



**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO**

im. generała broni K. Świerczewskiego

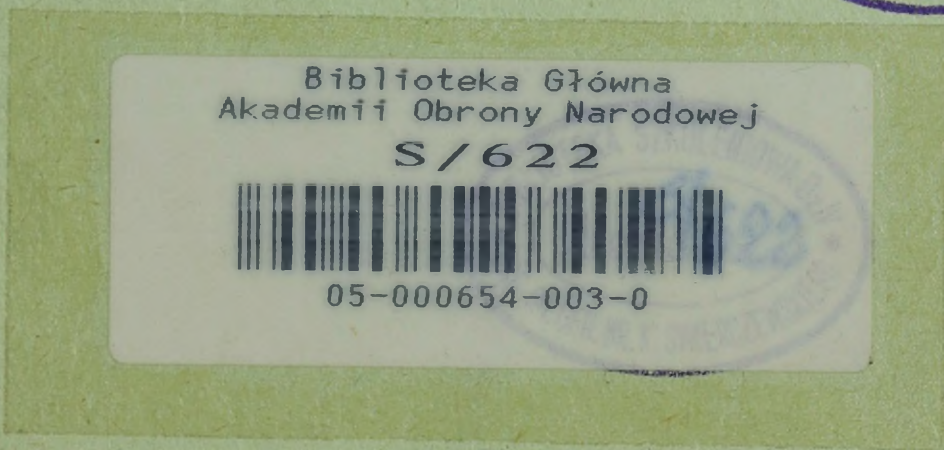
ODDZIAŁ Nr 2

1 3

ppłk mgr SŁAWIŃSKI

**WARUNKI LOTU W NIEBEZPIECZNYCH I TRUDNYCH  
WARUNKACH ATMOSFERYCZNYCH**

(Skrypt)



WARSZAWA

LIPIEC

1968

12806



**A K A D E M I A S Z T A B U G E N E R A L N E G O**  
im. generała broni K. Świerczewskiego

---

ODDZIAŁ Nr 2

3

ppłk mgr SŁAWIŃSKI

**WARUNKI LOTU W NIEBEZPIECZNYCH I TRUDNYCH  
WARUNKACH ATMOSFERYCZNYCH**

(Skrypt)



Biblioteka Główna  
Akademii Obrony Narodowej

S/622



05-000654-003-0

---

W A R S Z A W A

L I P I E C

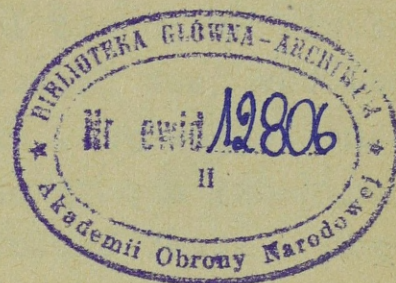
1 9 6 8

12806

A K A D E M I A   S Z T A B U   G E N E R A L N E G O  
im.gen.broni K.Swierczewskiego

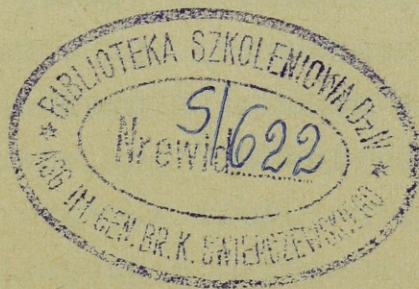
-----  
ODDZIAŁ nr 2

ZATWIERDZAM  
SZEF KATEDRY nr 33



ppłk mgr SŁAWINSKI

WARUNKI LOTU W NIEBEZPIECZNYCH I TRUDNYCH WARUNKACH  
ATMOSFERYCZNYCH  
/Skrypt/



-----  
WARSZAWA

lipiec

1968 r.

WARUNKI LOTU W NIEBEZPIECZNYCH I TRUDNYCH WARUNKACH ATMOSFE-  
RYCZNYCH

I. DZIAŁALNOŚĆ BURZOWA I JEJ WPŁYW NA LOT SAMOLOTU

1. W\_s\_t\_ę\_p

Współczesne lotnictwo może wykonywać loty w różnych sytuacjach atmosferycznych w ciągu całego roku, ale powodzenie wykonania lotu pojedynczego samolotu lub grupy samolotów jest jeszcze w dużym stopniu zależne od warunków atmosferycznych. Przy wykonywaniu lotów często zdarzają się przypadki napotykania przez załogi samolotów zjawisk burzowych / stref burzowych/, zwłaszcza w okresie letnim. Loty w strefach burzowych lub w obrębie tych stref są trudne i niebezpieczne.

Według danych fachowej literatury, na powierzchni kuli ziemskiej występuje jednocześnie około 1800 burz, a codziennie około 44 tys. burz. Rozmieszczenie burz na powierzchni kuli ziemskiej zależne jest od wielu czynników, a przede wszystkim od szerokości geograficznej i warunków lokalnych, które sprzyjają rozwojowi konwekcyjnych prądów powietrznych. Charakterystyczną cechą rozmieszczenia burz jest to, że liczba burz maleje w miarę oddalania się od równika w kierunku biegunów. To zmniejszanie się liczby burz na północ i południe od strefy równikowej jest nierównomierne, ponieważ zasadniczy wpływ na kształtowanie się burz wywierają lokalne warunki fizyczno-geograficzne. Ogólnie przyjmuje się, że powyżej 82° pn. szer. g. i 55° pd.sz.g. burze nie występują, a jeżeli występują to bardzo rzadko. W umiarkowanych szerokościach geograficznych liczba dni z burzą wynosi 10-15 w ciągu roku. Na obszarze Polski największą liczbę dni z burzą notuje się w części południowej do 20-25 dni w ciągu roku, a na pozostałym obszarze - 10-15 dni. Wymieniona liczba dni z burzą przypada na okres letni /czerwiec-sierpień/. W przebiegu dobowym największa ilość burz występuje między godziną 13 a 24, z maksimum między godziną 15-18.

Znacznie rzadziej obserwuje się burze w godzinach rannych /godz.5-7/. Na wybrzeżach Europy Zachodniej burze występują najczęściej w nocy. W skali rocznej na kontynencie europejskim burze obserwuje się prawie wyłącznie latem, podczas gdy nad oceanami spotyka się je częściej zimą. Zimowe burze obserwuje się też często w nadmorskich rejonach Anglii, Belgii, Holandii, Norwegii i innych krajów.

Z powyższych danych wynika, że na obszarze Polski i na kontynencie środkowoeuropejskim przeważająca liczba burz występuje w okresie letnim, ale nie znaczy to, że burze nie występują w chłodnej porze roku. Na kontynencie środkowoeuropejskim w tym i na obszarze Polski obserwuje się też burze zimowe, ale występują one znacznie rzadziej niż w lecie. Są też zimy w czasie których nie występuje ani jedna burza.

Występowanie burz w okresie zimowym związane jest z typową pogodą niżową /cyklonalną/ charakteryzującą się często silnymi zamieciaми śnieżnymi, silnymi wiatrami porywistymi, odwilżami i mgłami. W czasie takich sytuacji atmosferycznych często zdarza się tak, iż zjawiska związane z burzą przechodzą nie zauważone. Większość burz obserwowanych w chłodnej porze roku, jest krótkotrwała i słaba. Najczęściej jednak obserwuje się pojedyncze błyskawice. Z materiałów literatury fachowej wynika, że burze zimowe mogą być niekiedy dość intensywne, to jest z wyładowaniami atmosferycznymi /błyskawicami i piorunami/.

Należy zaznaczyć, że przechodzenie cyklonów zimą powoduje często znaczne zakłócanie w odbiorze radiowym. Zdarzały się takie przypadki, że elektryzacja atmosfery zimą była tak silna, iż podczas lotu były obserwowane wyładowania elektryczne przez anteny. Zdarzały się też przypadki uszkodzenia aparatury radiowej przez wyładowania atmosferyczne zimą. Podczas lotu często bywa zakłócana łączność radiowa pomimo tego, że nie widać było wyładowań atmosferycznych. Takie okoliczności świadczą o tym, że w chłodnej porze roku dość często obserwuje się zjawiska burzowe. Możliwości takie należy brać pod uwagę przy meteorologicznym ubezpieczeniu lotów w okresie zimowym.

