

Krajowa Konferencja Bezpieczeństwa Lotów w zakresie lotnictwa ogólnego

Wpływ oblodzenia i warunków zimowych na eksploatację statków powietrznych

**Urząd Lotnictwa Cywilnego,
Departament Techniki Lotniczej**

Warszawa, 24 marca 2010 r.

Mariusz STAJEWSKI

SPIIS TREŚCI

- **Co to jest oblodzenie i jak powstaje**
- **Statki powietrzne dopuszczone do lotów w znanych warunkach oblodzenia i nie dopuszczone do takich operacji oraz systemy zwalczające lód**
- **Oblodzenie płatowców, a mechanika lotu**
- **Oblodzenie układów zasilania tłokowych silników lotniczych – przyczyny i rodzaje**
- **Jak rozpoznać i przeciwdziałać oblodzeniu układów zasilania tłokowych silników lotniczych**
- **Eksploatacja statków powietrznych w warunkach zimowych**

Co to jest oblodzenie i jak powstaje

Oblodzenie jest to tworzenie się powłoki lodowej na powierzchni statku powietrznego oraz w jego instalacjach na ziemi i podczas lotu [3]

Powłoka lodowa może powstawać w wyniku działania jednego z mechanizmów lub ich kombinacji:

- bezpośredniego osiadania kryształków lodu lub śniegu
- zamarzania przechłodzonych kropli wody na powierzchni statku powietrznego
(krople wody mogą istnieć w stanie przechłodzonym nawet do temperatury około $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- sublimacji pary wodnej na powierzchni statku powietrznego

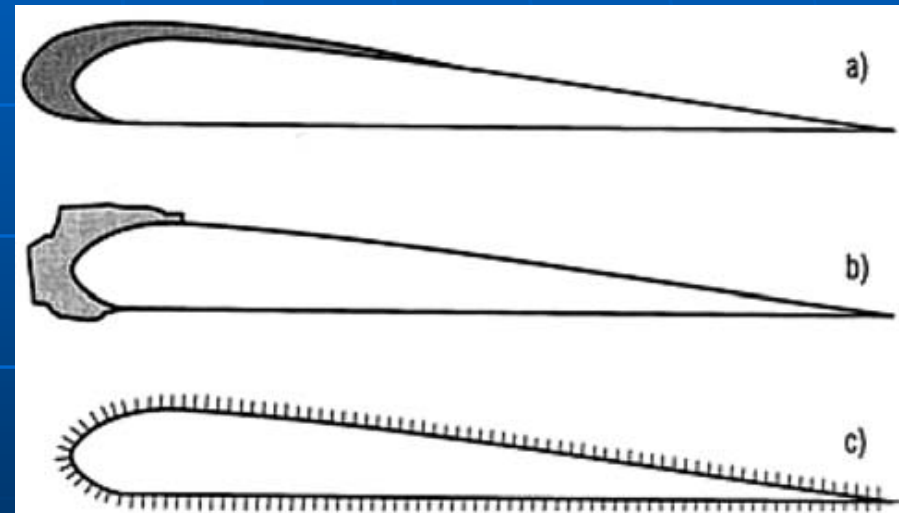
Rodzaje osadzającego się lodu [9]

- **lód matowy** – tworzy się w chmurach z przechłodzonymi kropelkami wody i kryształkami lodu poniżej -10°C . Ma budowę krystaliczną
- **lód szklisty** – pokrywa statek powietrzny równą warstwą szklanego lodu. Lód taki osadza się bardzo szybko, jest gęstszy, twardszy i trudny do usunięcia. Może powstać w wyniku lotu lub postoju na lotnisku podczas opadu przechłodzonego deszczu
- **szadź** – pokrywa płatowiec równomierną szorstką białą warstwą



Podział ze względu na kształt osadzającego się lodu [3]

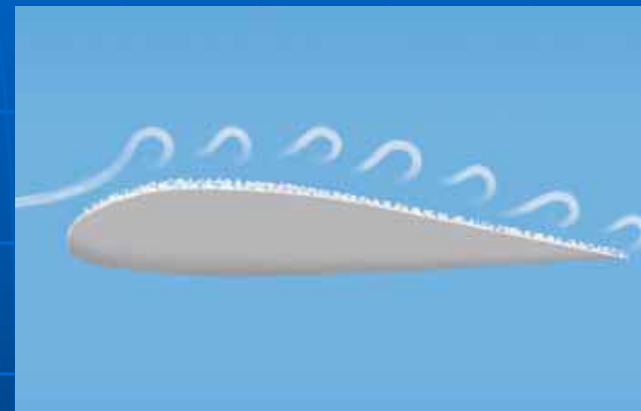
- a. **oblodzenie profilowe**
powstaje poniżej $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$
przy niezbyt dużej wodności
chmur
- b. **oblodzenie bryłowe**
tworzy się w temperaturach
 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, może
powstawać też z mokrego
śniegu. Słabiej przylega do
struktury, ale znacznie
wpływa na aerodynamikę
płatu
- c. **szron**
powstaje przy bardzo małej
wodności chmur ale również
w warunkach
bezchmurnych



