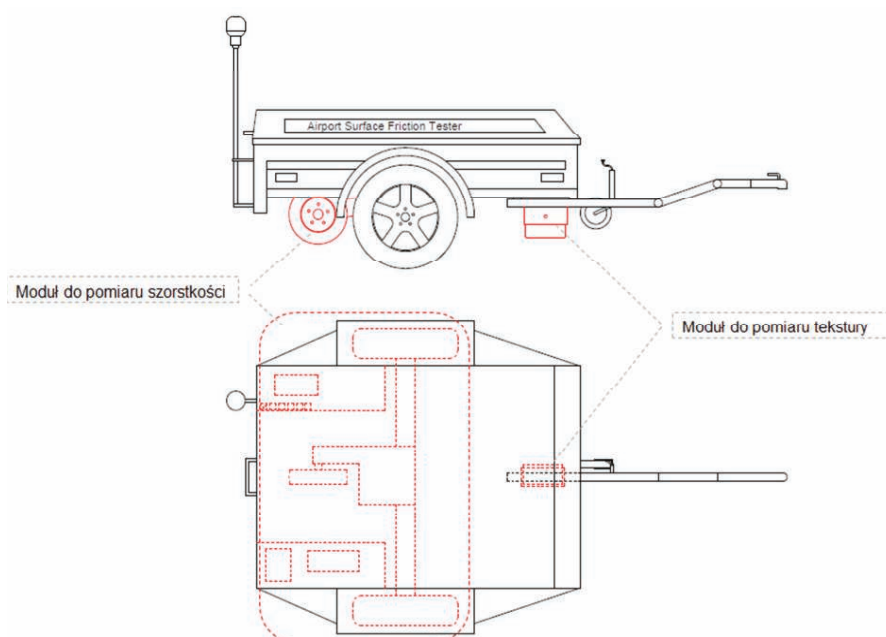
Nazwa organizacji lotniczej	Klasyfikacja drogi startowej	Głębokość tekstury [mm]
ICAO, EASA	A	0.10 – 0.14
	B	0.15 – 0.24
	C	0.25 – 0.50
	D	0.51 – 1.00
	E	1.01 – 2.54

wych w zakresie głębokości tekstury dotyczą parametru *MTD* (*ETD*).

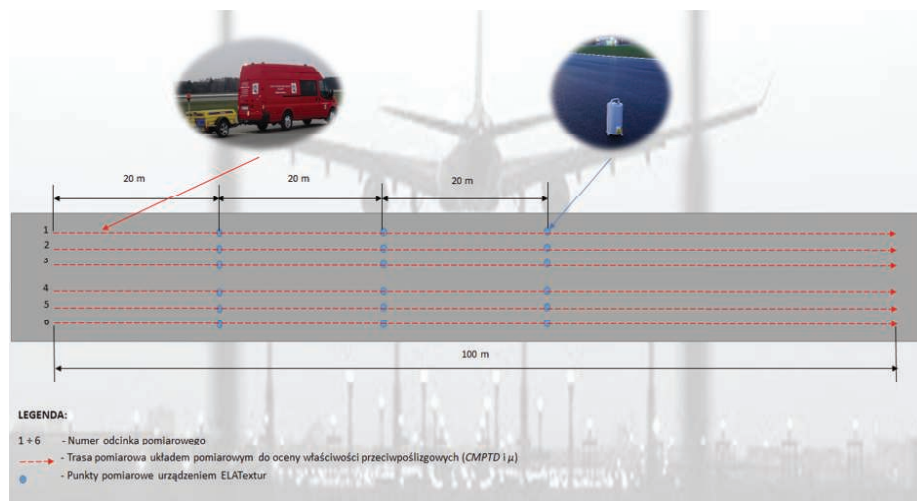
Metodyka badań i wyniki badań

Badania przeprowadzono przy zastosowaniu układu pomiarowego zbudowanego na bazie testera tarcia nawierzchni lotniskowych ASFT na przyczepie T-10, wyposażonego dodatkowo w skaner laserowy profilu 2D/3D o wysokiej częstotliwości (dokonującego pomiaru w śladzie koła pomiarowego testera tarcia). Podobne próby podejmują również inni niewymienieni wcześniej [2] [3] [4] [9] [5], lecz przyjęte przez nich me-