Znajomość podstawowych właściwości burz występujących w różnych warunkach fizyczno-geograficznych i w różnych porach roku jest niezbędna do planowania i organizowania łączności radiowej, tras lotu i przy ubezpieczeniu meteorologicznym lotów.

## 2. Charakterystyka burz.

Działalność burzowa w przyziemnej warstwie atmosfery jest ściśle związana z kształtowaniem się chmur kłębiasto-deszczowych. Dlatego też chmury te często nazywamy chmurami burzowymi.

Chmury kłębiasto-deszczowe tworzą się w określonych warunkach atmosferycznych. Mogą one tworzyć się w jednorodnej masie powietrza /wewnętrznomasowe chmury kłębiasto-deszczowe/ lub na frontach atmosferycznych /frontowe chmury kłębiasto-deszczowe/. Ze względu na warunki, w jakich tworzą się chmury burzowe, burze dzielimy na dwa zasadnicze rodzaje: burze wewnętrznomasowe i frontowe.

### Burze wewnętrznomasowe

Burze wewnętrznomasowe obserwuje się w ciepłej porze roku. Rozwijają się one przeważnie w okresie popołudniowym, a pod wieczór z reguły zanikają.

Burze wewnętrznomasowe tworzą się w jednorodnej chłodnej masie powietrza, która przemieszcza się nad cieplejszym od niej podłożem. Rozwijające się w takich warunkach burze nazywamy burzami konwekcyjnymi. Rozwijają się one z reguły w chwiejnych i wilgotnych masach powietrza, które latem przemieszczają się nad obszarem Polski od zachodu i południowego zachodu, zwłaszcza w tylnej części cyklonów. Masa powietrza podczas swego przemieszczania się nad ciepłym podłożem /nad obszarem o wyższej temperaturze od danej masy powietrza/ stopniowo nagrzewa się od dołu, co w konsekwencji prowadzi do rozwoju pionowych prądów powietrza /konwekcji/, które są główną przyczyną kształtowania się chmur kłębiasto-deszczowych /burzowych/.

Innym rozprzestrzeniającym się rodzajem burz wewnętrznomasowych są tak zwane burze cieplne /insolacyjne/ albo burze lokalne /miejscowe/. Burze cieplne rozwijają się w wolno przemieszczającej się cieplej masie powietrza w wyniku silnego nagrzewania się od podłoża jej dolnej części wskutek bezpośredniego promieniowania słonecznego. Najbardziej charakterystyczną cechą burz cieplnych jest ich ścisła zależność od charakteru podłoża i dlatego też często nazywamy ich burzami lokalnymi. Intensywność takich burz zależy od stopnia nagrzania podłoża, które, jak wiadomo, nagrzewa się nierównomiernie. Na przykład lokalna burza nad obszarem pól nagrzanym jest intensywniejsza niż nad masywem leśnym, a nad jeziorami może nawet całkowicie zanikać.

Jeszcze innym rodzajem burz wewnętrznomasowych są burze orograficzne albo tak zwane burze górskie.

Rozwój tych burz związany jest z unoszeniem się chwiejnego powietrza wzdłuż stoków /zboczy/ gór. Rozwijają się one na nawietrznych zboczach gór, gdzie występuje mechaniczne podnoszenie się powietrza wzdłuż zbocza. Burze w górach odróżniają się od innych burz dużą intensywnością zjawisk, gdyż turbulencja wywołana przez burzę jest wzmocniona przez turbulencję mechaniczną, która powstaje przy przechodzeniu strumienia powietrznego przez grzbiet góry. Burze te związane są z określonymi warunkami geograficznymi, są one mało ruchome i często utrzymują się przez długi okres czasu.

Ogólną cechą burz wewnętrznomasowych jest to, że obejmują one małe obszary i posiadają małą prędkość przemieszczania się. Przemieszczają się one z prędkością około 10-20 km/godz. zgodnie z kierunkiem wiatru dmącego na wysokości /4-6 km/. Podstawa tych chmur wynosi około 1000 m, a górna granica dochodzi do 9-11 km. Burzom wewnętrznomasowym towarzyszą błyskawice, pioruny, deszcze ulewne, grad i inne zjawiska.

#### Burze frontowe

Burze frontowe rozwijają się na frontach atmosferycznych, a ich podział jest związany z rodzajami frontów, na przykład burze frontu chłodnego i ciepłego oraz burze frontów okluzji.

Okolo 69% burz frontowych związanych jest z chłodnymi frontami lub frontami okluzji i 31% z frontami ciepłymi.

Najintensywniejsze burze obserwuje się na frontach chłodnych. Burze te powstają wskutek gwałtownego nasuwania się ciepłego i wilgotnego powietrza chwiejnego na klin atakującego powietrza chłodnego. Przy czym powietrze chłodne, wypierając swym klinem powietrze ciepłe, napływa na cieplejsze podłoże i tym samym stopniowo przekształca się w powietrze chwiejne /w chwiejną masę powietrza/. W wyniku takiego procesu w przedniej części frontu chłodnego tworzą się w okresie letnim potężne chmury burzowe z ulewnymi deszczami i wyładowaniami atmosferycznymi, a niekiedy pada grad i występują szkwały.

Chmury burzowe powstające na froncie chłodnym rozpościerają się wzdłuż frontu na kilkaset kilometrów, a w szerz rozpościerają się do 100-150 km. Burze frontu chłodnego z reguły są najintensywniejsze w okresie popołudniowym i słabną po północy do rana, ale mogą też utrzymywać się w ciągu całej doby.

Burze związane z frontami okluzji są zwykle intensywne i nie ustępują pod względem intensywności burzom frontu chłodnego, ponieważ zajmują one duże przestrzenie i dają takie same zjawiska jak burze frontu chłodnego, to jest ulewy, grad i szkwały.

Burze frontu ciepłego rozwijają się w ciepłym powietrzu chwiejnym, które wślizguje się na klin ustępującego powietrza chłodnego. Burze frontu ciepłego nie występują w zwartej linii jak burze na froncie chłodnym lub na froncie okluzji, a są rozrzucone w oddzielnych ogniwach przed frontem. Ogniska burzowe w strefie frontu ciepłego występują w różnych częściach systemu chmurowego są znacznie oddalone od siebie, ale często mogą one tworzyć się niespodziewanie i na dużej przestrzeni wzdłuż linii frontu.

Ze względu na to, że na froncie ciepłym często występuje mocno rozbudowany system chmur warstwowo-deszczowych, rozwijające się na nim chmury burzowe są przeważnie zakrywane przez te inne chmury. Przy tym należy zaznaczyć, że burze frontu ciepłego nie mają wyraźnie zaznaczonego przebiegu dobowego i często obserwuje się je w nocy i rano.

Charakterystyczną cechą wszystkich burz frontowych, ogólnie biorąc jest to, że rozpościerają się one wzdłuż frontu na duże odległości i dlatego często nazywają się frontem burzowym. Intensywność burz frontowych jest zależna od stopnia wilgotności i chwiejności ciepłej masy powietrza, to znaczy im te czynniki są większe, tym intensywniejsze są burze. Na intensywność burz frontowych wywierają też poważny wpływ miejscowe warunki fizyczno-geograficzne. Na przykład działalność burzowa w górach podczas przemieszczania się frontu, zwłaszcza na zboczach wystawionych do wiatru, znacznie wzmacnia się. Na rozwój burz istotny wpływ wywierają też nawet stosunkowo nie duże wzniesienia terenu rzędu kilkuset metrów. Mianowicie na stronie nawietrznej wzniesienia zawsze obserwuje się więcej burz niż od strony odwietrznej.

Zupełnie inną sytuację obserwuje się nad dużymi jeziorami, w tej liczbie też i nad jeziorami w górach. Otóż dzienne prądy ustępujące nad jeziorami powodują rozpraszanie chmur przemieszczonych przez ogólny strumień powietrza /wiatr/ panujący nad danym obszarem. W związku z czym nad jeziorami często utrzymuje się pogoda bezchmurna lub o małych zachmurzeniach, pomimo iż na przyległym obszarze występuje pogoda burzowa.

Z materiału wieloletnich obserwacji wynika, że nie tylko duże jeziora, ale też duże rzeki wywierają wpływ na rozwój i przemieszczanie się burz. Na przykład przy podchodzeniu frontu chłodnego do rzeki często obserwuje się zanikanie działalności burzowej, która zwykle znowu rozwija się po przejściu frontu przez rzekę.

