

Danuta KOWALSKA, Agata MISZTAL

ZIMOWE UTRZYMANIE NAWIERZCHNI LOTNISKOWYCH A BEZPIECZEŃSTWO WYKONYWANIA OPERACJI LOTNICZYCH PRZEZ STATKI POWIETRZNE

Zimowe utrzymanie nawierzchni lotniskowych ma na celu zapewnienie bezpieczeństwa startów i lądowań statków powietrznych w sezonie jesienno-zimowym, podczas którego występuje szereg zjawisk atmosferycznych pogarszających parametry nawierzchni lotniskowych. Istotne jest, aby prowadzić działania zapobiegawcze, do czego niezbędne jest opracowanie instrukcji utrzymania lotniska w okresie zimowym. Najbardziej popularnym i skutecznym sposobem zapobiegania oraz usuwania oblodzenia jest stosowanie chemicznych środków odladzających.

W artykule scharakteryzowano rodzaje środków do odladzania, wymagania dotyczące ich właściwości oraz przeprowadzane badania podczas odbioru ich dostawy.

WSTĘP

Okres jesienno-zimowy przynosi ze sobą niepożądane zjawiska atmosferyczne w postaci szronu, oblodzeń, czy opadów deszczu i śniegu. Wpływa to negatywnie na bezpieczeństwo wykonywanych operacji lotniczych, w związku z czym należy podjąć działania, które zagwarantują dobre parametry nawierzchni lotniskowych. Nawierzchnia drogi startowej musi być utrzymywana w taki sposób, który zapewni odpowiednie charakterystyki tarcia oraz małe opory toczenia. Zalegający śnieg, błoto pośniegowe, lód oraz inne zanieczyszczenia muszą być szybko i skutecznie usuwane tak, aby zapobiec gromadzeniu się ich na nawierzchni.

Ważne jest, aby na lotniskach prowadzić działania związane przede wszystkim z profilaktycznym zabezpieczaniem nawierzchni przed gromadzeniem się śniegu, lodu i szronu oraz działania związane z ich usuwaniem z nawierzchni elementów funkcjonalnych.

Jednym ze sposobów zapobiegania oblodzeniu oraz odladzania nawierzchni lotniskowych jest wykorzystywanie chemicznych środków odladzających. Działania profilaktyczne mają na celu zmniejszenie ilości stosowanych środków chemicznych, co polega na stosowaniu ich przede wszystkim przed spodziewanym spadkiem temperatury. W tym celu wykorzystywane są informacje meteorologiczne. Ocenę bieżącego stanu nawierzchni drogi startowej ułatwiają też systemy wczesnego ostrzegania ICE-ALERT.

1. ZIMOWE UTRZYMANIE NAWIERZCHNI LOTNISKOWYCH

Przed każdym sezonem jesienno-zimowym należy sporządzić instrukcję utrzymania lotniska w okresie zimowym, która zawiera wszelkie informacje o pracach przygotowawczych i zabezpieczających. Ma to na celu sprawne prowadzenie akcji odśnieżania i odladzania.

W okresie jesienno-zimowym zjawiska atmosferyczne w postaci opadów deszczu, śniegu, spadku temperatury, które powodują powstawanie oblodzeń, szronu, gołolodzi, mogą powodować pogorszenie warunków eksploatacyjnych lotnisk w wyniku zmniejszenia współczynnika tarcia nawierzchni lotniskowych.

Zapewnienie odpowiedniej czystości oraz szorstkości drogi startowej, dróg kołowania i płyt postojowych ma podstawowe zna-

czenie dla bezpieczeństwa wykonywania operacji lotniczych. Oprócz śliskości spowodowanej pokryciem nawierzchni lotniskowych warstwą lodu czy śniegu, w momencie lądowania występuje dodatkowa śliskość w wyniku tworzenia się w czasie ruchu podwozia po nawierzchni cienkiej warstwy wody, która powstaje z roztopionego śniegu. Nadmierna śliskość nawierzchni może stać się przyczyną utraty sterowności statku powietrznego. Nawierzchnia drogi startowej musi być utrzymywana w sposób zapewniający dobre charakterystyki tarcia oraz małe opory toczenia.

Do zapobiegania lub usuwania oblodzenia nawierzchni lotniskowych stosowane są chemiczne środki odladzające.

W celu ograniczenia ilości stosowanych środków odladzających możliwe jest stosowanie innych metod odladzania, takich jak ogrzewanie płyt lotniskowych poprzez zamontowaną pod płytami drogi startowej instalację elektryczną. Nie dopuszcza się posypywania nawierzchni materiałem ściernym.

Chemiczne środki odladzające używane na nawierzchniach lotniskowych w celu usuwania lub zapobiegania powstawania lodu i szronu, powinny być stosowane w warunkach, kiedy ich użycie będzie najbardziej efektywne, [1].

Bardzo ważne jest aby na lotniskach prowadzić działania związane z profilaktycznym zabezpieczeniem nawierzchni przed gromadzeniem się śniegu, lodu i szronu oraz działania związane z ich usuwaniem z nawierzchni elementów funkcjonalnych.

Prowadzone podczas zimowego utrzymania na lotniskach działania profilaktyczne mają na celu używanie jak najmniejszej ilości środków odladzających, co polega na ich stosowaniu przed spodziewanym spadkiem temperatury. W tym celu konieczna jest ścisła współpraca ze służbą meteorologiczną. Nie zawsze jednak informacje meteorologiczne pozwalają na ustalenie przewidywania pogorszenia pogody, szczególnie przy krótkotrwałych zakłóceniach lokalnej pogody. W okresie spodziewanych marzących opadów może być pomocna bieżąca kontrola temperatury otoczenia (na wysokości ok. 2 m) i temperatury przygruntowej, a także kontrola wilgotności powietrza realizowana przez służby utrzymaniowe. Zaleca się, aby na lotniskach stosować narzędzia ułatwiające ocenę bieżącej sytuacji w postaci systemów wczesnego ostrzegania ICE-ALERT, [2]. Celem tego systemu jest analiza bieżącego stanu nawierzchni drogi startowej, a przede wszystkim generowanie ostrzeżeń zanim wystąpią niebezpieczne zjawiska oblodzenia. Ta cecha pozwala na podanie środków odladzających w optymalnym momencie a tym sa-

mym zapewnia bezpieczeństwo operacji lotniczych oraz pewność prawidłowego zastosowania środków odladzających. W zależności od sytuacji za pomocą oprogramowania komputerowego uruchamia się jeden z trzech rodzajów alarmów. Alarm 1 (prewencyjny) jest aktywowany, gdy powierzchnia jest wilgotna, a temperatura powietrza spada poniżej 0°C. Jego rolą jest zwrócenie uwagi użytkownika na warunki potencjalnie niebezpieczne. Alarm 2 ostrzega przed niebezpieczeństwem gołoledzi. Aktywowany, gdy różnica temperatur nawierzchni i punktu zamarzania cieczy obecnej na sondzie jest równa lub mniejsza 2°C. Jego rolą jest zwrócenie uwagi użytkownika na wysokie ryzyko wystąpienia gołoledzi i podjęcie działań w czasie, gdy prewencja jest jeszcze możliwa. Alarm 3 to krytyczny alarm informujący o niebezpieczeństwie, aktywowany przy wystąpieniu różnych zjawisk – gołoledzi, opadów śniegu, marznącego deszczu, szronu. Jego rolą jest zwrócenie uwagi użytkownika na niebezpieczne zjawiska, które już wystąpiły by umożliwić podjęcie właściwych działań. System ICE-ALERT pozwala na efektywne użytkowanie środków chemicznych.