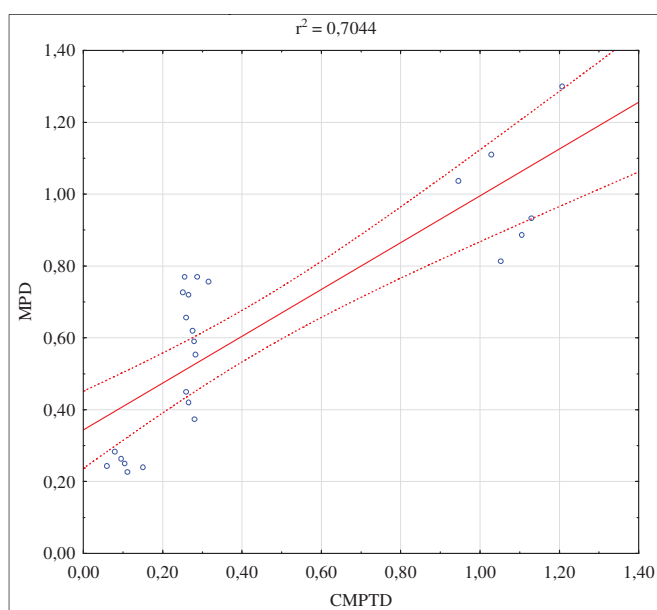
tody badawcze nie obejmują równoczesnego pomiaru tych dwóch parametrów. Należy także zaznaczyć, że w odróżnieniu do obecnie stosowanej metody pomiarowej (profilometrycznej), proponowana metoda pomiaru głębokości tekstury w ramach oceny właściwości przeciwoślizgowych nawierzchni lotniskowych umożliwia dokonanie pomiaru zarówno w kierunku równoległym jak i prostopadłym do kierunku poruszania się testera tarcia. Metoda ta nie jest ograniczana pomiarem punktowym, tzn. pomiar nie odbywa się tylko i wyłącznie w funkcji długości odcinka pomiarowego, ale także w funkcji jego



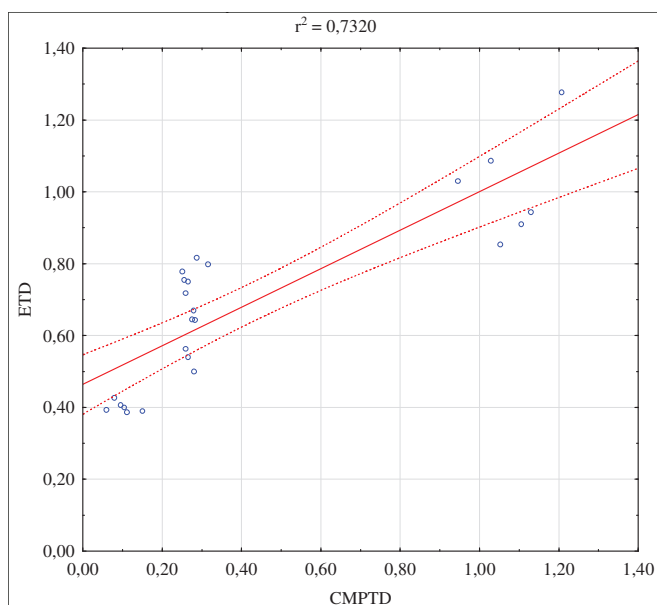
1. Schemat układu pomiarowego do oceny właściwości przeciwoślizgowych



2. Schemat pomiarów podczas badań terenowych



3. Poziom zależności liniowej pomiędzy współczynnikami CMPTD a MPD



4. Poziom zależności liniowej pomiędzy współczynnikami CMPTD a ETD

szerokości (odpowiadającej szerokości styku opony koła pomiarowego testera tarcia z nawierzchnią). Układ pomiarowy do przyjętej metody oceny właściwości przeciwpślizgowych obejmuje (rys. 1):

- moduł do oceny szorstkości – pomiar współczynnika tarcia,
- moduł do oceny głębokości tekstury – pomiar nowego współczynnika $CMPTD$ określającego ciągłą średnią głębokość profilu i tekstury.