Rozwój burz frontowych zależy też od aktywności frontu, to jest im aktywniejszy jest front, tym większe występują kontrasty temperatury i w związku z tym intensywniejsze są zjawiska burzowe.

Najbardziej aktywne fronty chłodne i fronty okluzji przemieszczają się nad obszarem Europy Środkowej w tym też i Polski z zachodu i północnego zachodu, a ciepłe fronty - z południa i południowego zachodu. Burze frontowe przemieszczają się zwykle ze znaczną prędkością /30-50 km/godz i więcej/, ale burze związane z frontami wolno przemieszczającymi się poruszają się wolno.

Na dobrze rozwiniętych frontach atmosferycznych, na których występują burze z opadami podstawa chmur często obniża się do 50-100 m.

### 3. Warunki lotu w strefie burzowej i w chmurach burzowych

Tworzenie się burzy jest to złożony proces fizyczny związany z powstawaniem i rozwijaniem się chmur kłębiasto-deszczowych o silnych prądach konwekcyjnych i o dużej zawartości pary wodnej /o dużej wilgotności/. Dlatego chmury kłębiasto-deszczowe przedstawiają najbardziej skomplikowane i trudne warunki atmosferyczne dla lotu samolotów i stanowią najbardziej niebezpieczne zjawiska pogody dla lotnictwa. Tłumaczy się to tym, że w chmurach burzowych występuje silna turbulencja, wyładowania atmosferyczne, obloczenie i grad.

#### Turbulencja

Największym niebezpieczeństwem dla samolotów podczas lotu w strefach burzowych jest silna turbulencja powietrza. Rzucanie samolotów w powietrzu turbulencyjnym zależy nie tylko od maksymalnej intensywności porywów wiatru, ale od kolejności w jakiej on wieje oraz od częstotliwości porywów w określonym interwale czasu. Gwałtowne porywy wiatru mogą powodować przeciążenia samolotów, które zależą od wielkości porywów wiatru i od prędkości samolotu. Przy zwiększaniu prędkości wiatru zwiększa się przeciążenie samolotu. Wielkość porywów wiatru i strug powietrznych zmienia się w zależności od stadium rozwoju chmury burzowej. Prędkość strug powietrznych gwałtownie zmniejsza się w stadium zaniku /rozmywania się/, a największe wartości osiąga się w stadium /w okresie/ rozbudowywania się chmury kłębiastej wypiętrzonej w chmurę kłębiasto-deszczową. Dlatego ważne znaczenie ma możliwość określenia stadium rozwoju chmury burzowej, co nie zawsze udaje się ustalić.

W chmurze burzowej turbulencja zmienia się z wysokością w następujący sposób:

- do wysokości 2 km obserwuje się przeważnie słabą turbulencję, a tylko niekiedy umiarkowaną;

- na wysokości 2-3 km - umiarkowana niekiedy słaba;
- na wysokości 3-4 km - w większości przypadków umiarkowana;
- na wysokości 4-6 km - silna;
- na wysokości 6-7,5 km - silna, niekiedy umiarkowana;
- na wysokości 7,5 km i więcej - umiarkowana, niekiedy silna.

Powyższe dane są średnimi wartościami i dlatego nie mogą służyć jako absolutne kryterium dla każdej chmury burzowej. Praktyka wykazała, że w dobrze rozwiniętej chmurze burzowej na wszystkich wysokościach obserwuje się silną turbulencję, nawet w wierzchołkowej części. Taka turbulencja w ciągu krótkiego czasu może spowodować zmianę wysokości lotu samolotu do 1000 m i więcej.

Podczas lotu różnych typów samolotów w chmurach kłębiasto-deszczowych i w obrębie tych chmur występują bardzo silne i niebezpieczne rzucania samolotem i związane z nimi przeciążenia samolotu, które mogą dochodzić do groźnych rozmiarów. Loty w strefie chmur kłębiastych silnie wypiętrzonych i kłębiasto-deszczowych też są trudne i skomplikowane, ponieważ turbulencja występuje nie tylko wewnątrz chmur, ale w pobliżu tych chmur. Przy tym ogólna powierzchnia strefy turbulencyjnej może w przybliżeniu 2-3 razy przekraczać powierzchnię cięcia chmury na danej wysokości.

Intensywność turbulencji na zewnątrz chmury /w obrębie chmury/ jest mniejsza jak w chmurze i w miarę oddalania się od chmury stopniowo maleje. Prędkość pionowych porywów na granicy chmury jest 1,5-2 razy większa jak w obrębie chmury. Intensywność turbulencji jest związana z rozwojem chmur kłębiastych i kłębiasto-deszczowych. W okresie rozwoju chmur kłębiastych intensywność turbulencji też wzrosła, a szerokość strefy turbulencyjnej jest większa, niż przy chmurach zanikających. Najintensywniejszą turbulencję obserwuje się w rozbudowujących się chmurach kłębiasto-deszczowych i w chmurach stadium przejściowego, od silnie wypiętrzonych do kłębiasto-deszczowych/.

Na podstawie lotów doświadczalnych, przeprowadzonych w latach 1958-1961 w ZSRR, stwierdzono, że w strefach działalności burzowej rzucanie podczas lotu zaczyna być odczu-

walne w odległości 10-15 km od chmury, a niekiedy i więcej. Podczas tych lotów ani razu nie zauważono aby silne rzucanie występowało w odległości powyżej 4 km od chmury, a umiarkowane - na odległości powyżej 12 km.

Podobną sytuację w rozmieszczeniu turbulencji obserwuje się też nad chmurami. Jest ona najsilniejsza w pobliżu wierzchołków chmur, a stopień zmniejszania się jej intensywności ze wzrostem wysokości jest zależny od stadium rozwoju chmur.

Ogólna grubość strefy turbulencyjnej nad rozbudowującymi się chmurami kłębiasto-deszczowymi wynosi około 400 m. Przy wymienionych wyżej lotach doświadczalnych ani razu nie stwierdzono silnego rzucania podczas lotu na wysokości 200-300 m nad chmurami kłębiasto-deszczowymi, a umiarkowane rzucanie występowało bardzo rzadko.

Nad chmurami kłębiasto-deszczowymi z płaskim "kowadłem" grubość warstwy turbulencyjnej z reguły nie przekracza 100-200 m, a intensywność rzucania nie przekracza rzucania umiarkowanego.

### Obłoczenie:

Podczas lotu w chmurach kłębiasto-deszczowych obserwuje się obłoczenie, ponieważ w tego rodzaju chmurach występują strefy z przechłodzonymi kroplami wody i z mokrym śniegiem. Latem takie strefy obserwuje się przeważnie na wysokości 3-4 km do 6-7 km. Najintensywniejsze i najbardziej niebezpieczne obłodzenie samolotów występuje w warstwie z temperaturą od 0- do minus 20°C, deszczu ze śniegiem i mokrego śniegu. Stwierdzono również obłodzenie samolotów u dużych prędkościach przy temperaturach poniżej -20°C, a nawet do -50°C. Tłumaczy się to tym, że w chmurach kłębiasto-deszczowych z silnymi prądami wstępującymi na dużych wysokościach występują niekiedy przechłodzone krople wody. Należy zaznaczyć że w chmurach kłębiasto-deszczowych obserwuje się najintensywniejsze obłodzenie, ale niestety dane statystyczne z tej dziedziny są z reguły zaniżone dlatego, że chmury te, zwłaszcza wewnętrznomasowe, mają ograniczone rozmiary. A więc podczas lotu poziomego obłodzenie w chmurach kłębiasto-

deszczowych bywa intensywne, lecz krótkotrwałe ze względu na bardzo krótkie przebywanie samolotu w chmurze. Dlatego też przy stwierdzeniu /zauważeniu/ oblodzenia w chmurach kłębiasto-deszczowych, w odróżnieniu od innych rodzajów chmur, nie należy przebijać tych chmur, ponieważ chmury te rozbudowują się do dużych wysokości /7-8 km i wyżej/.