Systemy ICE-ALERT mogą być powiązane ze stacjonarnymi spryskującymi systemami zapobiegania gołoledzi (ang. Fixed Automated Spray Technology – FAST). Na system zraszający zwykle składa się: stacja pomp, ciśnieniowa instalacja spryskująca, czujniki meteorologiczne oraz centralny komputer z oprogramowaniem. Systemy działają w sposób automatyczny dzięki generującym ostrzeżenia stacjom meteorologicznym. Działanie polega na zraszaniu nawierzchni minimalnymi ilościami odpowiedniego, płynnego środka odladzającego zanim ciecz obecna na nawierzchni zacznie krystalizować. W przypadku wykrycia przez czujniki meteorologiczne zbliżającego się niebezpieczeństwa powstania lodu, wysyłany jest alarm do urządzeń sterujących stacją pomp. Uruchomione pompy tłoczą do przewodów ciśnieniowych umieszczonych w drodze startowej, pobrany ze zbiornika środek odladzający. System automatycznie dobierając program spryskujący steruje spryskiwaniem przez poszczególne dysze. Całość danych meteorologicznych oraz dotyczących pracy systemu spryskującego jest przesyłana do centralnego komputera, który jest również narzędziem sterowania i kontroli pracy systemu.

2. CHARAKTERYSTYKA ŚRODKÓW ODLADZAJĄCYCH

Środki odladzające są to środki chemiczne stosowane do zapobiegania oblodzeniu oraz do odladzania nawierzchni lotniskowych, produkowane są na bazie octanu sodu, octanu potasu, mrówczanu sodu oraz mrówczanu potasu, w postaci płynnej oraz stałej. Środki odladzające mają zastosowanie w zimowym utrzymaniu nawierzchni lotniskowych wykonanych z betonu cementowego oraz nawierzchni z betonu asfaltowego.

Środki do odladzania nawierzchni lotniskowych stosowane są pojedynczo lub w kombinacji kilku środków chemicznych jednocześnie, w stanie suchym lub na mokro. Płynne środki odladzające czasami stosowane są w połączeniu ze stałymi, jako czynnik zwilżający, ułatwiający stałym cząstkom utrzymanie się na nawierzchni podczas silnego wiatru.

2.1. Środki chemiczne w postaci płynnej

Podstawowymi składnikami środków do odladzania w postaci płynnej są octan potasu lub mrówczan potasu.

Płynne środki odladzające stosowane są głównie zapobiegawczo w celu wytworzenia cienkiej warstwy na powierzchni lotniskowej. Zapobiega to tworzeniu się lodu ze śniegu bądź zamarzającego deszczu poprzez utrudnienie wiązania z powierzchnią.

Octan potasu

Octan potasu na wielu lotniskach zastępuje mocznik. Octan potasu w postaci stałej (CH_3COOK) dostępny jest w postaci bezbarwnych kryształków jako biały, krystaliczny proszek lub w postaci płatków. Jego rozpuszczalność w wodzie wynosi 1g/0,5ml wody. Do odladzania nawierzchni lotniskowych stosowany jest najczęściej w postaci bezbarwnych roztworów zawierających min. 50% octanu potasu oraz inhibitor korozji. Inne cechy to: temperatura zamarzania wynosząca -60°C, nieograniczona mieszalność z wodą, niepalność, brak szczególnych wymagań odnośnie przechowywania. Typowe pH: $11,0 \pm 0,5$. Z punktu widzenia środowiska, octan potasu ma bardzo niskie BZT (biologiczne zapotrzebowanie na tlen) w porównaniu z glikolem propylenowym czy mocznikiem, ulega rozkładowi w niższych temperaturach. Zaletę stanowi też to, że w produktach rozkładu nie ma amoniaku.

Mrówczan potasu

Mrówczan potasu (HCOOK) jest ciekłym środkiem stosowanym do odladzania nawierzchni lotniskowych.

W porównaniu z mocznikiem, jest bardziej skuteczny w niskich temperaturach i potrzeba go mniej do uzyskania podobnych rezultatów (40-60%). Ma znacząco niskie BZT w porównaniu z innymi podobnymi środkami. Tak samo jak octan potasu, mrówczan potasu stosowany jest w postaci bezbarwnego roztworu zawierającego 50% składnika głównego (mrówczan potasu) i inhibitora korozji.

2.2. Środki chemiczne w postaci stałej

Podstawowymi składnikami środków do odladzania w postaci stałej są octan sodu lub mrówczan sodu.

Środki odladzające w postaci stałej zawierają ok. 97% składnika głównego i dodatkowo są wzbogacone o inhibitor korozji. Produkowane są w postaci nieregularnych granulek lub kryształów.

Stale środki chemiczne do zimowego utrzymania nawierzchni lotniskowych stosowane są poprzez swobodne rozrzucanie na nawierzchni elementów funkcjonalnych, po zwilżeniu płynnym środkiem odladzającym.

Octan sodu

Octan sodu (CH_3COONa) jest to podstawowy środek odladzający stosowany na sucho. Odnośnie środowiska octan sodu posiada podobne zalety do octanu potasu. Najczęściej nie jest korozyjny, jest łatwo biodegradowalny, nie jest toksyczny w stosunku do zwierząt i życia wodnego oraz nie oddziałuje szkodliwie na roślinność.

Badania eksploatacyjne wykazały, że octan sodu reaguje z lodem szybciej niż mocznik i potrzeba go ok. 1/3 mniej niż mocznika, aby otrzymać ten sam efekt. Ma tendencję do pochłaniania wody z otoczenia i zbrylania się. Może być stosowany w połączeniu z ciekłym środkiem odladzającym (takim jak octan potasu) stosowanym w charakterze środka zwilżającego.