Badania wykazały, że obecność szronu, śniegu lub lodu o grubości i fakturze odpowiadającej papierowi ściernemu średniej wartości ziarna na powierzchniach statku powietrznego może zredukować siłę nośną nawet o **30%**, a zwiększyć opór o **40%**. Większe ilości lodu mogą jeszcze bardziej zmniejszyć siłę nośną, a opór zwiększyć o **80%**. [2] [4]

Oblodzenie może spowodować:

- zmniejszenie siły nośnej i zwiększenie oporu statku powietrznego
- zmniejszenie mocy silnika, a nawet jego zatrzymanie
- zwiększenie masy statku powietrznego i zmianę położenia środka ciężkości
- zablokowanie czujników ciśnienia układu wskazywania prędkości
- wibracje i połamanie anten
- zablokowanie odpowietrzeń zbiorników paliwa
- zredukowanie widzialności przez szyby
- zablokowanie powierzchni sterowych



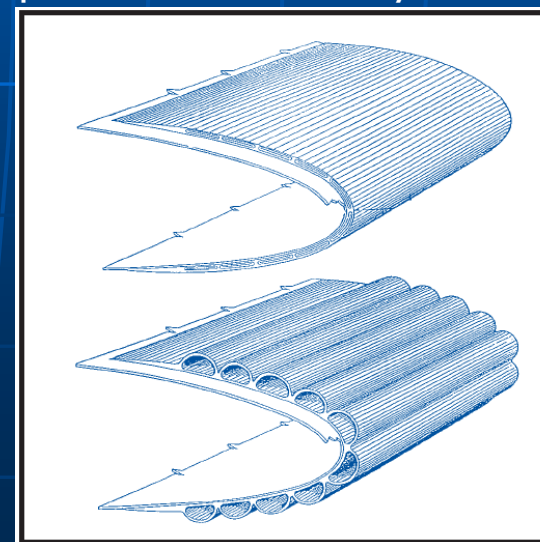
Statki powietrzne dopuszczone do lotów w znanych warunkach oblodzenia i nie dopuszczone do takich operacji oraz systemy zwalczające lód

- Dopuszczenie statków powietrznych do operacji w ZNANYCH WARUNKACH OBLODZENIA wymaga zastosowania na statku powietrznym kosztownych systemów oraz przeprowadzenia skomplikowanych i niebezpiecznych prób na ziemi i w locie.
- Z tego też powodu niewiele statków powietrznych lotnictwa ogólnego posiada takie zatwierdzenie. Obecnie stosuje się dość powszechnie w tego typu statkach powietrznych systemy pozwalające przeciwdziałać osadzaniu się lodu, ale w żadnym wypadku nie oznacza to, że są one dopuszczone do lotów w znanych warunkach oblodzenia. Systemy te pozwalają tylko na nieznaczne zwiększenie czasu, jaki pilot ma na to, aby uciekać z obszaru gdzie oblodzenie występuje.
- Samoloty z takimi systemami nigdy nie były badane w locie w warunkach oblodzenia w pełnym zakresie. Tak więc nie jest się w stanie odpowiedzieć ile lodu może taki samolot unieść, a wykonywanie lotu statkiem powietrznym nie dopuszczonym do operacji w znanych warunkach oblodzenia, ale z zabudowanym np. systemem TKS powoduje, że pilot staje się „pilotem doświadczalnym”, naraża życie swoje jak i załogi.

Systemy odladzające DEICING

usuwają lód z chronionej powierzchni statku powietrznego, są włączane już po wystąpieniu oblodzenia [11]

- W samolotach komunikacyjnych stosuje się podgrzewanie krawędzi natarcia skrzydeł i usterzeń oraz wlotów powietrza do silników przez przepuszczanie specjalnymi kanałami gorącego powietrza odbieranego ze sprężarek silników (bleed air). Rozwiązanie to ograniczone jest jednak tylko do silników turbinowych.
- W samolotach mniejszych stosuje się często system pneumatycznych gumowych kieszeni firmy Goodrich montowany na krawędziach natarcia skrzydeł i stateczników.
- Istnieje pogląd, że zastosowanie napełniania komór zbyt wcześnie powoduje ugięcie się elastycznego lodu i powstanie „mostu”(tunelu), w którym dalej pracują gumowe kieszenie, ale już nie mają możliwości kruszenia lodu. Uznaje się jednak, że we współczesnych rozwiązaniach zjawisko to nie zachodzi i można operować napełnianiem i odsysaniem kieszeni cały czas. [2]



Systemy przeciwooblodzeniowe ANTI-ICING

niedopuszczające do oblodzenia chronionych powierzchni. Muszą być włączone przed wlotem statku powietrznego w strefę oblodzenia [11]

Stosuje się wiele systemów i są one dość popularne w statkach powietrznych lotnictwa ogólnego. Niektóre z tych systemów można jednocześnie uznać za układy odlodzeniowe DEICING.