#### Wyładowania atmosferyczne /błyskawice/

Błyskawica jest to zjawisko świetlne towarzyszące gwałtownym wyładowaniom elektrycznym między chmurą a ziemią lub między chmurami o przeciwnych ładunkach elektrycznych. Mogą też występować wyładowania elektryczne między poszczególnymi częściami chmury burzowej. W początkowej fazie rozwoju chmury burzowej najczęściej występują wyładowania między chmurą a ziemią, a dopiero w późniejszym okresie między chmurami. Mogą też występować wyładowania elektryczne między chmurą burzową a powietrzem bezchmurnym. Najczęściej obserwuje się błyskawicę liniową. Jest ona następstwem kilku oddzielnych trwających ułamki sekund wyładowań, które przebiegają nieomal po drodze utorowanej pierwszym najpotężniejszym wyładowaniem. Długość błyskawicy może dochodzić do kilku kilometrów.

Błyskawica i grad świadczą o bardzo silnym rozwoju chmur burzowych, w których kształtują się sprzyjające warunki elektryzacji kropeł deszczu i płatków śniegu. Silne prądy ustępujące w chmurach kłębiasto-deszczowych unoszą do góry krople deszczu i rozdrabniają je. W czasie rozdrabniania dużych kropeł na małe, następuje podział ładunków elektrycznych. W chmurze burzowej odbywa się ciągły proces rozdrabniania kropeł, co prowadzi do podziału ładunków w chmurze. Kropla przed rozdrobnieniem jest elektrycznie obojętna, ale dodatnie i ujemne ładunki elektryczne każdej kropli są odpowiednio ułożone, mianowicie ładunki dodatnie układają się wewnątrz kropli, a ujemne na zewnątrz.

Drobne krople tworzą się w większości przypadków z zewnętrznej części /warstwy/ rozerwanej kropli i tym samym posiadają nadwyżkę ładunków ujemnych, a większa część

kropki otrzymuje dodatnie ładunki o jednakowej wielkości. Kropki pod wpływem siły ciężkości opadają, a w procesie opadania też występuje podział ładunków. W wyniku gromadzenia się różnoimiennych ładunków w chmurze tworzą się silne skupienia ładunków elektrycznych. W górnej części chmury gromadzą się przeważnie ładunki dodatnie, a w dolnej części ujemne.

Podczas występowania silnych prądów wstępujących może utworzyć się dodatkowe skupienie ładunków dodatnich w najniższej części chmury. Schemat rozmieszczenia ładunków elektrycznych w chmurze burzowej przedstawia rys.1.

Między tworzącymi się w chmurze burzowej skupiskami ładunków elektrycznych natężenie pola elektrycznego dochodzi do dużych wartości, to jest do kilkuset kilometrów na 1 m, co powoduje powstawanie silnych wyładowań elektrycznych w postaci błyskawic.

Obserwacje wykazały, że w początkowym stadium rozwoju burzy przeważają wyładowania atmosferyczne /błyskawice/ od chmury do ziemi, a dopiero w dalszym rozwoju chmury burzowej wyładowania atmosferyczne występują w głównej mierze między chmurami, a ich częstotliwość maleje. Bezpośrednie trafienie piorunu w samolot jest rzadkim zjawiskiem, ponieważ masa samolotu jest zbyt małą, żeby ściągnąć na siebie wyładowanie /pioruna/. Ale należy stwierdzić, że podczas lotów w strefie burzowej zdarzały się wypadki bezpośredniego uderzenia piorunu w samolot.

Notowane są też przypadki zderzenia się samolotu z piorunem kulistym.

Najwięcej przykładów trafienia piorunu w samolot obserwuje się podczas lotu w pobliżu izotermy  $0^{\circ}$ , ale stwierdzono też przypadki trafienia piorunu w samolot przy temperaturze w granicach od  $+2$  do  $-25^{\circ}$ . Prawdopodobieństwo trafienia piorunu w samolot wzrasta wraz ze wzrostem prędkości samolotu. Tłumaczy się to tym, że przy zwiększaniu prędkości lotu wzrasta stopień elektryzacji samolotu wskutek tarcia o jego powierzchnię kropel wody lub śnieżynek. Naelektryzowany samolot zmienia pole elektryczne w przestrzeni otaczającej go, co może przyczynić się do wzbudzenia rozładowania elektrycznego podczas lotu w chmurze <sup>burzowej</sup>. Ładunek elektryczny i natężenie pola elektrycznego na powierzchni samolotu rozprzeszczynają się nierównomiernie. Największe nagromadzenie się

ładunków /potencjału/ występuje na ostrych i wypukłych częściach samolotu /na krawędziach natarcia itp./.

Gdy potencjał elektryczny dojdzie do dużych wartości, z oddzielnych części samolotu zaczyna się spływ elektryczności w postaci iskier i świecących wieńców. Optycznie zjawiska te są widoczne nocą.

Wymienione wyżej wyładowania iskrzące nie są groźne dla samolotu, ani też dla załogi, ale zakłócają łączność radiową.

Bezpośrednie uderzenie piorunu w samolot o konstrukcji metalowej zwykle powoduje tylko przepalenie poszycia samolotu. Najczęściej ulega uszkodzeniu łączność radiowa, przepala się antena itp.

Uderzenia piorunu w samolot są niebezpieczne dla załogi z punktu widzenia fizjologicznego. Piorunowi towarzyszy oślepiająca błyskawica i w związku z tym pilot może być chwilowo oślepiony i tym samym może utracić panowanie nad samolotem. Prócz tego mogą wystąpić przypadki porażenia członków załogi. Przy tym należy zaznaczyć, że bezpośrednie uderzenie piorunu w samolot jest zjawiskiem rzadkim.

#### 4. Zalecenia

Burze zaliczamy do jednego z najniebezpieczniejszych zjawisk pogody dla lotu aparatów latających. Loty w strefie burzowej są bardzo skomplikowane i trudne ze względu na występowanie silnej turbulencji. Prócz tego lotowi w chmurach burzowych towarzyszy intensywne oblodzenie, istnieje możliwość bezpośredniego uderzenia piorunu w aparat latający oraz możliwość zetknięcia się z gradem, który może spowodować mechaniczne uszkodzenia powierzchni /poszycia/ aparatu latającego. Dlatego kategorycznie zabrania się wykonywać loty w silnie wypiętrzonych chmurach kłębiastych i w chmurach burzowych oraz w obrębie tych chmur.

Na podstawie doświadczeń z lotów wykonanych w strefach działalności burzowej zostały wyciągnięte następujące zasadnicze wnioski o warunkach lotu w nich.

1. Warunki lotu w pobliżu oddzielnych ognisk burzowych na froncie ciepłym, to jest w odległości nie mniejszej niż 10 km /wg wskazań radiolokatora/ i na wysokości od

7000 do 12000 m charakteryzują się słabym rzucaniem samolotu, niedużym natężeniem pola elektryczności atmosferycznej /od  $\pm 10$  do  $\pm 40$  V/cm/ i nie przedstawiają żadnych trudności przy ich wymijaniu.

2. Wykonanie lotu według orientacji wzrokowej między oddzielnymi ogniskami burzowymi na wysokości od 7000 do 12000 m przy przecinaniu frontu ciepłego, jest możliwe wtedy, jeżeli odległość między granicami ognisk burzowych, widocznych na ekranie radiolokatora pokładowego, wynosi nie mniej niż 25-30 km.
3. Warunki lotu w pobliżu stref burzowych frontu chłodnego w odległości nie mniejszej niż 10 km od ich skrajów charakteryzują się następująco:
  - na wysokości do 7000 m komplikują się z powodu rzucania i możliwości uderzenia piorunu w samolot /aparata latający/ lub porażenia załogi wyładowaniem elektrycznym wskutek dużego napięcia pola elektryczności atmosferycznej /od  $\pm 250$  do  $\pm 320$  Volt/cm/;
  - na wysokości od 7000 do 12000 m słabe rzucanie samolotem, natężenie pola elektryczności atmosferycznej jest nadal duże, to jest istnieje niebezpieczeństwo uderzenia piorunu w samolot.
4. Wykonanie lotu według orientacji wzrokowej poprzez chmury chłodnego frontu burzowego do wysokości 7000 m praktycznie jest niemożliwe wskutek gęstego rozmieszczenia obok siebie chmur burzowych /3-5 km/.
5. Wykonanie lotu według orientacji wzrokowej poprzez chmury chłodnego frontu burzowego na wysokości powyżej 7000 m jest możliwe tylko w takich przypadkach, gdy przewyższenie nad wierzchołkami chmur burzowych wynosi więcej niż 1000 m i odległości od skraju tych chmur, widocznych na ekranie radiolokatora, przekracza 10 km.
6. Przelot poprzez system frontowych chmur warstwowych na wysokości powyżej 7000 m jest możliwy tylko wtedy, gdy odległość między chmurami burzowymi, widoczna na ekranie radiolokatora, wynosi ponad 50 km.