Mrówczan sodu

Mrówczan sodu (HCOONa) jest również stosowany do odladzania nawierzchni lotniskowych na sucho. Produkowany jest w postaci granulek lub krystalicznego proszku. Do biodegradacji mrówczanu sodu potrzeba o 90% mniej tlenu niż w przypadku mocznika, co sprawia, że jest dużo bardziej przyjazny dla środowiska.

3. STOSOWANIE ŚRODKÓW ODLADZAJĄCYCH A TRWAŁOŚĆ NAWIERZCHNI

Środki odladzające mają zastosowanie do zimowego utrzymania nawierzchni lotniskowych wykonanych z betonu cementowego oraz nawierzchni wykonanych z betonu asfaltowego.

Trwałość betonowych nawierzchni lotniskowych rozumiana jest jako jej zdolność do zachowania własności użytkowych w projektowanym okresie eksploatacji przy zachowaniu wysokiego bezpieczeństwa ruchu. Trwałość nawierzchni związana jest z szeregiem czynników dotyczących odpowiednich rozwiązań projektowych, realizacją robót i poziomem technicznego ich utrzymania. Czynniki wpływające na trwałość nawierzchni podczas eksploatacji to: intensywność ruchu wraz ze sposobem przekazywania obciążeń i wielkość tego obciążenia oraz oddziaływanie środowiska (poddawanie konstrukcji zamrażaniu i odmrażaniu), oddziaływanie środków chemicznych stosowanych do zimowego utrzymania i innych płynów eksploatacyjnych, narażenie termiczne pochodzące od silników lotniczych.

Odporność betonów na działanie chemicznych środków odladzających jest jednym z parametrów decydującym o trwałości betonu podczas jego eksploatacji. Występujące w Polsce warunki klimatyczne, charakteryzujące się co najmniej kilkudziesięcioma przejściami przez 0°C są wyjątkowo niesprzyjające dla trwałości nawierzchni. Cykliczne zamrażanie i odmrażanie betonu w obecności środków odladzających powoduje m.in. łuszczenie się jego powierzchni (rysunek 1).



Rys. 1. Powierzchniowe złuszczenia nawierzchni

Na nawierzchni z betonu cementowego środki chemiczne do zimowego utrzymania lotnisk mogą być stosowane tylko po wcześniejszym zabezpieczeniu tej nawierzchni preparatem do impregnacji hydrofobowej. Hydrofobizacja polega na radykalnym zmniejszeniu zwilżalności wodą powierzchni zewnętrznej betonu i porów przy zachowaniu jednak pełnej przepuszczalności gazu i pary. Środki do hydrofobizacji materiałów budowlanych powinny m.in. dobrze wnikać w głąb zabezpieczanego materiału (dobra penetracja), wytwarzać silnie hydrofobowe, niezwilżalne wodą cienkie filmy na powierzchniach materiałów i porów, zachowywać wieloletnią dobrą odporność na zmienne warunki atmosferyczne, promieniowanie UV, agresywne środki chemiczne. Głębokość wnikania (penetracja) zależy od różnych czynników, a przede wszystkim od nasiąkliwości impregnowanych materiałów, zależnej od porowatości i stopnia wysuszenia, od ilości wprowadzonego środka i jego właściwości, a zwłaszcza od ciężaru cząsteczkowego, struktury, lepkości itp. oraz od rodzaju i właściwości rozcieńczalnika, stężenia środka i techniki hydrofobizacji.

Stosowanie środków odladzających na nawierzchniach lotniskowych z betonu cementowego w wieku do lat trzech powinno być ograniczone do sytuacji wyjątkowych, a w pierwszym roku użytkowania nawierzchni nie zaleca się w ogóle stosowania chemicznych środków odladzających. Wówczas stosowanie środków do odladzania należy ograniczyć do sytuacji bezwzględnie koniecznych. Aplikowanie środków odladzających wcześniej niż przed upływem roku od wykonania nawierzchni, przed uzyskaniem pełnej wytrzymałości betonu, może powodować zapoczątkowanie niekorzystnych zmian

w strukturze betonu, których wynikiem może być powstanie uszkodzeń w przyszłości.

Na nawierzchniach lotniskowych w wieku powyżej trzech lat można stosować środki odladzające w niezbędnej ilości.

W przypadku nawierzchni z betonu asfaltowego stosuje się zasady i ilości środków odladzających jak dla nawierzchni z betonu cementowego w wieku powyżej trzech lat.

3.1. Działania profilaktyczne zapobiegające oblodzeniu

Środki odladzające zaleca się stosować zapobiegawczo, w celu wytworzenia cienkiej warstwy na powierzchni, co zapobiega tworzeniu się lodu ze śniegu bądź marznącego deszczu poprzez utrudnienie wiązania z powierzchnią, [4]. Schemat zapobiegania oblodzeniu nawierzchni lotniskowych przy pomocy chemicznych środków do odladzania przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat zapobiegania oblodzeniu przy użyciu środków chemicznych

W zależności od panujących warunków atmosferycznych minimalna dawka jednorazowa płynnych środków odladzających stosowanych profilaktycznie wynosi 20 g/m², a maksymalna dawka jednorazowa nie powinna przekraczać 100 g/m².

3.2. Działania podczas odladzania nawierzchni

W przypadku odladzania, przed użyciem środka odladzającego, powstały lód na nawierzchni powinien być poddany obróbce mechanicznej z wykorzystaniem sprzętu do zimowego utrzymania. Pozwala to na zmniejszenie ilości zużytego płynu odladzającego. Schemat postępowania podczas odladzania przy użyciu środka chemicznego przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat postępowania podczas odladzania przy użyciu środka chemicznego

Ilość potrzebnego środka odladzającego do stopienia powłoki lodowej zależy od jej grubości i temperatury powietrza. W zależno-

ści od warunków atmosferycznych minimalna dawka jednorazowa ciekłych środków odladzających stosowanych przeciwołodziennowo wynosi 30 g/m², a maksymalna dawka jednorazowa nie powinna przekraczać 150 g/m².

Rodzaj stosowanego środka do odladzania oraz dawka zależą od aktualnego stanu nawierzchni i bieżących warunków atmosferycznych.

4. WYMAGANIA DOTYCZĄCE ŚRODKÓW ODLADZAJĄCYCH I METODY BADAŃ

4.1. Wymagania ogólne

Wymagania dotyczące środków do zapobiegania oblodzeniu i odladzania elementów funkcjonalnych lotnisk opracowano w projekcie normy prNO-17-A205 "Zimowe utrzymanie nawierzchni lotniskowych. Stosowanie środków odladzających". Wymagania i badania", [3]. W normie tej określono istotne parametry środków do odladzania oraz metody ich sprawdzania w procesie zaopatrywania lotnisk. Przedstawiono w niej również zasady stosowania środków do zimowego utrzymania nawierzchni lotniskowych w wieku do trzech lat i na nawierzchniach starszych.