Pomiary w ramach badań przeprowadzono na wytypowanych obiektach lotniskowych, przy prędkościach pomiarowych 65 km/h i 95 km/h, na nawierzchniach wykonanych zarówno w technologii betonu cementowego jak i betonu asfaltowego, wiek nawierzchni przyjęto na podstawie faktycznego okresu eksploatacji, tj. do 3 lat. Zgodnie z przyjętym planem badań terenowych, dla każdego z określonych warunków pomiarowych (np. prędkość pomiarowa 65 km/h, nawierzchnia wykonana w technologii betonu asfaltowego) wyznaczono 6 odcinków pomiarowych, każdy o długości 100 m. Odcinki dla konkretnych warunków pomiarowych zlokalizowane były na jednym EFL, np. droga kołowania wytypowanego obiektu testowego. Poszczególne odcinki traktowane były, jako pojedyncza próbka, natomiast 6 odcinków dla danych warunków pomiarowych, jako populacja próbek. Pomiar współczynników $CMPTD$ i μ (zbudowany układ pomiarowy) odbywał się w sposób ciągły na całej długości odcinka pomiarowego, z częstotliwością odczytu co 0.2 m dla $CMPTD$ oraz 10 m dla μ . W związku z tym, do dalszych analiz przyjęto wyniki z odcinków 10 m dla poszczególnych odcinków pomiarowych. Ponadto, na każdym odcinku wykonano także pomiary punktowe urządzeniem ELATeXtur (na 20 m, 40 m i 60 m odcinka pomiarowego). Schemat pomiarów

wg przyjętej metodyki zaprezentowano na rysunku 2.

W wyniku przeprowadzonych pomiarów terenowych zmierzono wartości dla współczynników określających właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni lotniskowych. Wyniki z pomiarów terenowych współczynników *CMPTD* oraz *MPD* i *ETD* przedstawiono poniżej w tabelach 5 - 8. Natomiast na rysunkach 3 - 4 zaprezentowano histogramy przedstawiające współczynniki korelacji liniowej określające poziom zależności liniowej pomiędzy współczynnikami *CMPTD* a *MPD* i *ETD* (przedział ufności 0,95). Natomiast wyznaczone na tej podstawie równania transformacji do przejścia z *CMPTD* na *MPD* i *ETD* przedstawiają się następująco: $MPD=0.65 \times CMPTD + 0.34$; $ETD=0.54 \times CMPTD + 0.46$ [10].

Dzięki wyznaczonym równaniom transformacji, po wykonaniu pomiarów z wykorzystaniem zaproponowanej metody badania właściwości przeciwpoślizgowych można wyznaczyć współczynniki *MPD* i *EDT* na podstawie, których można dokonać oceny nawierzchni lotniskowych w odniesieniu do aktualnych wymagań. Niemniej jednak, wyznaczone równania dają także możliwość zaproponowania nowego kryterium średniej głębokości tekstury (*ETD*) w odniesieniu do nowych nawierzchni lotniskowych, tj.:

- dla nawierzchni wykonanych w technologii betonu asfaltowanego – 0.82 mm,
- dla nawierzchni wykonanych w technologii betonu cementowego – 0.61 mm.

