

Oblodzenie statków powietrznych podczas lotu

W okresie lata i zimy obsługę i eksploatację statków powietrznych oraz ich specjalnego wyposażenia znacznie komplikują zmienne warunki atmosferyczne. Aby więc zapewnić normalne warunki pracy, w okresie jesienno-zimowym należy odpowiednio przygotować całe wyposażenie statków powietrznych, tj. płatowiec i silnik.

Doskonalenie konstrukcji statków powietrznych i ich wyposażenia, stosowanie najnowszych systemów i urządzeń, dbałość personelu technicznego i latającego o umiejętną eksploatację sprzętu lotniczego – to czynniki, które w dużym stopniu sprzyjają uniezależnieniu eksploatacji statków powietrznych od warunków klimatycznych, jednak nie znoszą tej zależności całkowicie. Zjawisko oblodzenia statków powietrznych trudno ująć analitycznie, ponieważ charakteryzuje je wiele parametrów.

Na samolot lub śmigłowiec w czasie lotu w jesienno-zimowych warunkach atmosferycznych niekorzystnie wpływają przede wszystkim niska temperatura otoczenia, opady deszczu, mżawka, zamiecie śnieżne. Podczas lotu w temperaturze powietrza 0°C (273 K) może pojawić się oblodzenie, zwłaszcza w chmurach zawierających przechłodzone krople deszczu, ale może ono się pojawić także podczas opadów mokrego śniegu i we mgle. Najintensywniejsze oblodzenie występuje w temperaturze powietrza od 0°C do -10°C (od 273 do 263 K). Intensywność oblodzenia wyraża się w milimetrach grubości lodu narastającego w jednostce czasu, np. w minutach, lub w milimetrach odniesionych do odległości pokonanej przez statek powietrzny w kilometrach.

Wyróżniono następujące rodzaje intensywności oblodzenia:

- słabą – gdy prędkość narastania oblodzenia jest większa niż $0,1 - 0,3\text{ mm/min}$ i zwykle samoistnie zanika,
- średnią – gdy prędkość narastania oblodzenia wynosi $0,5 - 1,0\text{ mm/min}$ i daje się zauważyć wpływ oblodzenia na właściwości aerodynamiczne powierzchni nośnych statku powietrznego. W takiej sytuacji zalecany jest tzw. manewr przeciwooblodzeniowy lub włączenie układów urządzeń przeciwooblodzeniowych,
- silną – gdy prędkość narastania oblodzenia jest większa niż 1 mm/min . Lot w takich warunkach bez włączonych, automatycznie lub ręcznie, urządzeń przeciwooblodzeniowych jest niedopuszczalny,
- katastrofalną – gdy prędkość narastania oblodzenia jest większa niż $1,5\text{ mm/min}$, jak to się dzieje w chmurach burzowych. Skuteczność walki z takim oblodzeniem jest niewielka. Tylko ominięcie strefy oblodzenia pozwoli ustrzec się przed wypadkiem.

Oblodzenie statku powietrznego może występować w postaci tzw. lodu szklistego (gładkiego i przezroczystego), lodu matowego (porowatego i ziarnistego), sadzi lub szronu. Szczególnie narażone na oblodzenie są: krawędzie natarcia skrzydeł, usterzenie poziome i pionowe samolotu, łopaty wirnika nośnego i śmigła ogonowego oraz wloty powietrza do silników turbinowych i tłokowych silników gaźnikowych.

Oblodzenie znacznie pogarsza własności lotne statku powietrznego, zwiększa jego masę, może doprowadzić – z powodu wystąpienia wibracji – do zniszczenia niektórych elementów, np. skrzydeł lub wirnika nośnego, zmniejsza moc i ciąg silnika. Tego rodzaju zjawisko rzadko występuje podczas lotu z prędkością $700 - 800\text{ km/h}$, ponieważ tem-

peratura powierzchni płatowca na skutek silnego tarcia powietrza jest wówczas zwykle wyższa niż 0°C (273 K).

Zapobieganie powstawaniu oblodzenia statku powietrznego polega na zastosowaniu odpowiednich urządzeń sygnalizacyjnych, ostrzegających o występowaniu oblodzenia w powietrzu, oraz urządzeń sterujących, które automatycznie włączają instalacje przeciwoblodzeniowe płatowca i silników, np. elektryczną, termiczną (ciepłe powietrze z silnika) lub chemiczną (alkoholową).