Zgodnie z Załącznikiem 14 ICAO do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, [1], środki chemiczne, których działanie może być szkodliwe dla statków powietrznych czy nawierzchni lotniskowych lub środki, które mogą mieć działanie toksyczne dla środowiska, nie mogą być stosowane.

W USA do odladzania nawierzchni lotniskowych należy stosować środki odladzające na bazie octanów lub mrówczanów, które spełniają postanowienia zawarte w dokumentach SAE AMS 1431, [5] oraz SAE AMS 1435, [6]. Zgodnie z wymienionymi dokumentami producent musi dostarczyć informacje dotyczące środków do odladzania związane z ochroną środowiska, w tym: informacje na temat biologicznego i chemicznego zapotrzebowania na tlen oraz toksyczności, a także wyniki zawartości zanieczyszczeń (siarki, halogenków, fosforanów, azotanów i metali ciężkich: ołowiu, chromu, kadmu i rtęci). Podane dokumenty oraz Sprawozdanie ITWL nr 14/24/11, [6], opisują metodyki badań wpływu środków odladzających na elementy konstrukcji statków powietrznych.

Zgodnie z opracowanym w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych projektem Normy Obronnej prNO-17-A205, [3], stosowane na nawierzchniach lotniskowych środki do odladzania powinny być:

- biodegradowalne i przyjazne środowisku, nie powinny mieć działania toksycznego dla środowiska;
- bezpieczne - temperatura zapłonu płynnego środka odladzającego nie powinna być niższa niż 100°C a stałego nie powinna być niższa niż 93°C;
- łatwe w użytkowaniu - środek odladzający dostarczany w postaci stałej (granulki o nieregularnych kształtach) powinien zapewnić jak najlepsze warunki adsorpcji wilgoci po rozsypaniu na nawierzchni lotniskowej oraz minimalizować ryzyko zdmuchnięcia poza krawędź elementu funkcjonalnego lotniska przez wiatr lub podmuch silnika samolotu;
- odpowiedniej jakości - do odladzania nawierzchni lotniskowych należy stosować środki o przydatności potwierdzonej dokumentami (np. Orzeczeniem), wydanymi przez właściwe placówki naukowo-badawcze o profilu lotniczym, dopuszczającymi je do stosowania na nawierzchniach lotniskowych, wydanym w przypadku uzyskania pozytywnych wyników badań;
- skuteczne;
- nie powinny działać destrukcyjnie na nawierzchnie lotniskowe oraz na materiały stosowane na elementy konstrukcji wojskowych statków powietrznych, a także na materiały stosowane do

wypełniania szczelin dylatacyjnych, materiały do poziomego oznakowania lotnisk oraz do budowy systemu kanalizacyjnego;

- środki dostarczane w postaci płynów nie powinny powodować uszkodzenia pojemników, w których są dostarczane i przechowywane, nie powinny także wykazywać oznak degradacji wykorzystywanego do ich nanoszenia na nawierzchnię.

4.2. Wymagania dotyczące wpływu środków odladzających na trwałość betonu

W normie obronnej NO-17-A204:2015, [8], określono metody badań niszczących i stosowane metody starzenia betonów cementowych, obejmujące cykliczne zamrażanie-odmrażanie w obecności wody lub środków odladzających. W ww. normie zaproponowano cztery metody badania odporności betonu nawierzchniowego na działanie środków odladzających:

- próbki nasączone w wybranym środku odladzającym poddaje się 200 cyklom zamrażania i odmrażania, które polegają na zamrażaniu całej próbki w powietrzu i odmrażaniu w wodzie. Po każdym 50 cyklach zamrażania i odmrażania, próbki wyjmują się z komory zamrażalniczej i umieszcza się je w środku odladzającym na okres 5 dni, po czym umieszcza się je ponownie w komorze zamrażalniczej;
 - próbki nasączone w wybranym środku odladzającym poddaje się 200 cyklom zamrażania i odmrażania, które polegają na zamrażaniu całej próbki w środku odladzającym i odmrażaniu w środku odladzającym (próbki zostają umieszczone w komorze zamrażalniczej w pojemniku ze środkiem odladzającym);
 - próbki nasączone w wybranym środku odladzającym, poddaje się 200 cyklom zamrażania w powietrzu i odmrażania w środku odladzającym. Odmrażanie realizuje się w środku odladzającym w komorze zamrażalniczej o obiegu zamkniętym lub wyjmując z komory i umieszcza się w pojemniku z odpowiednim środkiem odladzającym na czas odmrażania;
- Wyniki ww. badań uznaje się za pozytywne jeżeli na powierzchni próbek nie występują mikrorysy, ubytek masy próbek po 200 cyklach zamrażania-odmrażania w zależności od klasy betonu nie jest większy niż 4,7 % ÷ 5,0 % (wartość średnia), a ubytek wytrzymałości na ściskanie w stosunku do próbek porównawczych nie przekracza 17,0 % ÷ 20,0 % (wartość średnia).
- badanie odporności na powierzchniowe łuszczenie polegające na poddaniu próbek betonowych 56 cyklom zamrażania i odmrażania w wodzie lub w środkach odladzających. Próbki do badań przygotowuje się z plastrów wyciętych z kostek, prostopadłe do powierzchni zagładzanej, tak aby powierzchnia narażona na działanie mrozu i środków odladzających znajdowała się w środku kostki. Próbki można przygotować również z odwiertów rdzeniowych pobranych z lotniskowej nawierzchni betonowej, tak aby powierzchnią narażoną na działanie środka odladzającego była powierzchnia zacieraana z naturalną fakturą. Powierzchnie plastrów, oprócz powierzchni badanej izoluje się termicznie za pomocą styropianu w określony sposób. Odporność betonu ocenia się na podstawie ilości złuszczonego materiału. Wynik badania uznaje się za pozytywny, jeżeli ubytek masy po 56 cyklach zamrażania-odmrażania jest mniejszy niż 0,01 kg/m².

Procedurę badania wpływu środka odladzającego na beton asfaltowy podano w prNO-17-A205, [3]. Próbki wykonane z mieszanki mineralno-asfaltowej narażone na środki odladzające w podwyższonej temperaturze poddaje się badaniu wytrzymałości na odrywanie, natomiast próbki narażone na 25 cykli zamrażania-odmrażania w obecności środka odladzającego poddaje się badaniom wytrzymałości na rozciąganie pośrednie. W obu przypadkach wyniki ba-

dań uznaje się za pozytywne, jeżeli zostały spełnione wymagania zawarte w znowelizowanej wersji normy NO-17-A200:2006, [9].