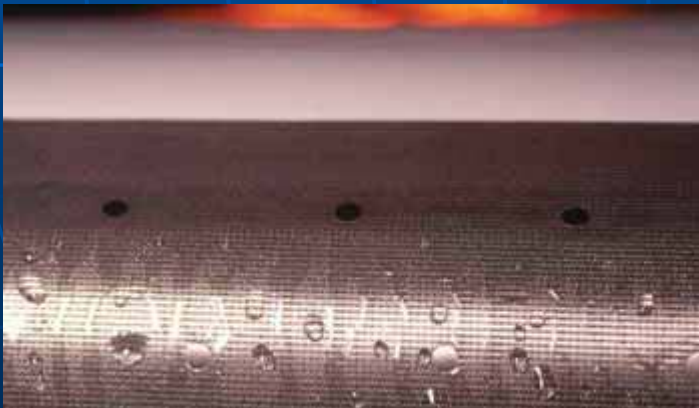
- **podgrzewanie gaźnika** (będzie omówione szczegółowo w dalszej części)
- **podgrzewanie łopat śmigła** lub natryskiwanie na nie niezamarzającej cieczy



- **podgrzewanie** rurki Pitota
- **podgrzewanie odpowietrzników** zbiorników paliwa
- **podgrzewanie** lub natrysk cieczy na szybę przednią



- **zraszanie powierzchni** płotowca płynem niezamarzającym – system TKS



Systemy przeciwooblodzeniowe ANTI-ICING

Nowe rozwiązania

- **drgania chronionych elementów** wywołane wzbudnikami elektromagnetycznymi – Raytheon Premier I business jet. System ten trudno będzie zamontować na istniejących statkach powietrznych
- **cienkie warstwy folii grafitowej** ogrzewane elektrycznie – Lancair. Stosunkowo łatwo będzie zastosować ten system na istniejących statkach powietrznych



Oblodzenie płatowców, a mechanika lotu

Współczesne skrzydła o cienkim profilu są bardziej podatne na osadzanie się lodu niż starsze konstrukcje z grubszym profilem. Generalna zasada brzmi - **im cieńszy profil i mniejsza cięciwa tym kształt jest bardziej podatny na osadzanie się lodu.**

Dlatego też końcówki skrzydeł oraz usterzenia szybciej się obladzają niż przykadłubowe części skrzydeł.

Lód powstaje **2 do 3 razy szybciej** na usterzeniach niż na skrzydłach! [2]

W warunkach oblodzenia może wystąpić:

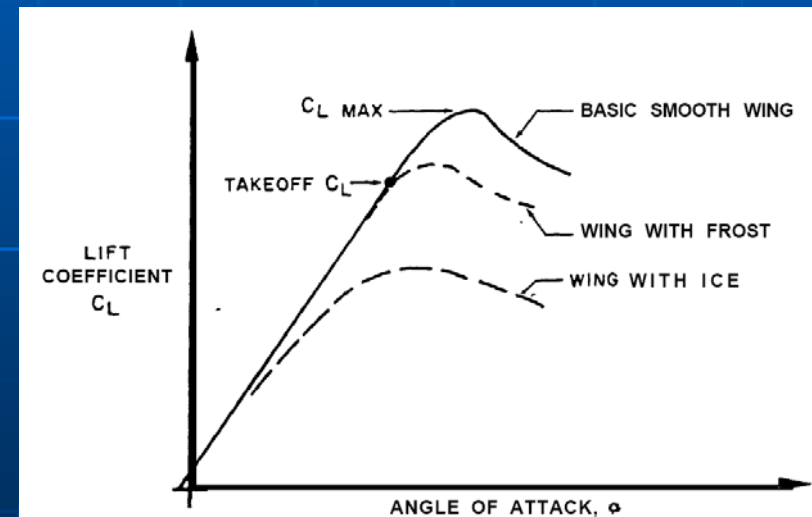
- znaczne zredukowanie prędkości lotu
- zredukowanie zdolności do wznoszenia się
- spadek mocy zespołu napędowego, aż do jego zatrzymania
- szybsze przeciągnięcie się statku powietrznego
- przeciągnięcie usterzenia poziomego
- utrata kontroli sterowania poprzecznego

Przeciągnięcie skrzydła

Wzrost ciężaru statku powietrznego oraz zaburzony opływ skrzydeł w wyniku osadzania się lodu, powodują, że przeciągnięcie statku powietrznego następuje na większych prędkościach i mniejszych kątach natarcia.

- Współczesne skrzydła są tak konstruowane, aby przeciągnięcie zaczynało się w partii centralnej (przykadłubowej) i rozwijało się na zewnątrz, tak, aby jak najpóźniej dotarło do lotek i przez to można było utrzymać kontrolę przechylania statku powietrznego. Pozwala to przeciwdziałać niekontrolowanemu wejściu statku powietrznego np. w korkociąg.

- Końcówki skrzydeł obladzają się szybciej niż centralna partia skrzydła w związku z czym może wystąpić przeciągnięcie skrzydła zaczynające się od jego zewnętrznych partii mających bezpośredni wpływ na działanie lotek. Takie przeciągnięcie jest szczególnie niebezpieczne, ponieważ związane jest również z utratą sterowności poprzecznej statku powietrznego. Nierównomierne osadzanie się lodu na zewnętrznych, częściach skrzydeł może tą sytuację jeszcze pogorszyć. Również gromadzenie się lodu poza obszarem chronionym przez system odladzania może powodować zaburzenia przepływu, a co za tym idzie zmniejszać skuteczność lotek [6]



Przeciągnięcie usterzenia

W wyniku szybszego osadzania się lodu na usterzeniu poziomym statku powietrznego może dojść do jego przeciągnięcia (cieńszy profil, mniejsza cięciwa) wcześniej niż wystąpi przeciągnięcie skrzydeł.