Oprócz automatycznych urządzeń sygnalizujących wystąpienie oblodzenia załoga może wykorzystywać także urządzenia, które pozwalają wzrokowo określić pojawienie się tego niebezpiecznego zjawiska. Są to: wskaźnik temperatury zewnętrznej, wskaźnik temperatury mieszanki w przewodzie mieszankowym, lub podgrzewanego powietrza przed gaźnikiem, mechaniczny wskaźnik oblodzenia, maszty antenowe i inne elementy płatowca, na których powstaje warstwa lodu szklistego lub matowego. Jeżeli nie zadziała automatyczny system zapobiegający powstawaniu oblodzenia, załoga powinna – oceniwszy wzrokowo odpowiednie parametry lotu i pracy zespołu napędowego samolotu lub śmigłowca – ręcznie uruchomić instalację przeciwoblodzeniową płatowca i zespołu napędowego oraz wyjść ze strefy oblodzenia. Zbyt późne włączenie instalacji przeciwoblodzeniowej silników może spowodować ich wyłączenie.

Obecnie w lotnictwie wojskowym i cywilnym są eksploatowane statki powietrzne z silnikami tłokowymi. Regulacja składu mieszanki paliwowej niskoprężnych silników tłokowych jest ściśle związana z działaniem podczas lotu urządzeń zapobiegających oblodzeniu gaźnika. Skutkiem tego są często zdarzające się oblodzenia ścianek dyfuzora i przepustnicy. W gaźnikach umieszczonych przed sprężarką (samolot *An-2*) skład mieszanki paliwowej jest regulowany nieodpowiednio – mieszanka nadmiernie wzbogaca się i wywołuje drgania zespołu napędowego, gwałtownie maleje moc, w związku z czym powstaje niebezpieczeństwo zupełnego wyłączenia się silnika podczas lotu.

Oblodzeniu gaźników ma zapobiegać podgrzewanie powietrza wchodzącego do gaźnika. Podgrzane powietrze nie pozwala na oblodzenie ścianek gardzieli gaźnika oraz przewodów mieszankowych, rur ssących i mechanizmu przepustnic, a jednocześnie sprzyja normalnemu odparowywaniu paliwa w temperaturze poniżej 0°C (273 K).

Podczas lotu w warunkach atmosferycznych jesieni i zimy należy szczególnie rozważnie posługiwać się urządzeniami przeciwoblodzeniowymi, tak aby nie pogorszyć warunków pracy silnika, np. nie należy podgrzewać powietrza wlatującego do gaźnika w czasie startu, a więc gdy silnik pracuje na zakresie maksymalnej prędkości obrotowej (z forsajem), ponieważ może to spowodować detonacyjne spalanie mieszanki w silniku.

Kiedy warunki meteorologiczne podczas startu statku powietrznego sprzyjają powstawaniu oblodzenia, to urządzenia podgrzewania powietrza wlatującego do gaźnika lub układ instalacji przeciwoblodzeniowej należy włączyć podczas kołowania na start, aby usunąć lód, a bezpośrednio przed startem wyłączyć. Po starcie, gdy pilot zmniejsza moc silnika, tzn. przestawia dźwignię sterowania silnikiem z zakresu prędkości obrotowej startowej na zakres prędkości obrotowej nominalnej, podgrzewanie można ponownie włączyć, jednak dopiero na odpowiedniej wysokości lotu, zalecanej w instrukcji użytkowania danego statku powietrznego.

W silnikach gaźnikowych urządzeń podgrzewania nie należy włączać także podczas opadów suchego śniegu lub gradu. W takich warunkach bowiem podgrzewanie może sprzyjać obladzaniu się gaźnika. Wpadający do przewodów ssących śnieg lub grad będzie się topił, wytworzona woda zaś będzie zamarzała na ściankach przewodu mieszankowego za gaźnikiem. Jeśli urządzenia podgrzewania nie zostaną włączone, suchy śnieg lub grad nie będzie przylegał do ścianek przewodów mieszankowych.

Podgrzewanie powietrza wchodzącego do gaźnika jest konieczne podczas lotu ślizgowego, zapobiega ono bowiem oblodzeniu zamkniętych przepustnic. Jednak bezpośrednio

przed lądowaniem statku powietrznego urządzenie podgrzewania powinno być wyłączone, by w razie potrzeby można było osiągnąć całkowitą moc silnika.