7. Radiolokator pokładowy jest dostatecznie efektywnym środkiem wykrywania i rozpoznawania chmur burzowych. Chmury burzowe o małej i średniej intensywności są wykrywane przy pomocy radiolokatora pokładowego z odległości 60-120 km. W celu wykrycia oddzielnych burz należy okresowo zmieniać nachylenie anteny w przedziałach od +5 do -15°. Radiolokator umożliwia wyznaczanie trasy obejścia burz wewnętrznoburzowych oraz wybór przejścia między chmurami burzowymi frontu.
8. W razie przypadkowego wpadnięcia w chmurę burzową załoga powinna być zawnazu odpowiednio przygotowana do pokonywania bardzo skomplikowanych i niebezpiecznych zjawisk pogody.

Aby pokonać bezpiecznie strefę burzową załoga powinna:

- przed lotem dokładnie przestudiować sytuację synoptyczną, sprecyzować odcinek trasy, na którym oczekuje się burzy;
- podczas lotu, w celu uniknięcia niespodziewanego wejścia w chmurę burzową, prowadzić dokładną obserwację pogody, a zwłaszcza chmur; wiadomość o pojawieniu się burzy na terenie i o kierunku jej przemieszczania się załoga może otrzymać z ziemi drogą radiową, ale może też określić to zjawisko samodzielnie na podstawie wzmagających się zakłóceń radiowych wskutek wyładowań atmosferycznych; jeżeli na pokładzie samolotu znajduje się radiolokator, to załoga może określić nie tylko obecność na trasie chmur burzowych, ale ich miejsce położenia;
- unikać lotu przez strefę burzową w chmurach, ponieważ w takich warunkach istnieje możliwość niespodziewanego wejścia w chmurę burzową;
- przy występowaniu chmur burzowych na trasie lotu wykonywać lot na wysokości 5-7 km i wyżej, gdzie często spotyka się warstwy bezchmurowe, w danym przypadku dla uniknięcia silnego /trzęsienia/ rzucania samolotem i uderzenia piorunu w samolot wykonywać lot w odległości nie mniejszej niż 10 km od chmury burzowej; najlepiej

przecinać strefę burzową ponad chmurami; lot nad wierzchołkiem chmur burzowych wykonywać z przewyższeniem nie mniejszym niż 1000 m;

- unikać przecinania strefy burzowej pod chmurami; w ostateczności podczas lotu poprzez strefę burzową pod chmurami przecinać ją w takich miejscach, gdzie nie ma opadów lub tam, gdzie są one najslabsze.

Fronty atmosferyczne na których występują burze trzeba przelatywać /przecinać/ pod kątem  $90^{\circ}$ , przy czym należy:

- włączać oświetlenie kabiny i przygotować do działania urządzenia przeciwoślepieniowe;
- przy uszkodzeniu łączności radiowej na falach krótkich, wykorzystać łączność na UKF;
- zmniejszyć prędkość lotu w granicach bezpieczeństwa dla danego typu samolotu;
- podczas lotu w strefie burzowej utrzymywać horyzontalne położenie samolotu, orientując się przy tym według sztucznego horyzontu.

Przy wejściu w strefę rzucania nie należy wykonywać nagłych ruchów sterami, zwłaszcza sterem wysokości w celu uniknięcia dużych przeciążeń. Należy unikać skrętów i przechyłów samolotu, ponieważ w takich przypadkach istnieje niebezpieczeństwo opadania samolotu na skrzydła.

9. Do osłony /ubezpieczenia/ lotów w strefach burzowych szeroko stosuje się samolotowe i naziemne radiolokatory pracujące w zakresie fal centymetrowych. Radiolokatory te wykrywają chmury burzowe na odległość kilkudziesięciu kilometrów i umożliwiają wykonywanie lotu między tymi chmurami.

Samolotową stację radiolokacyjną włącza się do wykrywania chmur burzowych w następujących przypadkach:

- na podstawie obliczonego czasu podejścia do strefy burzowej, położenie której podaje stacja meteorologiczna przed startem;
- po zauważeniu, przy obserwacji wzrokowej, zachmurzenia frontowego i wystających wierzchołków chmur burzowych;
- przy ukazaniu się zjawisk wskazujących na zbliżanie się do strefy burzowej /wychylenie się strzałki ARK-5,

trzaski i szumy w słuchawkach radioodbiorników, charakterystyczne dla stref burzowych, pojawienie się zakłóceń radiowych i występowanie wyładowań atmosferycznych. Gdy lot odbywa się w chmurach stacja radiolokacyjna winna być stale włączona w celu prowadzenia systematycznego poszukiwania chmur burzowych.

Jeżeli na trasie lotu występują chmury burzowe, to są one widoczne na ekranie radiolokatora w postaci jasnych plam.

Rozmieszczenie chmur burzowych w postaci łańcucha wskazuje na obecność frontu atmosferycznego. Natomiast pojawienie się na ekranie radiolokatora pojedynczych chmur burzowych świadczy o występowaniu chmur wewnątrzmasowych. Poszukiwanie chmur burzowych w początkowym okresie wykonywać w mniejszej skali odległości, a w miarę zbliżania się do nich przechodzić stopniowo na większe skale odległości.

Dla określenia kierunku przemieszczania się chmur burzowych podczas lotu należy wykonać dwa-trzy razy namiar ich połączenia, na ekranie radiolokatora, w stosunku do naziemnych punktów orientacyjnych położonych wzdłuż trasy lotu.

W wypadku pojawienia się obrazu chmur burzowych na ekranie radiolokatora należy je obchodzić /wymijać/ z odległości 20-30 km, zmieniając kierunek lotu z takim wyliczeniem, żeby przy wymijaniu chmury samolot znajdował się od niej w odległości nie mniejszej niż 10 km.

## II. ATMOSFERYCZNE WARUNKI LOTU NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH

### 1. Właściwości warunków atmosferycznych w dolnej troposferze /0-600 m/ i ich wpływ na lot samolotu

Doświadczenia i praktyka wskazują, że loty na wysokości powyżej 500-600 m nie różnią się w zasadzie od lotów na wysokościach średnich /600-4000 m/. W niniejszym rozdziale omówimy warunki lotów na małych wysokościach, to jest do 600 m ponad powierzchnią ziemi.

Przy wykonywaniu lotów na małych wysokościach napotyka się szereg trudności, które są uwarunkowane:

- pogorszeniem się orientacji wzrokowej wskutek zwiększania się prędkości kątowych /"przemieszczania się" punktów orientacyjnych/;
- zmianą wyglądu obiektów orientacyjnych oglądanych w perspektywie;
- ograniczeniem możliwości kontroli lotu przy pomocy urządzeń radiotechnicznych.

Warunki prowadzenia orientacji wzrokowej na wysokości do 200 m są znacznie trudniejsze niż na średniej wysokości.

Warunki atmosferyczne w warstwie poniżej 600 m wywierają duży wpływ na lot, ponieważ w tej warstwie wykonuje się bardzo ważne elementy lotu, mianowicie podejścia do lądowania i lądowanie samolotu.

### Widzialność

Specyfika orientacji wzrokowej podczas lotu na małych wysokościach i dużych prędkościach jest związana z tym, że naziemne punkty orientacyjne przy określonych wielkościach prędkości kątowych zaczynają migać i zlewać się z tłem i dlatego ocenę widzialności przeprowadza się według najbardziej charakterystycznych obiektów naziemnych.

W wyniku lotów doświadczalnych na samolotach MiG-17 i Il-28 w zwykłych warunkach atmosferycznych i przy widzialności przy powierzchni ziemi wynoszącej ponad 10 km, sporządzono tabelę średniej odległości widzenia /widzialności/ naziemnych obiektów orientacyjnych /tabl.1/.