Podsumowanie

Z praktycznego punktu widzenia poruszony przez autorów temat jest niezwykle istotny, przede wszystkim w aspekcie bezpieczeństwa wykonywania operacji lotniczych. Cały czas dąży się do tego, aby nawierzchnie

Tab. 5. Wyniki z pomiarów terenowych dla betonu asfaltowego (65 km/h)

Prędkość pomiarowa [km/h]	Technologia wykonania nawierzchni	Odcinek (próbka)	Wartości z pomiarów [mm]		
			CMPTD	MPD	ETD
65	Beton asfaltowy	1	1.05	0.81	0.85
		2	1.13	0.93	0.94
		3	1.03	1.11	1.09
		4	1.21	1.30	1.28
		5	0.95	1.04	1.03
		6	1.11	0.89	0.91
Średnia:			1.08	1.01	1.02

Tab. 6. Wyniki z pomiarów terenowych dla betonu asfaltowego (95 km/h)

Prędkość pomiarowa [km/h]	Technologia wykonania nawierzchni	Odcinek (próbka)	Wartości z pomiarów [mm]		
			CMPTD	MPD	ETD
65	Beton asfaltowy	1	0.27	0.72	0.75
		2	0.26	0.66	0.72
		3	0.26	0.77	0.76
		4	0.32	0.76	0.80
		5	0.25	0.73	0.78
		6	0.28	0.62	0.65
Średnia:			0.27	0.71	0.74

Tab. 7. Wyniki z pomiarów terenowych dla betonu cementowego (65 km/h)

Prędkość pomiarowa [km/h]	Technologia wykonania nawierzchni	Odcinek (próbka)	Wartości z pomiarów [mm]		
			CMPTD	MPD	ETD
65	Beton cementowy	1	0.27	0.42	0.54
		2	0.26	0.45	0.56
		3	0.28	0.59	0.67
		4	0.28	0.55	0.64
		5	0.29	0.77	0.82
		6	0.28	0.37	0.50
Średnia:			0.28	0.53	0.62

Tab. 8. Wyniki z pomiarów terenowych dla betonu cementowego (95 km/h)

Prędkość pomiarowa [km/h]	Technologia wykonania nawierzchni	Odcinek (próbka)	Wartości z pomiarów [mm]		
			CMPTD	MPD	ETD
65	Beton cementowy	1	0.08	0.28	0.43
		2	0.10	0.26	0.41
		3	0.10	0.25	0.40
		4	0.06	0.24	0.39
		5	0.11	0.23	0.39
		6	0.15	0.24	0.39
Średnia:			0.10	0.25	0.40

lotniskowe charakteryzowały się dobrymi właściwościami przeciwpoślizgowymi, które powinny być zdefiniowane poprzez określone (wymagane) wartości, w tym przypadku współczynnika tarcia oraz głębokości tekstury.

Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, iż przy ocenie nawierzchni lotniskowych w zakresie jej tekstury należy przede wszystkim rozgraniczyć to czy ocena dotyczy nawierzchni wykonanej w technologii betonu cementowego czy też betonu asfal-

towego. Jak można zauważyć, zarówno w przypadku oceny nawierzchni przy zastosowaniu punktowej metody pomiarowej (*MPD* i *ETD*), jak również zaproponowanej nowej metody pomiarowej (*CMPTD*), wartości współczynników charakteryzujących teksturę nawierzchni są odpowiednio wyższe dla nawierzchni wykonanej w technologii betonu asfaltowego, a dla nawierzchni wykonanej w technologii betonu cementowego odpowiednio niższe. Dlatego też, zdaniem autorów, należałoby wziąć pod rozwagę wprowadzenie oddzielnych wymagań w tym zakresie w odniesieniu do technologii wykonania nawierzchni lotniskowej.

Zaproponowana nowa metoda pomiarowa w porównaniu do aktualnie stosowanych (punktowych) daje większe możliwości. Z badawczego punktu widzenia umożliwia przede wszystkim ciągły pomiar tekstury nawierzchni, co jak widać nie pozostaje bez znaczenia porównując wartości z pomiarów terenowych (widoczna różnica wartości).