Symptomy ostrzegające o znacznym oblodzeniu usterzenia poziomego to:

- wzrost drgań wolantu (drążka sterowego) przy braku drań struktury płatowca
- znaczny wzrost sił na wolancie (drążku sterowym) podczas wychylania klap (podejście, lądowanie)

Usterzenie poziome w normalnym rozkładzie sił i momentów na płatowcu generuje siłę aerodynamiczną skierowaną **w dół** w celu m. in. skompensowania momentu pochylającego od siły aerodynamicznej na skrzydłach.



Lód osadza się najintensywniej na górnej powierzchni skrzydeł oraz na dolnej powierzchni usterzenia poziomego.

W trakcie osadzania się lodu na powierzchniach usterzenia poziomego zaburza się jego opływ i siła aerodynamiczna zmniejsza się.

Jeśli podczas podejścia do lądowania wychyli się klapy powoduje to mocniejsze odchylenie się strug powietrza ze skrzydeł ku dołowi; w efekcie kąt natarcia na usterzeniu poziomym zwiększa się!



Przecignięcie usterzenia jest bardzo niebezpieczne z tego względu, że występuje głębokie pochylenie statku powietrznego i jest szczególnie trudne do wyprowadzenia. Wyprowadzenie z przecignięcia usterzenia poziomego polega na przywróceniu opływu na jego dolnej powierzchni [2]

Procedura wyprowadzania z przeciągnięcia usterzenia:

- natychmiast zredukować wychylenie klap
- ciągnąć wolant na siebie z siłą czasami dochodzącą do 50 kG
- zmniejszyć moc zespołu napędowego (chyba, że IuWL inaczej stanowi)
- nie zwiększać prędkości lotu chyba, że trzeba przeciwdziałać przeciągnięciu skrzydeł



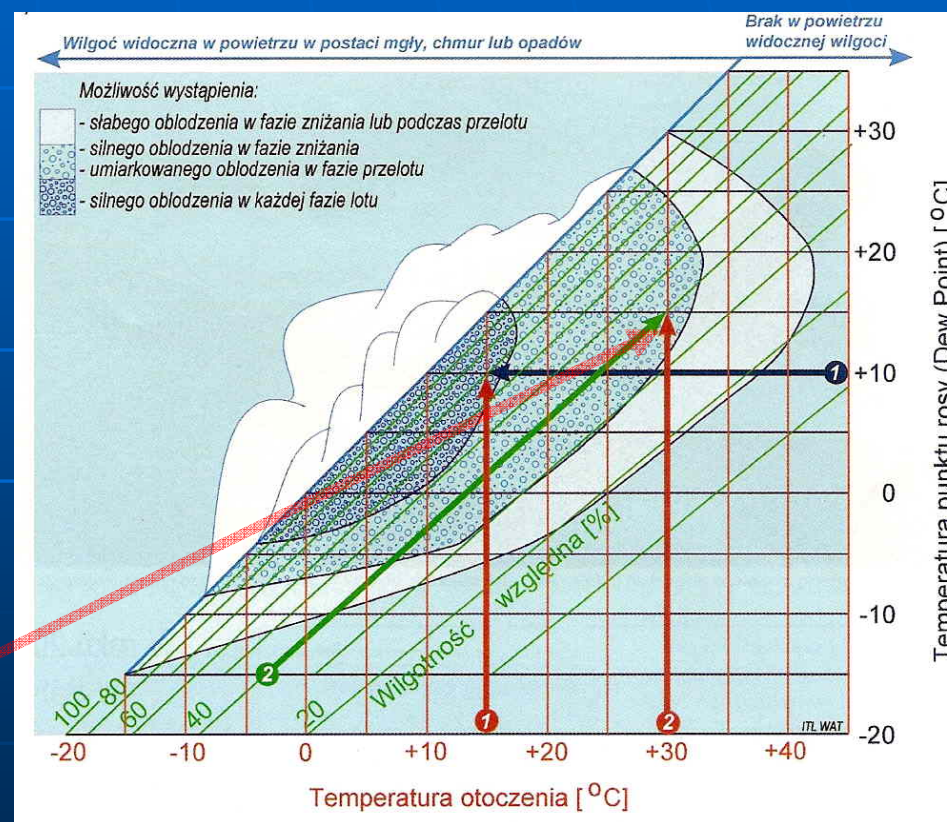
Oblodzenie układów zasilania tłokowych silników lotniczych – przyczyny i rodzaje

Tak jak oblodzenie płatowca tak i oblodzenie układów zasilania tłokowych silników lotniczych może być bardzo niebezpieczne. [10]

Warunki atmosferyczne:

Przyjmuje się, że oblodzenie gaźnika może wystąpić przy wilgotności powyżej około 60% i w zakresie temperatur od -7 do $+21$ °C [5]

O ile oczywistym wydaje się występowanie oblodzenia gaźnika w zimie jak i podczas lotu w chmurze to może ono wystąpić równie dobrze nawet w letni dzień z temperaturą $+30$ °C, gdy wilgotność przekracza 40%. Poniżej temperatury otaczającego powietrza około -5 °C prawdopodobieństwo wystąpienia oblodzenia jest raczej znikome.