Średnia widzialność /odległość widzialności/ naziemnych obiektów orientacyjnych /w km/ w zależności od wysokości lotu.

Tablica 1

Punkty orientacyjne	Wysokość lotu w m		
	100-200	300	500-600
Duże miejscowości zamieszka- kane	10	11	17
Średnie i małe miejscowości	7	8	10
Duże rzeki /jeziora/	6	8	10
Małe rzeki /jeziora/	4	5	8
Lasy, zasiewy, pola orne	7	8	10
Drogi bite	3	4	7

Z powyższej tablicy widać, że ze wzrostem wysokości lotu od 100 do 500-600 m odległość wykrycia naziemnych obiektów orientacyjnych wzrasta. Prócz tego na ocenę widzialności z samolotu istotny wpływ wywierają cechy indywidualne obserwatorów. Doświadczeni piloci, będąc zawnaznani z charakterystyką obiektów /punktów/ orientacyjnych, określają widzialność dokładniej.

Odległości wykrywania naziemnych punktów orientacyjnych i celów /w km/, otrzymane drogą doświadczeń.

Tablica 2

Punkty orientacyjne i cele	Wysokość lotu w m.					
	100-200		300		500-600	
	Minim	Maks	Minim	Maks	Minim	Maks
Duże miejscowości	-	-	8	10	15	20
Srednie i małe miejscowości zamieszkane	6	12	3	15	4	10
Małe rzeki i jeziora	2	7	3	15	-	-
Lasy, zasiewy, pola orne	5	10	5	15	-	-
Oddzielne zabudowania /budynki/	2	15	3	18	6	14
Samoloty na lotnisku w ukryciu	4,3	10	2,5	12	3,9	10
Działo dużego kalibru	1,0	8,6	1,8	11,7	2,1	10
Kompania czołgów w rejonie ześrodkowania	0,5	5,5	2	1,0	3,7	5,8

Z tablicy 2 widać, jak wielki jest wpływ czynnika subiektywnego i tych nieznaczących zmian sytuacji atmosferycznej /związanych ze zmianą wysokości lotu/, które nie są uwzględniane przez meteorologów przy ocenie widzialności.

Analiza danych z lotów doświadczalnych wskazuje, że podczas lotów na wysokości 100-300 m i dużej prędkości w zwykłych warunkach atmosferycznych i przy dostatecznie dobrej przezroczystości atmosfery /widzialność meteorologiczna 10 km i więcej/ ukośna widzialność z samolotu /odległość wykrycia naziemnych punktów orientacyjnych/ w

większość przypadków jest mniejsza od poziomej widzialności, którą podają stacje meteorologiczne.

Obecność chmur wysokich i średnich, z których nie pada opad, oraz chmur niskich o podstawie nie niższej od 800-1000 m nie wpływa na ocenę widzialności z samolotu z małej wysokości.

Chmury warstwowe i warstwowe porozrywane o podstawie 300-500 m i mniejszej, bardzo silnie pogarszają widzialność z samolotu i widoczność punktów orientacyjnych przy podchodzeniu do lądowania.

Ostatnio w ZSRR na podstawie prac wykonanych przez Centralne Obserwatorium Aerologiczne i Centralny Instytut Prognoz, doświadczalnie ustalono związek skośnej widzialności z podstawą chmur i innymi elementami meteorologicznymi oraz zależnością między poziomem wykrywania obiektów naziemnych i podstawą chmur. Poziom najbardziej prawdopodobnego wykrycia obiektów naziemnych znajduje się /leży/ poniżej podstawy chmur.

Na podstawie zależności statystycznej między widzialnością poziomą i podstawą chmur przy różnych wielkościach widzialności przy ziemi został sporządzony specjalny wykres /rys.2/. Wzdłuż osi poziomej tego wykresu zaznaczone są wartości widzialności poziomej przy ziemi, określonych według reperów widzialności lub przy pomocy rejestratora przezroczystości, a wzdłuż osi pionowej zaznaczone są wartości widzialności skośnej pod kątem  $2-3^{\circ}$  od horyzontu.

Kąt o wartości  $2-3^{\circ}$  odpowiada kątowi obserwacji podczas lotu po torze zniżania przy podchodzeniu do lądowania i jest optymalnym kątem przy poszukiwaniu celów podczas lotu na małej wysokości.

Obie wartości widzialności poziomej i skośnej, to jest widzialność punktów orientacyjnych przy podchodzeniu do lądowania, podane są dla jednego i tego samego momentu czasu przy danej podstawie chmur.

Mając do dyspozycji wielkość widzialności poziomej przy powierzchni ziemi oraz podstawę chmur /zmierzoną przy pomocy balonu pilotażowego lub chmuromierza/ i w/w wykres, możemy określić przybliżone wartości widzialności punktów orientacyjnych przy podchodzeniu do lądowania odpowiadającej górnemu poziomowi wykrywania obiektów naziemnych, których wymiary katowe nie są mniejsze niż  $1^{\circ}$ .

W tablicy 3 podane są średnie wartości widzialności punktów orientacyjnych przy podchodzeniu do lądowania przy określonych wartościach widzialności poziomej przy powierzchni ziemi i znanej wysokości podstawy chmur warstwowych.

Następnie z tablicy 3 wynika, że ze zwiększeniem podstawy chmur widzialność obiektów przy podchodzeniu do lądowania rośnie i przy podstawie chmur warstwowych wynoszącej 300 m zbliża się do widzialności poziomej podawanej przez stacje meteorologiczne.

W talicy 4 podane są wartości wysokości obserwatora lecącego po torze zniżania, z których można wykrywać pas startowy przy zachmurzeniu całkowitym przez chmury warstwowe o określonej podstawie i znanej widzialności poziomej.

Widzialność punktów orientacyjnych przy podchodzeniu do lądowania /w m/ przy znanej podstawie chmur i widzialności poziomej.

Tablica 3

Widzialność pozioma w m	Podstawa chmur w m			
	100	100-150	150-200	200-300
1000	250-400	400-500	600-700	800-1000
2000	500-800	800-1000	1200-1400	1500-2000
3000	750-1200	1200-1500	1800-2100	2200-3000
4000	1000-1600	1600-2000	2400-2800	3000-4000

Wysokość wykrycia pasa startowego przy znanej podstawie chmur i widzialności poziomej.

Tablica 4

Widzialność pozioma w m	Podstawa chmur w m		
	150-150	150-200	200-300
1000	20-30	30-40	40-50
2000	40-50	60-70	70-100
3000	60-80	90-110	110-150
4000	80-100	120-140	150-200

Jeżeli na przykład nad lotniskiem występuje zachmurzenie całkowite przez chmury warstwowe o podstawie 150-200 m, a widzialność wynosi 3 km, to z tablicy 3 wynika, że załoga /pilot/ przy podchodzeniu do lądowania zobaczy drogę startową z wysokości rzędu 100 m.

W ramach osłony meteorologicznej lotów na małej wysokości stacje meteorologiczne winny sporządzać analogiczne tablice dla swych lotnisk, uwzględniając przy tym specyficzne właściwości danego lotniska.

Należy zaznaczyć, że do czasu kształtowania się chmur warstwowych widzialność początkowo pogarsza się na pewnej wysokości, to znaczy przy powierzchni ziemi.

Gdy chmury są rozproszone widzialność punktów orientacyjnych przy podchodzeniu do lądowania zbliża się do widzialności przy ziemi, a w wielu wypadkach przy podstawie chmur powyżej 200 m, jest większa od niej. Przy tym, jako zasada różnica  $T - T_d$   $2^\circ / T$  - temperatura powietrzna,  $T_d$  - temperatura punktu rosy/ w całej warstwie, to znaczy od powierzchni ziemi do dolnej granicy chmur.

Nocą określa się widzialność świateł. Jeżeli przyjmujemy niektóre średnie wartości progowej czułości wzroku, to możemy posługiwać się tablicą /5/ dla określenia warunków przezroczystości atmosfery /widzialności meteorologicznej/ nocą zależności od widzialności świateł systemu lądowania z pokładu samolotu.