Mając na uwadze uzyskane dotychczas i przedstawione wyniki, autorzy planują dalsze prace związane z analizą wyników w odniesieniu do pozostałych przedziałów wiekowych nawierzchni. Efekty prowadzonych badań i analiz w tym zakresie uzupełnią dotychczasowy zbiór prac [6] [7] [1] [8] oraz będą stanowić podstawę do kolejnych opracowań związanych z tematyką tekstury nawierzchni lotniskowych. ◀

Materiały źródłowe

- Artykuły

- [1] Blacha K., Wesołowski M. Skid Resistance Properties of Airfield Pavements in the Light of Applicable Normative Rules, *Journal of Konbin*, Marzec 2019.
- [2] Čelko J., Kovac M., Kotek P. Analysis of the Pavement Surface Texture by 3D Scanner, *Transportation Research Procedia* 14.2994-3003, 2016.
- [3] Huang Y., Copenhaver T., Hempel P., Mikhail M. Development of Texture Measurement System Based on Continuous Profiles from Three-Dimensional Scanning System, *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*. 2367 (2), 2013.
- [4] Islam S., Hossain M., Miller R. Evaluation of pavement surface texture at the network level, *Nondestructive Testing And Evaluation*, tom 34, nr 1, pp. 1-12, 2018.
- [5] Meegoda J., Gao S. Evaluation of pavement skid resistance using high speed texture measurement, *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 2015.
- [6] Wesołowski M., Blacha K., Iwanowski P. Impact of Airfield Pavement's Operability on Its Anti-skid Properties, w *Research Methods and Solutions to Current Transport Problems*, 2020.
- [7] Wesołowski M., Blacha K. Estimating the Impact of Texture Depth on the Roughness of Cement Concrete Airfield Pavements, *Journal of Konbin*, Czerwiec 2019.
- [8] Wesołowski M., Blacha K. Evaluation of airfield pavement micro and macrotexture in the light of skid resistance (friction coefficient) measurements, w *MATEC Web of Conferences* 262:05017, 2019.
- [9] Zhan Q. J. Li, Y., Yang G., Wang K. Pavement skid resistance as a function of pavement surface and aggregate texture properties, *International Journal of Pavement Engineering*, 2018.
- [10] Zieja M., Wesołowski M., Blacha K., Iwanowski P. Analysis of the Anti-Skid Properties of New Airfield Pavements in Aspect of Applicable Requirements. *Coatings (Road Surface Performance: Skid Resistance, Noise, and Rolling Resistance)*, 2021, 11 (7).
- Opracowania techniczne lub inne
- [11] Advisory Circular no: 150/5320-12C, U.S. Department of Transportation, FAA, 1997 z późn. zm.
- [12] Annex to ED Decision 2021/003/R "AMC & GM to Authority, Organisation and Operations Requirements for Aerodromes — Issue 1, Amendment 5", EASA, 2021.
- [13] Doc. 9137 Podręcznik służb portu lotniczego Część 2 - Stan nawierzchni lotniskowych" (*Airport Services Manual Part 2 - Pavement Surface Conditions*), ICAO, 2002.
- [14] Doc. 9157 Podręcznik projektowania lotnisk Część 1 - Drogi startowe (*Aerodrome Design Manual Part 1 - Runways*), ICAO, 2006.
- [15] Łatwo Dostępne Przepisy dla Lotnisk (Rozporządzenie UE 139/2014), Europejska Agencja Bezpieczeństwa Lotniczego (EASA), 2019.
- [16] NO-17-A501: 2015 Nawierzchnie lotniskowe. Badanie szorstkości. WCNJiK, 2015.
- [17] PN-EN 13036-1: 2010 Cechy powierzchniowe nawierzchni drogowych i lotniskowych. Metody badań. Część 1: Pomiar głębokości makrotekstury metodą objętościową, 2010.
- [18] PN-EN ISO 13473-1: 2019-04 Charakterystyka tekstury nawierzchni przy użyciu profili powierzchniowych. Część 1: Określanie średniej głębokości profilu, 2019.
- [19] Załącznik 14 ICAO do Konwencji o Międzynarodowym Lotnictwie Cywilnym, Lotniska Tom I - Projektowanie i eksploatacja lotnisk, Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ICAO), 2016 (wydanie 7).