4.3. Wymagania w zakresie składu i właściwości fizykochemicznych

Skład chemiczny

Stężenie octanu potasu lub mrówczan potasu w płynnych środkach odladzających powinno wynosić około 50% (m/m). Zaleca się, aby środki odladzające nie zawierały chlorków, ponieważ powodują uszkodzenia konstrukcji samolotów oraz negatywnie wpływają na roślinność. Zawartość rozpuszczalnych chlorków w przeliczeniu na suchą masę stałego środka odladzającego nie powinna przekraczać 250 ppm (0,0025%).

Wygląd

Środki odladzające w postaci płynnej powinny stanowić klarowny, jednorodny roztwór o jednolitej barwie, bez kożucha, bez osadu, zawiesiny lub innych widocznych zanieczyszczeń, które mogłyby negatywnie wpływać na właściwości użytkowe produktu.

Środki odladzające w postaci stałej powinny stanowić granulaty o jednolitej barwie, bez oznak płynięcia (musi to być materiał sypki), oraz bez widocznych zanieczyszczeń i ciał obcych, które mogłyby niekorzystnie wpływać na właściwości użytkowe produktu.

Zaleca się, aby udział granulatu przechodzącego przez sito o wymiarze boku oczka kwadratowego 4,0 mm, a pozostającego na sicie o wymiarze boku oczka kwadratowego 1,0 mm wynosiło $\geq 80\%$.

Gęstość

Wartość gęstości w temperaturze 20°C danej partii produktu płynnego środka odladzającego oraz roztworu wodnego o stężeniu 15% przygotowanego ze środka odladzającego w postaci stałej powinna być deklarowana przez producenta. Wartość gęstości uzyskana dla poszczególnych badanych próbek nie powinna się różnić więcej niż o $\pm 0,015 \text{ g/cm}^3$ od wartości deklarowanej.

Współczynnik załamania światła

Wartość współczynnika załamania światła w temperaturze 20°C danej partii produktu płynnego środka odladzającego oraz roztworu wodnego o stężeniu 15% przygotowanego ze środka dostarczonego w postaci stałej powinna być deklarowana przez producenta. Wartość współczynnika załamania światła uzyskana dla poszczególnych badanych próbek nie powinna się różnić więcej niż o $\pm 0,003$ od wartości deklarowanej.

pH

Wartość pH zarówno dla danej partii produktu środka odladzającego w postaci płynnej jak i dla roztworu wodnego o stężeniu 15% ze środka odladzającego w postaci stałej deklaruje producent. Wartość pH dla płynnego środka do odladzania powinna mieścić się w przedziale od 7,0 do 11,5, a dla roztworu rozcieńczonego w stosunku 1:1 (wagowo) wartość pH nie powinna być mniejsza od 6,0. Wartość pH uzyskana dla poszczególnych próbek nie powinna się różnić od wartości deklarowanej o więcej niż $\pm 0,5$.

4.4. Wymagania dotyczące wpływu środków odladzających na szorstkość nawierzchni

Jednym z badań wykonywanych podczas określania przydatności środka do odladzania do stosowania na nawierzchniach lotniskowych jest wykonywanie pomiaru współczynnika tarcia nawierzchni.

Podczas dozowania chemicznych środków odladzających należy zachować szczególne środki ostrożności tak, aby nie spowo-

dować jeszcze większej śliskości nawierzchni. Należy przestrzegać wymagań wartości współczynnika tarcia, na podstawie którego określa się skuteczność hamowania na zaśnieżonej i pokrytej lodem nawierzchni lotniskowej. Wymagania dotyczące wartości współczynnika tarcia zamieszczono w tablicy 1 oraz w normie obronnej NO-17-A501:2015, [10].

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

Współczynnik tarcia z pomiarów	Ocena skuteczności hamowania
0,40 i więcej	dobra
0,39 - 0,36	średnia do dobrej
0,35 - 0,30	średnia
0,29 - 0,26	średnia do złej
0,25 i mniej	zła

Ocena "dobra" jest oceną względną i oznacza, że nie powinny wystąpić trudności w utrzymaniu kierunku lub hamowaniu statku powietrznego, zwłaszcza podczas lądowania na nawierzchni lotniskowej drogi startowej.

Zaśnieżone i pokryte lodem nawierzchnie lotniskowe należy monitorować pod względem stanu ich szorstkości z częstotliwością minimum jedno badanie współczynnika tarcia dziennie. W przypadku wystąpienia niekorzystnych warunków atmosferycznych (intensywne opady śniegu, marznący deszcz, itp.), gdy zachodzi podejrzenie, że nawierzchnia lotniskowa może być śliska, należy każdorazowo przeprowadzić badanie szorstkości.

Zgodnie z prNO-17-A205, [3] środek odladzający nie powinien obniżać szorstkości nawierzchni lotniskowych więcej niż o 11% w stosunku do nawierzchni z filmem wodnym.

5. WYNIKI BADAŃ ODBIORCZYCH ŚRODKÓW ODLADZAJĄCYCH

Chemiczne środki odladzające dostarczane na lotniska powinny być poddane sprawdzającym badaniom jakościowym, [3]. Mają one na celu stwierdzenie zgodności dostarczonego produktu pod względem jakości z wymaganiami zawartymi w umowie na dostawę. Każda dostarczona partia produktu musi spełniać te wymagania..

Badania wykonywane podczas odbioru obejmują:

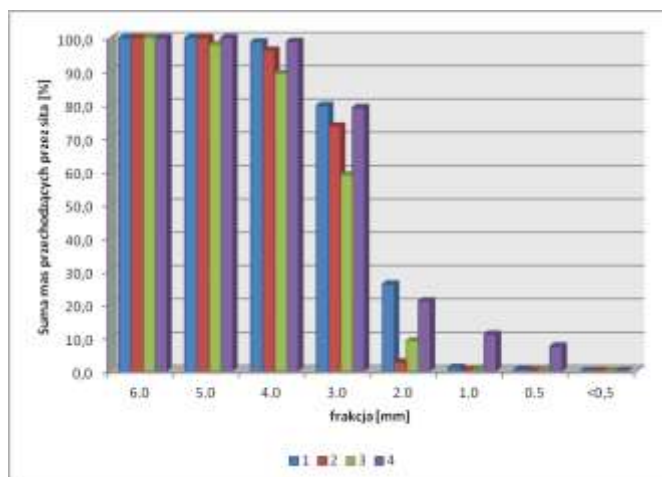
- określenie wyglądu,
- pomiar pH,
- oznaczenie gęstości,
- oznaczenie współczynnika załamania światła,
- sprawdzenie uziarnienia (środki w postaci stałej),
- sprawdzenie temperatury zamarzania i składu chemicznego (w przypadku wątpliwości).