Widzialność świateł systemu lądowania /w km/

Tablica 5

Nazwa świateł	Widzialność przy powierzchni ziemi w km		
	10 i więcej	6-4	2-1
Czerwone światło zbliżania	30-40	1-7	4-3
Czerwone światło podejścia	20-30	9-6	4-2
Czerwone światło graniczne	30-40	12-8	4-3
Zielone światło wejściowe	8-12	7-5	2,5-1
Kodowa latarnia neonowa	40-50	25-15	5-3

W ten sposób, dzięki takim urządzeniom świetlnym zainstalowanym na lotniskach, widzialność świateł nocą może dochodzić do 50 km/z wysokości 600-1500 m/.

### Zachmurzenie:

Chmury i widzialność w znacznym stopniu określają charakter i efektywność bojowego zastosowania samolotów.

Zwarte niskie zachmurzenie o dużej grubości w znacznym stopniu utrudnia wykonanie zadania o zmiennym profilu lotu, prowadzenie walki powietrznej, a niektóre rodzaje chmur utrudniają zastosowanie celowników radiolokacyjnych itd.

Z drugiej zaś strony zachmurzenie może być z powodzeniem wykorzystane do osiągnięcia taktycznego zaskoczenia, ponieważ nawet przy zastosowaniu współczesnych środków radiotechnicznych wykrycie celów powietrznych w chmurach i naprowadzanie na nich myśliwców jest dość skomplikowane.

Najbardziej skomplikowane warunki lotu na małych wysokościach są związane z chmurami frontów atmosferycznych i chmurami mas powietrza o równowadze stałej /stałych mas powietrza/.

Z danych fachowej literatury radzieckiej wynika, że nad europejskim terytorium ZSRR jednolite /zwarte/ niskie chmury o podstawie 300 m i wyższej obserwuje się od 1300 do 190 dni w ciągu roku, z czego 60-70% przypada na chłodną porę roku. Ogólnie przyjmuje się, że częstotliwość występowania chmur w najniższej warstwie troposfery jest ponad 4 razy większa niż na średnich i dużych wysokościach.

Chmury stałych mas powietrza, czyli chmury warstwowe i kłębiasto-warstwowe najczęściej obserwuje się w okresie jesienno-zimowym, to jest w okresie występowania dużej wilgotności powietrza w warstwie przyziemnej w wyniku oziębiania się ciepłego powietrza przepływającego nad chłodnym podłożem.

Wysokość dolnej granicy chmur warstwowych średnio wynosi 200-250 m, a niekiedy obniża się do 100-150 m. Podstawa niskich chmur warstwowych nie zawsze wyraźnie zaznacza się, a dość często występuje w postaci warstwy przejściowej utrudniającej widzialność /przypomina swoim wyglądem mgłę przy powierzchni ziemi/.

Na podstawie danych statystycznych można powiedzieć, że w przypadkach ogólnego pogorszenia się pogody z powodu występowania chmur niskich, zamglenia i opadów, pilot może obserwować obiekty naziemne pod kątem  $2-3^{\circ}$ , licząc od horyzontu z wysokości równej średnio połowie wysokości podstawy chmur niskich.

Na rys.3 przedstawione jest ogólne wyobrażenie o położeniu w przestrzeni różnych poziomów widzialności w warstwie pod chmurami. Najniższy poziom odpowiada tej wysokości, z której pilot po wyjściu z chmur będzie widział obiekty naziemne pod kątem  $2-3^{\circ}$ , to znaczy pod kątem toru zniżania. Następny poziom charakteryzuje się szybkim pogorszeniem się widzialności aż do całkowitego zaniku obiektów naziemnych. Jeszcze wyżej średnio na wysokości 90 m chmura jest już tak gęsta /balon pilotażowy zachodzi mgłą/, że powyżej tego poziomu powierzchnia ziemi z samolotu jest niewidzialna. Należy zaznaczyć, że żadem z tych poziomów nie jest stały i ulega wahanom do 100 m, a niekiedy więcej.

Jako wysokość dolnej granicy chmur przyjmuje się praktycznie poziom utraty poziomej widzialności /horyzont niewidoczny, pionowo w dół powierzchnia ziemi zachodzi mgłą/.

Górna granica chmur warstwowych sięga do wysokości 800-1500 m, a ich rozciągłość w kierunku poziomym może dochodzić do setek i tysięcy kilometrów.

Wysokość dolnej granicy chmur kłębiasto-warstwowych w chłodnej porze roku wynosi 300-600 m, w ciepłej porze roku 600-1000 m i zaznacza się wyraźniej niż w chmurach warstwowych. Prócz tego chmury kłębiasto-warstwowe charakteryzują się silniejszą turbulencją i lotowi w nich może towarzyszyć słabe lub umiarkowane rzucanie, a przy niskich temperaturach zwiększa się intensywność oblodzenia samolotów.

Fizyczna mikrostruktura chmur warstwowych i kłębiasto-warstwowych nie powoduje poważnych zakłóceń przy zastosowaniu urządzeń radiolokacyjnych, a w przypadkach, gdy cel jest zakryty chmurami załoga dla wykrycia tego celu może wykorzystywać celownik radiolokacyjny.

Chmury frontów atmosferycznych przedstawiają najtrudniejsze warunki atmosferyczne dla wykonywania lotów. Frontowe systemy

chmurowe charakteryzują się znaczną grubością, dużą rozciągłością w płaszczyźnie poziomej, często towarzyszą im niebezpieczne zjawiska pogody /ogniska burzowe, strefy rzuca-  
nia i oblodzenia/.

Największe trudności dla lotów na małych wysokościach występują w pobliżu linii frontów atmosferycznych.

Częstotliwość widzialności w chmurach w procentach

Tablica 6

Gradacje wi- dzialności w m	100	101- 200	201- 300	301- 400	400
Rodzaj chmur					
Warstwowe	10,6	33,3	37,9	10,6	7,6
Kłębiasto-warstwowe	7,4	32,2	40,2	6,6	13,6

Podstawa porozrywanych chmur deszczowych /fractus/ w strefie do 300 km od linii frontu atmosferycznego w chłodnej porze roku wynosi 100-200 m w pobliżu linii frontu i 200-300 m w pozostałej części strefy frontu. Często zdarza się tak, że podstawa chmur może obniżyć się do 50-100 m. Widzialność w chmurach warstwowa-deszczowych waha się w różnych przedziałach, ale najczęściej wynosi 70-100 m.

Mgły:

W czasie mgły wskutek złej widzialności lot na małej wysokości według obserwacji wzrokowej oraz wzrokowe poszukiwanie celu z zasady jest wykluczone. Latem mgły radiacyjne występują płatami i rozprzestrzeniają się do wysokości 300-500 m. W czasie lotu nad takimi mgłami można prowadzić obserwację wzrokową. Zimą i w przejściowych okresach roku mgły radiacyjne mogą zlewać się z zachmurzeniem warstwowym i obejmować duże przestrzenie przez dłuższy okres czasu. Nocą w początkowym okresie /stadium/ tworzenia się mgieł radiacyjnych wysokość ich jest tak mała, że pilot podczas lotu po kręgu i podchodzenia do lądowania dość dobrze widzi światła pasa startowego. Należy mieć na uwadze to, że podczas wyrównywania lotu widoczność świateł zanika wskutek zwiększenia się ilości kropeł wody w kierunku poziomym.

Mgły adwekcyjne są najbardziej intensywne i obejmują duże obszary. Mogą one tworzyć się w dowolnej porze dnia i utrzymywać się w ciągu kilku dni. Lot w czasie takiej mgły lub nad nią jest możliwy tylko według przyrzędów.

#### Opady:

Opady atmosferyczne wywierają duży wpływ na lot. Utrudniają one widoczność i często towarzyszy im obniżenie podstawy chmur. Pogorszenie się widzialności przy opadzie deszczu jest uwarunkowane nie tylko zmniejszeniem się przezroczystości atmosfery, ale tworzeniem się błonki wodnej na szybach kabiny.

Przy dużych prędkościach lotu nawet słaby deszcz pogarsza widzialność z samolotu do 1-2 km, podczas gdy przy obserwacjach naziemnych widzialność jest określana jako dość dobra. Widzialność przy opadach śnieżnych pogarsza się bardziej niż przy opadach deszczu. Istotną rolę odgrywa przy tym zmniejszenie kontrastowości obiektów naziemnych obserwowanych z samolotu.