Rodzaje oblodzenia układów zasilania:

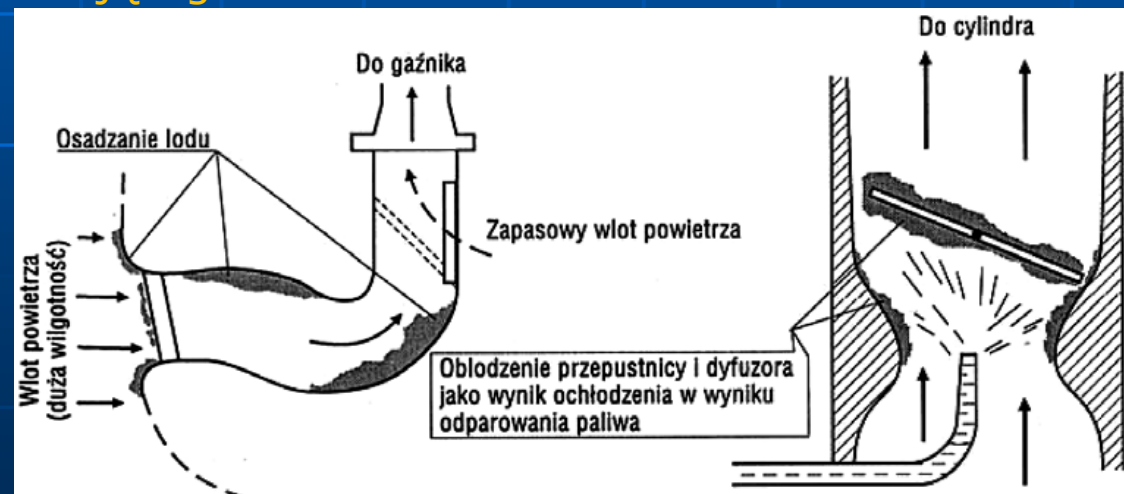
- **oblodzenie gaźnika** – powstawanie lodu w gardzieli gaźnika, na przepustnicy i w zakolach kolektora dolotowego
- **zablokowanie układu zasilania powietrzem przez lód/śnieg z zewnątrz** – szczególnie istotne dla silników turbodoładowanych z wtryskiem. Przeciwdziała się przez dostarczenie silnikowi powietrza np. spod maski silnika (alternate air)
- **oblodzenie paliwa** – wydzielanie się kryształków lodu z wody rozpuszczonej w paliwie

Oblodzenie gaźnika

Na prawdopodobieństwo wystąpienia oblodzenia ma wpływ:

- temperatura powietrza otaczającego
- wilgotność względna
- konstrukcja gaźnika

Oblodzenie gaźnika jest jedną z częstszych przyczyn awarii zespołu napędowego w warunkach zimowych. [5]



Mechanizm powstawania

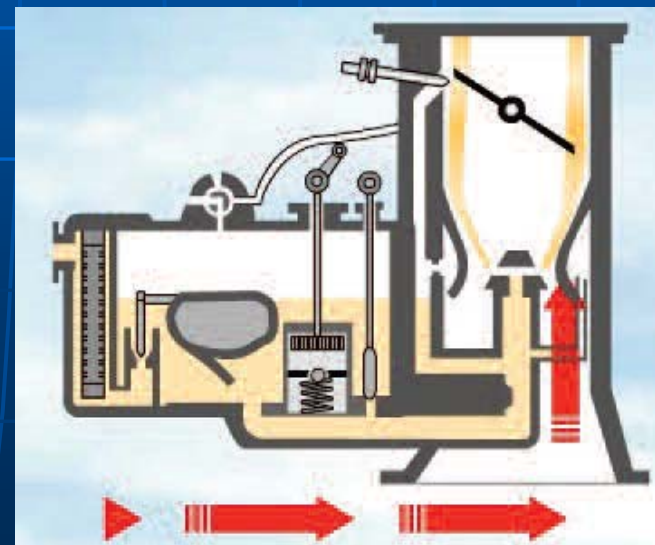
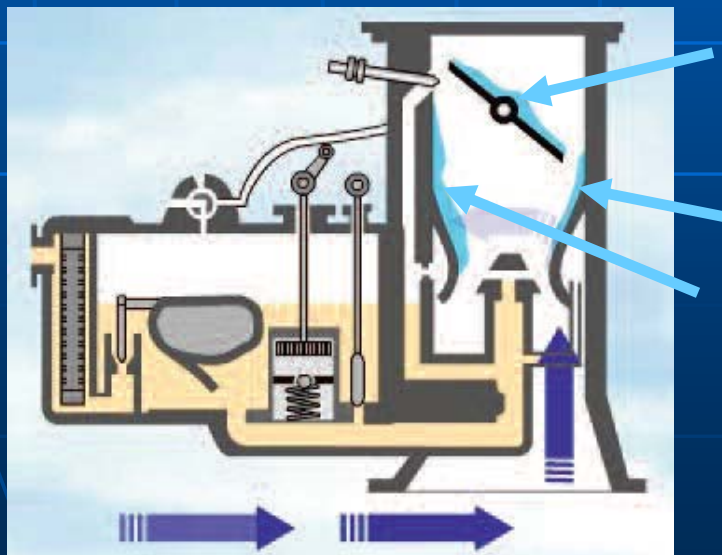
Powietrze przepływające przez dyszę Venturi znacznie przyspiesza, a co za tym idzie spada jego ciśnienie i w rezultacie się ochładza.