Badania uziarnienia, sprawdzenie temperatury zamarzania oraz składu chemicznego wykonuje się w warunkach laboratoryjnych. Badania gęstości, współczynnika załamania światła oraz oznaczenie pH wykonuje się w terenie przy pomocy przenośnych urządzeń do tego przeznaczonych (pH-metr, gęstościomierz, refraktometr), ale istnieje również możliwość poboru próbek w terenie i przeprowadzenie badań w laboratorium. Do wykonania weryfikacji jakości środka odladzającego w formie stałej sporządza się roztwór wodny o stężeniu 15% (m/m).

Określenie wyglądu środków odladzających oraz oznaczenie uziarnienia środków odladzających w postaci stałej

Wygląd środków do odladzania określa się okiem nieuzbrojonym. Środki chemiczne w postaci płynnej należy oceniać po wcześniejszym przelaniu ich do szklanego, przezroczystego naczynia.

Oznaczenie uziarnienia granulatu wykonuje się zgodnie z metodyką podaną w normie PN-EN 1235:1999, [11], po uwzględnieniu następujących zmian i uzupełnień: próbkę granulatu przeznaczoną do oznaczenia należy przesiać przez zestaw sit kontrolnych o wymiarach oczek kwadratowych 1,0 mm, 2,0 mm, 3,0 mm, 4,0 mm, 6,0 mm, ręcznie lub na mechanicznej wstrząsarce laboratoryjnej, w ciągu 5 minut przy 140 wstrząsach na minutę. Zaleca się, aby uziarnienie granulatu przechodzącego przez sito o wymiarze boku oczka kwadratowego 4,0 mm, a pozostających na sicie o wymiarze boku oczka kwadratowego 1,0 mm wynosiło $\geq 80\%$. Wartości na sitach pośrednich określa się w celu uzyskania pełnego obrazu rozkładu procentowego poszczególnych frakcji oraz możliwości porównania ze sobą granulatów różnych producentów, tak jak przedstawiono to na rysunku 4, gdzie przedstawiono wykresy uziarnienia czterech różnych środków do odladzania w formie stałej. W każdym przypadku potwierdzono zgodność dostarczonego produktu z wartościami deklarowanymi przez dostawcę oraz wymagania zapisane w projekcie normy prNO-17-A205, [3]. Trzy z badanych granulatów tworzyły białe ziarna o nieregularnych kształtach, natomiast jeden granulat (próbka 4 na rysunku 4) tworzyły białe okrągłe granulki. Najdrobniejsze frakcje granulatów tj., ziarna $< 1,0$ mm pochodzą najprawdopodobniej z rozdrobnienia podczas procesu przesiewania. Próbkę granulatu, które były umieszczane na wstrząsarce do sit nie posiadały w swoim składzie tak drobnych frakcji.



Rys. 4. Porównanie uziarnienia granulatów

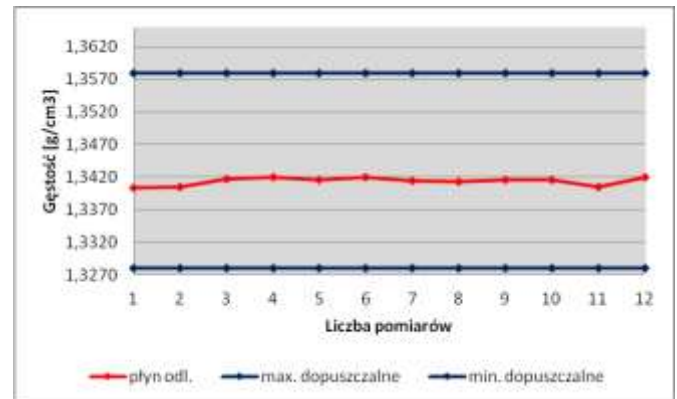
Pomiar gęstości

Gęstość oznaczana jest zgodnie z metodyką opisaną w prNO-17-A205, [3]. Wartość gęstości dla płynnych środków odladzających oraz dla roztworu wodnego z granulatu do odladzania o stężeniu 15%, oznacza się w temperaturze 20°C.

Wyniki przykładowych badań gęstości płynów oraz 15%-wych roztworów wodnych granulatów przedstawiono na rysunkach 5 i 6 (badania przeprowadzono w 2015 podczas przyjmowania dostaw środków odladzających na lotniska wojskowe). Pomiar gęstości przeprowadzono na produktach pochodzących od jednego producenta, ale z różnych partii. Na wykresach przedstawiono dopuszczalny zakres wartości gęstości oraz uzyskane wyniki. Podczas przeprowadzonych badań potwierdzono zgodność wartości dekla-

rowanych przez producenta z uzyskanymi podczas badań kontrolnych.

Wyższą gęstość ma środek odladzający w postaci płynu, wynika to zapewne z faktu, że płynny środek odladzający jest to roztwór wodny w stężeniu ok 50%, natomiast z granulatu jest sporządzany roztwór wodny o stężeniu 15%.



Rys. 5. Gęstość płynnego środka odladzającego

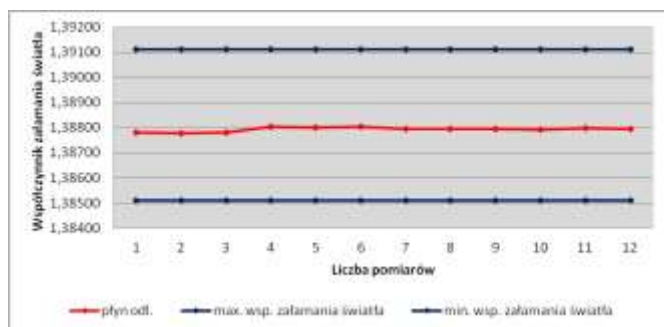


Rys. 6. Gęstość 15%-go roztworu wodnego sporządzonego z granulatu odladzającego

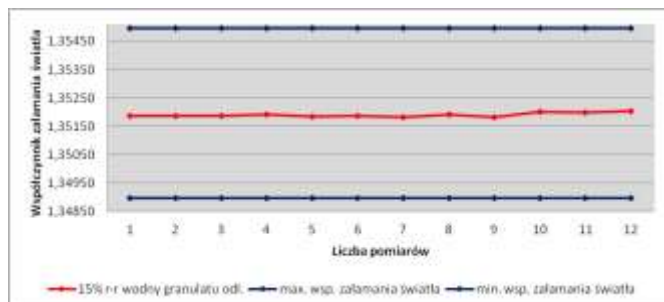
Pomiar współczynnika załamania światła

Współczynnik załamania światła oznaczany jest dla płynnych środków odladzających oraz dla roztworu wodnego o stężeniu 15% przygotowanego ze stałego środka do odladzania. Oznaczenie wykonywane jest na podstawie metodyki opisanej w normie w prNO-17-A205, [3]. Pomiar współczynnika światła należy wykonać w temperaturze 20°C.