Należy pamiętać, że temperatura podgrzewanego powietrza w gaźniku nie powinna przekraczać $+15^{\circ}\text{C}$ (288 K). Optymalna temperatura mieszanki w czasie lotu w warunkach atmosferycznych sprzyjających powstawaniu oblodzenia powinna wynosić od $+3$ do $+5^{\circ}\text{C}$ (od 276 do 278 K), a temperatura podgrzewanego powietrza wchodzącego do gaźnika od $+5$ do $+10^{\circ}\text{C}$ (od 278 do 283 K). Nie należy mylić temperatury mieszanki, która jest mierzona w przewodzie mieszankowym za gaźnikiem na wlocie do sprężarki, z temperaturą podgrzanego powietrza, którą mierzy się na wlocie do gaźnika.

W okresie jesienno-zimowym oblodzenie jest groźne również dla statków powietrznych z turbinowymi silnikami śmigłowymi i turbinowymi silnikami śmigłowcowymi.

Oblodzenie wlotów kanałów doprowadzających powietrze do silników turbinowych powoduje, że przepływ strumienia powietrza w kanale przepływowym sprężarki zostaje zaburzony, to zaś prowadzi do powstania drgań łopatek sprężarki oraz ich uszkodzeń przez odrywające się kawałki lodu, porwane przez przepływający strumień powietrza. Sprężarka z powodu oblodzenia łopatek pracuje niestannie – jest to wynikiem zmiany sił masowych i aerodynamicznych, co w efekcie doprowadza do tzw. pompażu sprężarki silnika, to zaś może spowodować wyłączenie lub nawet uszkodzenie zespołu napędowego.

Oblodzenie silników turbośmigłowych i silników turbinowych śmigłowców jest szczególnie niebezpieczne, gdyż pojawia się ono nie tylko na wlotach powietrza do sprężarki silników, ale również na łopatach wirnika nośnego i śmigła ogonowego oraz na innych elementach.

Nierównomierne powstawanie warstwy lodowej na powierzchni łopat śmigła, a następnie przypadkowe odrywanie się lodu od łopat może powodować niewyważenie śmigła,

wzbudzić drgania całego zespołu napędowego, a nawet doprowadzić do uszkodzenia łożysk wału silnika.

Pojawiające się podczas lotu oblodzenie może stanowić poważne zagrożenie bezpieczeństwa lotu śmigłowcem. Oblodzeniu ulegają łopaty wirnika nośnego zarówno od strony krawędzi natarcia, jak i częściowo krawędzi spływu. Powoduje to spadek siły nośnej, wzrost oporów, drgania łopat, może dojść do asymetrycznego opadania śmigłowca. Wykonanie zawisu, gdy śmigłowiec ma oblodzone łopaty wirnika nośnego, jest praktycznie niemożliwe – statek spada na ziemię wskutek utraty siły nośnej wirnika. Na śmigłach ogonowych śmigłowca pojawia się oblodzenie podobnie jak na śmigłach samolotów.

Niskie temperatury oraz ich gwałtowne zmiany różnie wpływają na eksploatację statku powietrznego na ziemi i w powietrzu. Zbyt duża amplituda wahań temperatury wpływa niekorzystnie na instalację paliwową statku powietrznego. Woda, która w paliwie znajduje się w postaci domieszki lub w roztworze, w niskich temperaturach zamarza, co może spowodować zatkanie osadników, filtrów, przewodów paliwa i kalibrowanych otworów urządzeń dozujących.

Reasumując, prawidłową pracę zespołu napędowego podczas lotu statku powietrznego w warunkach zimowych może zapewnić staranne przygotowanie statku do okresu zimowego, a także prawidłowe eksploataowanie statku przez załogę.

Bibliografia

1. Banel T., Rutkowski K.: *Wyposażenie hydropneumatyczne samolotów*. Cz. II. WAT 1983.
2. Osokin J.: *Obsługa techniczna i eksploatacja samolotów z silnikami tłokowymi i odrzutowymi*. MON 1953.
3. *Śmigłowiec Mi-2. Instrukcja użytkowania w locie*. Wydanie III. PZL-Świdnik 1977.
4. *Śmigłowiec Mi-8. Metodyka szkolenia lotniczego. Zastosowanie bojowe*. DWL 1978.

The author discusses the problem of icing of aircraft – phenomenon which appears during flights in changing weather conditions in autumn and winter. He characterises different kinds of icing intensity, points to signalling equipment which warns of icing, equipment switching anti-icing installations on, as well as visual evaluation of icing.