Wstrzyknięte paliwo paruje i pochłaniając energię z otaczającego powietrza jeszcze bardziej obniża jego temperaturę. Jeżeli temperatura tej mieszanki spadnie poniżej zera to występuje oblodzenie gaźnika.

W gaźniku Marvel-Schebler popularnie stosowanym w silnikach Lycoming i Continental zamontowanych w samolotach Cessna spadek temperatury w gardzieli gaźnika może wynieść nawet **33 °C**!

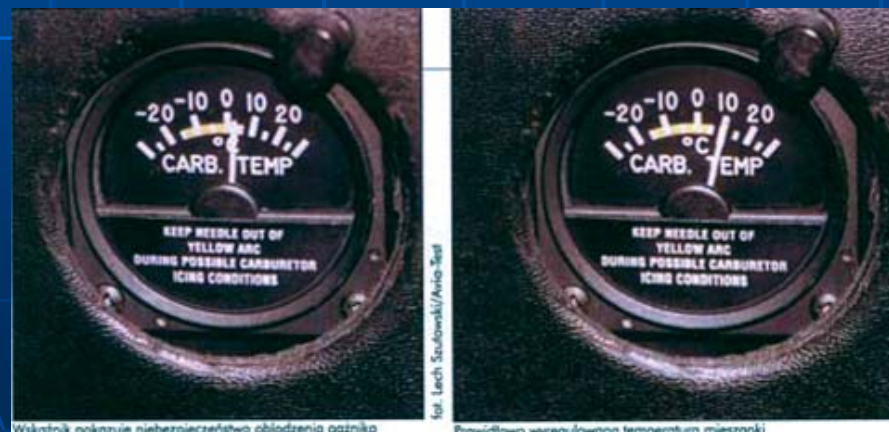
Tworzenie się lodu w gaźniku i jego rozpuszczanie po włączeniu podgrzewu:

[8] [9]



Jak rozpoznać, że występuje oblodzenie gaźnika?

- spadek mocy i nierównomierna praca silnika
- w układach ze śmigłem o stałym skoku obserwuje się nieznaczny spadek obrotów silnika (150 do 300 obr/min)
- w układach ze śmigłem o stałej prędkości obrotowej obserwuje się spadek ciśnienia ładowania
- podczas lotu w warunkach ustalonych temperatura gazów wylotowych zaczyna spadać zanim inne sygnały wskazywać będą na oblodzenie gaźnika [7]
- w niektórych samolotach (np. Cessna) zamontowany jest termometr wskazujący temperaturę powietrza w gaźniku, więc widać kiedy wzrasta możliwość wystąpienia oblodzenia. Jeśli takiego urządzenia nie ma należy zawsze stosować pełne otwarcie podgrzewu lub pełne zamknięcie.



Wskaźnik pokazuje niebezpieczeństwo oblodzenia gaźnika
Krajowa Konferencja Bezpieczeństwa
Lotów w zakresie lotnictwa ogólnego

Systemy zapobiegające osadzaniu się lodu:

- **podgrzewanie gardzieli gaźnika** np. ciepłym olejem z silnika lub spalinami
- **podgrzewanie powietrza** wchodzącego do gardzieli gaźnika np. kierując je przez płaszczyznę na kolektorze wydechowym.

Jak przeciwdziałać i zwalczać oblodzenie gaźnika:

- Należy monitorować wskazania obrotów silnika (śmigła o stałym kącie) lub ciśnienia ładowania (śmigła stałooobrotowe)
- Co 10 do 15 minut lotu w warunkach sprzyjających oblodzeniu należy włączać (zawsze pełne) ogrzewanie gaźnika. Próba działania ogrzewania gaźnika powinna trwać minimum 15 sekund (dotyczy to również kontroli przeprowadzanej na ziemi).
- Włączenie podgrzewu gaźnika czasami powoduje wzrost drgań silnika. Wynika to z tego, że woda ze stopionego lodu dostaje się do komór spalania. Jednak po kilkunastu sekundach praca silnika powinna stać się równomierna
- Należy pamiętać, że podgrzewanie gaźnika zwiększa zużycie paliwa. Przy długim locie z włączonym podgrzewem gaźnika należy zubożyć mieszankę paliwową, aby silnik dostawał mieszankę o optymalnym składzie
- Podczas długiego zniżania na zredukowanej mocy należy włączać podgrzew gaźnika (przed zredukowaniem mocy). Statek powietrzny zniżając się wchodzi z reguły w bardziej wilgotne masy powietrza, a to powoduje wykraplanie się większej ilości wody w gardzieli gaźnika, a co za tym idzie oblodzenie może być bardziej intensywne.
- Podczas podejścia do lądowania należy przed zmniejszeniem mocy włączyć całkowity podgrzew gaźnika. A i wtedy należy cyklicznie zwiększać obroty silnika w celu jego podgrzania. Przed przyziemieniem i potencjalną możliwością odejścia na drugi krąg należy wyłączyć podgrzew gaźnika, ponieważ zmniejsza on moc silnika o około 10 do 20%