Wyniki przykładowych pomiarów współczynnika załamania światła płynów oraz 15%-wych roztworów wodnych granulatów przedstawiono na rysunkach 7 i 8 (badania przeprowadzono w roku 2015). Badanie przeprowadzono na produktach pochodzących od jednego producenta, ale z różnych partii. Na wykresach przedstawiono dopuszczalny zakres wartości współczynnika załamania światła oraz uzyskane wyniki. Podczas przeprowadzonych badań kontrolnych potwierdzono, tak jak w przypadku wartości gęstości, zgodność wartości deklarowanych przez producenta z uzyskanymi podczas badań kontrolnych.



Rys. 7. Współczynnik załamania światła płynnego środka odladzającego



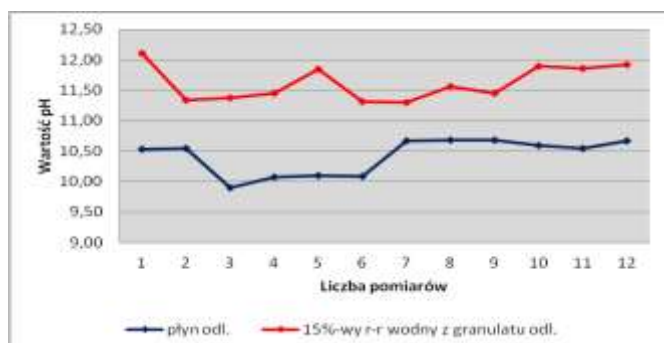
Rys. 8. Współczynnik załamania światła 15%-go roztworu wodnego sporządzonego z granulatu odladzającego

Na wartość współczynnika załamania światła ma wpływ gęstość roztworu, w związku z tym płynny środek do odladzania (średnia gęstość równa 1,3414 g/cm³) ma wyższy współczynnik załamania światła niż wodny roztwór o stężeniu 15%, sporządzony ze stałego środka odladzającego (średnia gęstość równa 1,0914 g/cm³).

Oznaczenie pH

Wartość pH obu rodzajów środka odladzającego, oznacza się zgodnie z prNO-17-A205 [3]., w temperaturze 20°C. Wartość pH można określić orientacyjnie przy pomocy papierków wskaźnikowych.

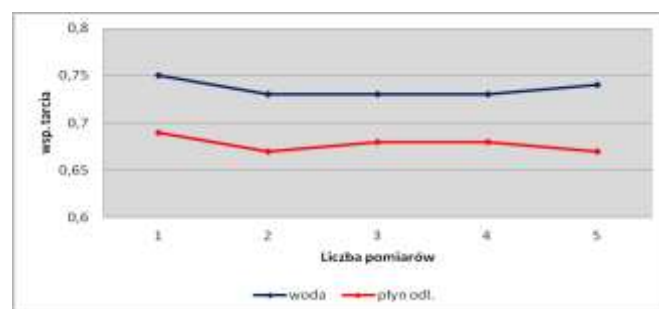
Wartość pH jest zależna od temperatury. Pobrane próbki, pochodzące od tego samego producenta, ale z różnych partii, były badane w różnych temperaturach, dlatego wartości pH poszczególnych próbek nieznacznie różnią się od siebie (rysunek 9). Aby zapobiec różnicom w pomiarach pH, jeśli jest to możliwe, należy przeprowadzać badania w tej samej temperaturze, aby badane roztwory miały taką samą temperaturę. Takie działania pozwolą na dokładną weryfikację wartości pH.



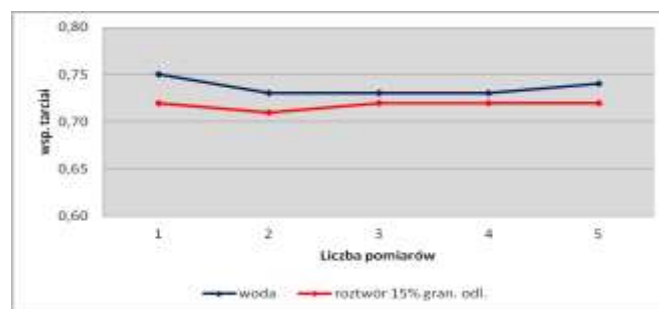
Rys. 9. Wartości pH dla badanego płynu oraz granulatu do odladzania

5.1. Pomiar współczynnika tarcia

Badania dotyczyły wpływu środków odladzających na wartość współczynnika tarcia nawierzchni lotniskowej. Pomiarzy dotyczące szorstkości nawierzchni lotniskowych po zastosowaniu środków odladzających, przeprowadzane zgodnie z metodyką opisana w normie NO-17-A501:2015, w celu określenia przydatności tych środków do stosowania na nawierzchniach lotniskowych wykazują, że środki te mogą powodować obniżenie szorstkości nawierzchni z betonu cementowego oraz nawierzchni z betonu asfaltowego. W przypadku nawierzchni z betonu cementowego obniżenie wartości współczynnika tarcia w stosunku do nawierzchni z filmem wodnym wynosi ok. 7÷10% w przypadku płynnego środka (rysunek 10) oraz ok. 2÷6% w przypadku granulatu, z którego sporządzono roztwór wodny o stężeniu 15% (rysunek 11).

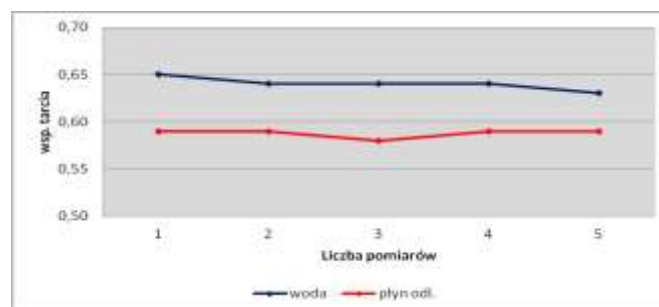


Rys. 10. Nawierzchnia z betonu cementowego - pomiar z filmem wodnym oraz po naniesieniu płynnego środka odladzającego

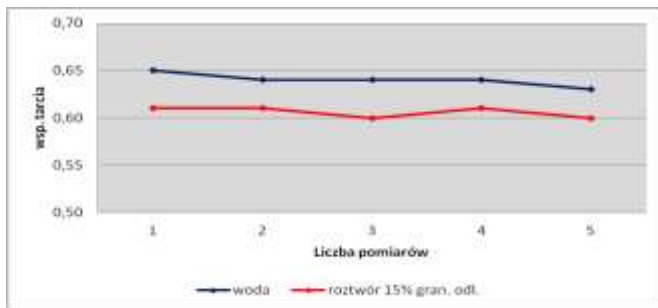


Rys. 11. Nawierzchnia z betonu cementowego - pomiar z filmem wodnym oraz po naniesieniu 15%-go roztworu wodnego sporządzonego ze stałego środka odladzającego

Na nawierzchniach z betonu asfaltowego współczynnik tarcia w stosunku do nawierzchni z filmem wodnym obniża się średnio o ok. 6÷10% w przypadku stosowania płynnego środka, a ok. 3÷8% w przypadku granulatu, czyli roztworu wodnego o stężeniu 15% (rysunek 12-13).



Rys. 12. Nawierzchnia z betonu asfaltowego - pomiar z filmem wodnym oraz po naniesieniu płynnego środka odladzającego



Rys. 13. Nawierzchnia z betonu asfaltowego - pomiar z filmem wodnym oraz po naniesieniu 15%-go roztworu wodnego sporządzonego ze stałego środka odladzającego

Z przeprowadzonych badań (wyniki przedstawione na rysunkach 9-13) wynika jednoznacznie, że środki odladzające obniżają wartość współczynnika tarcia. Uznaje się, że uzyskana różnica między wartością współczynnika tarcia na nawierzchni z filmem wodnym a na nawierzchni ze środkiem odladzającym nie powoduje zagrożenia odnośnie do bezpieczeństwa wykonywania operacji lotniczych. Można także zauważyć, że większy wpływ na pogorszenie wartości współczynnika tarcia mają środki odladzające w stanie płynnym, co może wynikać z tego, że jest to roztwór wodny o stężeniu ok 50%, a roztwór wodny przygotowywany ze środka stałego ma stężenie 15%.

PODSUMOWANIE

Nawierzchnie lotniskowe muszą być w ciągłej gotowości eksploatacyjnej również i w warunkach zimowych, przy czym musi być zapewnione bezpieczeństwo startów i lądowań statków powietrznych. Odladzanie nawierzchni lotniskowych jest niezbędne w warunkach klimatycznych Polski przez okres kilku miesięcy w roku. Stosowanie chemicznych środków odladzających, co wynika z konieczności rozmrażania niektórych elementów funkcjonalnych lotniska np. dróg startowych, może być przyczyną zachodzących procesów destrukcyjnych. Środki chemiczne do zimowego utrzymania nawierzchni są ze swej natury korozyjne nie tylko dla nawierzchni, lecz także dla eksploatowanego sprzętu latającego oraz naziemnego. Odporność betonów na działanie środków odladzających jest jednym z parametrów decydującym o trwałości betonu podczas eksploatacji betonów nawierzchniowych. Środki te charakteryzują się większą skutecznością odladzania oraz mniejszym negatywnym oddziaływaniem na środowisko w porównaniu ze środkami dotychczas stosowanymi, np. mocznikiem.

W zasadzie każdy środek odladzający ma w różnym stopniu ujemny wpływ na trwałość nawierzchni lotniskowych i co za tym idzie wpływ na bezpieczeństwo wykonywania operacji lotniczych. Istnieje zatem potrzeba bieżącego rozpoznawania wpływu tych środków na nawierzchnie lotniskowe, co pozwoli na odpowiednie zabezpieczanie nawierzchni oraz wybór odpowiednich środków zarówno odladzających, jak i przedłużających trwałość nawierzchni. Problem ten jest szczególnie istotny dla nowych nawierzchni lotniskowych, tj. do trzech lat od ich wybudowania. Dotychczas stosowanie chemicznych środków odladzających w okresie 3 lat na tzw. „młode betony nawierzchniowe” jest niepożądane.

BIBLIOGRAFIA

1. Załącznik 14 ICAO do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym. Lotniska, tom I - Projektowanie i eksploatacja lotnisk, wydanie 6, lipiec 2013
2. www.integra.gd.pl

3. prNO-17-A205 *Zimowe utrzymanie nawierzchni lotniskowych. Stosowanie środków odladzających. Wymagania i badania.*
4. Airport winter safety and operations. Advisory Circular No 150/5200-30C, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, September 2012
5. SAE AMS 1431 Compound, Solid Runway and Taxiway Deicing/Anti-icing
6. SAE AMS 1435 Fluid, Generic Deicing/Anti-icing, Runways and Taxiways
7. Kowalska D., Wesolowski M., Jamróz G. *Opracowanie metody i programu badań wpływu środków odladzających na nawierzchnie lotniskowe z betonu cementowego*, Sprawozdanie nr 14/24/11, ITWL, Warszawa 2011.
8. NO-17-A204:2015 *Nawierzchnie lotniskowe. Nawierzchnie z betonu cementowego. Wymagania i metody badań.*
9. prNO-17-A200 *Nawierzchnie lotniskowe z betonu asfaltowego - Wymagania i badania*
10. NO-17-A501:2015 *Nawierzchnie lotniskowe. Badanie szorstkości*
11. PN-EN 1235:1999 *Nawozy stałe. Badanie uziarnienia metoda sitową*

Winter maintenance of airfield pavements to maintain safety aircraft operations

Winter maintenance of airfield pavements intended to ensure the safety of aircraft takeoffs and landings in the autumn-winter season, when raining, snowing and frost are not rare occurrences, that may cause hazardous conditions at airports. Annually, before new winter season, the instructions and procedures for winter operations which contain guidance on developing plans, methods, and procedures for snow and ice control equipment, materials, and removal are written. Deicing/anti-icing chemicals agents are routinely used in winter maintenance operations on concrete pavements in the freezing zones of the world.

The paper presents requirements and performance of chemicals, whose task is to prevent and eliminate the consequences of icing/or snowing of airfield pavements. The experimental data of significant parameters of deicing/anti-icing chemicals performed in the process of supplying airfields belonging to Polish Armed Forces have also been demonstrated.

Autorzy:

mgr inż. **Danuta Kowalska** – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych w Warszawie, Zakład Lotniskowy, danuta.kowalska@itwl.pl
mgr inż. **Agata Misztal** – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych w Warszawie, Zakład Lotniskowy, agata.misztal@itwl.pl