Oblodzenie układów zasilania tłokowych silników lotniczych – przyczyny i rodzaje

Kilka spostrzeżeń [7]:

- **gaźniki pływakowe** są bardziej podatne na oblodzenie niż gaźniki membranowe i układy z wtryskiem pośrednim
- kryształki lodu zawarte w paliwie mogą zablokować przewody paliwowe szczególnie w ich zakrzywieniach
- **paliwo samochodowe** stosowane powszechnie np. w silnikach Rotax jest bardziej podatne na oblodzenie niż np. benzyna lotnicza. Jest to spowodowane większą, ale też zmienną lotnością paliwa oraz większą zawartością rozpuszczonej w nim wody
- silniki pracujące na **zredukowanej mocy** są bardziej podatne na oblodzenie niż pracujące na parametrach zwiększonej mocy – silnik jest chłodniejszy
- **częściowo przymknięta przepustnica** jest bardziej podatna na oblodzenie niż w pełni otwarta – wzrost prędkości przepływu i spadek ciśnienia, a więc i temperatury
- **porowata powierzchnia** kanału dyszy Venturi zwiększa podatność na osadzanie się lodu
- **silniki chłodzone powietrzem** oziębiają się szybciej niż silniki chłodzone cieczą podczas pracy na mocy zredukowanej, a co za tym idzie są bardziej podatne na oblodzenie
- istotny wpływ na podatność układu zasilania silnika na oblodzenie ma zastosowany **system zabudowy**, rodzaj masek silnika, itp.

Eksploatacja statków powietrznych w warunkach zimowych

Kilka zasad, które koncentrują się na aspekcie technicznego przygotowania i eksploatacji statku powietrznego w warunkach zimowych [1]:

- niektóre silniki tłokowe wymagają zainstalowania **specjalnych osłon** (deflektorów) regulujących przepływ chłodzącego powietrza przez przedział silnikowy i chłodnice. Pozwala to utrzymać zalecane temperatury oleju i silnika podczas latania w chłodnym powietrzu. Pamiętać należy o kontroli temperatury oleju i głowic silnika przy cieplejszej pogodzie!
- czasami należy zastosować **olej o innej lepkości**. Należy sprawdzić w Instrukcji Eksploatacji Silnika
- przed lotem/lotami należy sprawdzić czy działa poprawnie **ogrzewanie kabiny**
- jeśli zamontowano, należy sprawdzić czy jest aktywny **wykrywacz tlenku węgla**
- **układ rurki Pitot'a** musi być wolny od wilgoci. Odwadniacze muszą być suche, aby zamarzająca woda nie zablokowała układu
- należy sprawdzić stan i „kondycję” **akumulatora**
- jeśli statek powietrzny wyposażony jest w **układy odlodzeniowe i przeciwooblodzeniowe** należy sprawdzić ich stan i prawidłowość działania
- należy sprawdzić czy **układy odpowietrzania silnika** są czyste, pozbawione wycieków, które mogą zamarznąć co z kolei może spowodować wzrost ciśnienia w bloku silnika i w następstwie zniszczyć jego uszczelnienia
- czasami należy sprawdzić **napięcie linek sterujących**

Przed lotem:

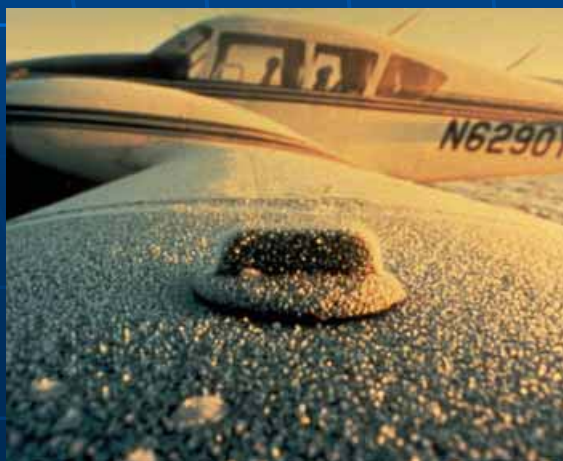
- statek powietrzny musi być całkowicie oczyszczony ze szronu, śniegu i lodu

Najlepszym sposobem usunięcia szronu, śniegu i lodu jest trzymanie statku powietrznego w ogrzewanym hangarze. Jeśli jednak statek powietrzny jest wystawiony na działanie warunków atmosferycznych należy przy pomocy zmiotki

i np. ręcznika usunąć śnieg, lód i szron. Lód można usunąć skrobaczką, ale w ten sposób można bardzo łatwo uszkodzić powierzchnię lakierowaną. Alternatywę stanowi zastosowanie spryskiwaczy, jakie można nabyć np. w sklepach ogrodniczych i przy ich pomocy spryskać powierzchnię statku powietrznego glikolem lub innym płynem niezamarzającym. W przypadku statków powietrznych kompozytowych należy się wcześniej upewnić czy płyny te nie wpływają negatywnie na strukturę płatowca.

Do odladzania można też użyć samochodowych odmrażaczy w jednorazowych pojemnikach, ale nie należy ich stosować na szyby i okna. Szyby można czyścić przez uruchomienie ogrzewania w samolocie (przy włączonym silniku) lub przecieranie ręcznikiem [4]

Z punktu widzenia aerodynamiki nie istnieje określenie „trochę lodu” na powierzchni statku powietrznego.



Krajowa Konferencja Bezpieczeństwa
Lotów w zakresie lotnictwa ogólnego



- obecność **zamarzniętej wody** w kołpaku śmigła lub wewnątrz powierzchni sterowych może spowodować powstanie znacznego niewyważenia tych elementów
- należy spuścić **próbki paliwa** ze wszystkich odstojników w układzie paliwowym statku powietrznego (czasami jest ich nawet 15!), aby pozbyć się zanieczyszczeń w paliwie
- należy sprawdzić czy działa **ogrzewanie rurki Pitota**
- należy sprawdzić czy w **owiewkach kół** nie znajduje się lód, błoto i inne zanieczyszczenia. Najczęściej na czas zimowej eksploatacji zdejmuje się owiewki kół
- w statkach powietrznych z chowanym podwoziem należy sprawdzić **czy luki podwozia są czyste**
- **filtr powietrza** w układzie zasilania silnika musi być czysty i suchy. Jeśli jest wilgotny to zamarzająca woda może uniemożliwić przepływ powietrza i w rezultacie spowodować zatrzymanie silnika
- jeśli statek powietrzny wyposażony jest w **układy antyoblodzeniowe i odlodzeniowe** należy sprawdzić ich stan i prawidłowość działania
- podczas próby silnika przed startem należy dokładnie sprawdzić czy **działa podgrzew gaźnika**. Jeśli pomiędzy próbą podgrzewu, a startem jest duży okres czasu to tuż przed startem należy jeszcze raz podgrzać gaźnik



Eksploatacja statków powietrznych w warunkach zimowych

W trakcie lotu:

- nawet jeśli oblodzenie nie występuje należy **co jakiś czas włączyć instalację pneumatyczną** i wykonać kilka cykli pompowania i odsysania powietrza z paneli gumowych lub włączyć instalację TKS w celu zwilżenia elementów podatnych na oblodzenia, a także oczyszczenia mikrootworków w elementach wysiękowych
- w warunkach oblodzenia należy **wyłączyć autopilota**, ponieważ jego automatyczne korygowania niewyważenia statku powietrznego powoduje „uśpienie” czujności załogi na zmianę charakterystyk aerodynamicznych statku powietrznego
- co jakiś czas należy włączyć **pełny podgrzew gaźnika**. Jeśli po jego wyłączeniu nie nastąpił wzrost obrotów silnika ponad te jakie były przed włączeniem podgrzewu to możemy być pewni, że nie ma oblodzenia gaźnika

Lądowanie:

- przed zniżaniem należy **włączyć pełny podgrzew gaźnika**
- jeśli podczas podejścia do lądowania jest się przekonany, że płatowiec jest oblodzony należy **zwiększyć prędkość podejścia nawet o 20%**. Pamiętać należy przy tym, że spowoduje to również wzrost długości lądowania i dobiegu. Nie należy wychylać klap

Po lądowaniu:

- przed kołowaniem **wyłączyć podgrzew gaźnika**
- należy **sprawdzić** czy we wnękach podwozia lub osłonach kół nie ma lodu, błota pośniegowego, itp.



DZIĘKUJĘ ZA
UWAGĘ

Literatura:

- [1] Safety Sense Leaflet, nr 3, *Winter Flying*; October 2009
- [2] *Aircraft Icing*, Safety Advisor, AOPA Air Safety Foundation, nr SA11
- [3] *Zjawisko oblodzenia w układzie zasilania silnika lotniczego lekkiego samolotu*, część 1, Jan Wienar, Zenon Bonca, Politechnika Gdańska, 6-7/2007
- [4] Safety Brief - *Cold Facts: Wing Contaminantion*, SB02, AOPA Air Safety Foundation, nr 2
- [5] *Zjawisko oblodzenia w układzie zasilania silnika lotniczego lekkiego samolotu*, część 2, Jan Wienar, Zenon Bonca, Politechnika Gdańska, 8/2007
- [6] NTSB Aircraft Accident Report, Air Florida, INC Boeing 737-222 (...) *NTSB-AAR-82-8*, 1982
- [7] Safety Sense Leaflet, nr 14, *Piston Engine Icing*; October 2009
- [8] Safety Brief – *Combating Carb Ice*, SB09, AOPA Air Safety Foundation, nr 9
- [9] *Meteorologia dla potrzeb lotnictwa sportowego*, Maciej Ostrowski, wyd. AP, 1999
- [10] *Lodowate zaskoczenie*, R. Chachurski, J. Szczęśniak, M. Zduńczyk, PLAR 5/2006
- [11] *Aircraft Deicing and Anti-icing Equipment*, Safety Advisor, AOPA Air Safety Foundation, nr SA22

oraz:

www.aopa.org/asf/publications/

www.caa.co.uk/safety_sense