#### Burze:

Burze wewnętrznomasowe są najczęściej od siebie oddzielone. Takie rozmieszczenie chmur kłębiasto-deszczowych /burzowych/ umożliwia wykonywanie lotów na bezpiecznych odległościach od nich.

Lot w strefie burz wewnętrznomasowych silnie komplikuje się wtedy, gdy prócz chmur kłębiasto-deszczowych występują też w dużych ilościach chmury innych rodzajów, które maskują ogniska chmur burzowych. W takich przypadkach załogi mogą niespodziewanie wlecieć w chmurę burzową.

Burze frontowe obserwuje się na wszystkich frontach. Jednak najsilniejsze burze spotyka się na frontach chłodnych. Jeżeli wysokość dolnej granicy chmur frontu chłodnego nie jest zbyt mała lub są miejsca bez opadów, to front taki można przecinać pod chmurami. Dyżurny synoptyk obsługujący /ubezpieczający/ loty na małych wysokościach w strefach, gdzie jest możliwość rozwoju działalności burzowej, powinien zwrócić szczególną uwagę:

- na charakter zachmurzenia i tendencję jego rozwoju;
- na przebieg temperatury i wilgotności powietrza przy powierzchni ziemi i na wysokościach.

Dla zwiększenia skuteczności pokonywania strefy burzowej i powzięcia prawidłowej decyzji załoga powinna wykrywać stację radiolokacyjną, jeżeli takowa znajduje się na samolocie, do pomiaru odległości do chmury burzowej oraz do określenia kierunku i prędkości jej przemieszczania się.

Doświadczenia z lotów i specjalne badania wykazały, że samolotowe stacje radiolokacyjne mogą wykrywać w czasie lotu na znacznych odległościach burze wewnętrznomasowe i fronty atmosferyczne, na których rozwijają się chmury kłębiasto-deszczowe i padają ulewne deszcze. Jednak trzeba zaznaczyć, że podczas lotu na małych wysokościach odległość wykrywania znacznie zmniejsza się.

Jeżeli na samolocie nie ma stacji radiolokacyjnej, to wymijanie ognisk burzowych, w razie niespodziewanego wejścia w strefę burzową, należy wykonywać przy pomocy naziemnych stacji radiolokacyjnych.

#### Rzucanie:

Doświadczenia wskazują, że na małych wysokościach najczęściej obserwuje się rzucanie w warstwie od 200 do 500 m nad powierzchnią ziemi. Poniżej 200 m liczba przypadków rzucania zmniejsza się, co świadczy o tym, że w tej warstwie występują słabe wiry /zaburzenia/.

Rzucanie na małych wysokościach w okresie letnim ma wyraźny przebieg dobowy, który ogólnie pokrywa się z przebiegiem dobowym chmur kłębiastych, osiągając swe maksimum w godzinach popołudniowych.

Największe niebezpieczeństwo stanowi rzucanie w strefie frontów chłodnych drugiego rodzaju /frontów przyspieszonych/. W dolnej części chmur kłębiasto-deszczowych<sup>2</sup> takich frontów często tworzą się wiry, które powodują nieraz duże przeciążenia samolotu.

Podczas lotów doświadczalnych w warunkach intensywnego rzucania na wysokości 300-500 m i prędkości 600 km/godz. rzucanie samolotem w kierunku pionowym dochodzi do +20-30 m

/Prędkość pionowa  $\pm 4-5$  m/sek/, prędkość lotu poziomego zmieniała się przy tym o  $\pm 20-25$  km/godz. Maksymalne przeciążenia osiągały 2g. Po zwiększeniu prędkości do 750 km/godz. rzucanie miało charakter gwałtownych i częstych drgań przy nieznacznej zmianie wysokości i poziomej prędkości lotu.

Celowanie w warunkach rzucania też jest znacznie utrudnione dlatego, że nawigator /pilot/ w czasie celowania zmuszony jest nieraz kilkakrotnie odchyłać się od celownika, aby uniknąć uderzenia, co w konsekwencji powoduje skrócenie pola widzenia celownika.

Czasami podczas lotu na małej wysokości i przy dużej prędkości obserwuje się wibrację, która może w znacznym stopniu utrudnić załodze odczytywanie wskazań przyrządów i posługiwanie się mapą.

### Oblodzenie

Na małych wysokościach największe niebezpieczeństwo stanowi lód szklisty, który narasta na powierzchni samolotu w czasie lotu w strefach opadów o dużych kroplach przechłodzonych. Szczególnie intensywne oblodzenie obserwuje się w czasie lotu w strefie przechłodzonego deszczu. Wyjście ze strefy takiego oblodzenia jest bardzo utrudnione, bo wyjście w dół jest niemożliwe, a wyjście w górę często wymaga dużego naboru wysokości w warunkach przedłużającego się intensywnego oblodzenia.

Ponad 60% wszystkich przypadków oblodzenia przypada na warstwę powietrza poniżej 3000 m.

Prawdopodobieństwo oblodzenia w chmurach warstwowych i kłębiasto-warstwowych jest bardzo duże przewyższa 80-85%, ponieważ chmury te w swym stadium rozwoju w przeważającej większości składają się z przechłodzonych kropel deszczu. Najintensywniejsze oblodzenie obserwuje się w górnej części tych chmur.

Mała grubość chmur warstwowych i kłębiasto-warstwowych nie sprawia żadnych trudności w wyjściu ze strefy oblodzenia.

W chmurach kłębiasto-deszczowych frontu ciepłego silniejsze oblodzenie najczęściej obserwuje się w ich dolnej

części, gdzie wodność chmur masa kropeł wody i kryształków lodu przypadająca na jednostkę objętości powietrza wyrażona w gramach:  $g/m^3$  lub  $g/kg$  i rozmiary kropeł są największe.

Jeżeli na froncie ciepłym nie występują dodatnie temperatury w dolnej części systemu chmurowego, to front taki nie powinno się przecinać na małych wysokościach.

Najbardziej efektywnym sposobem walki z oblodzeniem jest zwiększanie prędkości lotu, o ile jest to możliwe. Praktycznie zrzucanie lodu ze współczesnych samolotów odbywa się już przy prędkościach lotu 800  $km/godz$ , ale przy cienkiej warstwie lodu może nie wystąpić zrzucanie, a topnienie i zrzucanie, co może doprowadzić do tworzenia się warstwy lodu na powierzchni nie objętej specjalnym ogrzewaniem.

### Temperatura powietrza

Podczas lotów na małych wysokościach, gdy temperatura przy powierzchni ziemi wynosi  $+25$ ,  $+30^{\circ}$ , to w kabinie samolotu odrzutowego temperatura dochodzi do  $+40$ ,  $+50^{\circ}$ . Taka wysoka temperatura przy nerwowym napięciu u niektórych pilotów wywołuje obfite pocenie się, co w konsekwencji doprowadza do szybkiego zapotnienia /zachodzenia parą/ kabiny samolotu i do przedwczesnego zmęczenia się pilota.

### 2. Rozpoznanie pogody przy lotach na małych wysokościach

Organizacja i prowadzenie powietrznego rozpoznania pogody oraz ubezpieczenia lotów na wykonanie rozpoznania pogody odbywa się zgodnie z wytycznymi dowódcy, instrukcją służby meteorologicznej i instrukcją wykonywania lotów.

Loty na małych wysokościach wymagają wyjątkowo dokładnego przestudiowania pogody w warstwie poniżej chmur niskich. Wykonanie tego zadania komplikuje się z tego względu, że na małej wysokości i dużej prędkości lotu załoga nie dysponuje dostatecznym czasem niezbędnym na ocenę pogody.

W trudnych warunkach atmosferycznych proces wykonywania rozpoznania pogody przy lotach na małych wysokościach można podzielić na trzy etapy:

- określenie warunków startu i lądowania w rejonie lotniska;

- ocena pogody z kierunku adwekcji /napływu/ mas powietrza;
- ocena pogody na zaplanowanych trasach lotu.

Biorąc pod uwagę duże zużycie paliwa na małych wysokościach przez współczesne samoloty odrzutowe i w związku z tym znaczne skrócenie czasu trwania lotu do wykonania w/w dwóch etapów dobrze byłoby użyć samolotów tłokowych typu Li-2, Il-14 lub innych.

W czasie pogody zmiennej i dużej prędkości przemieszczania się chmur oraz stref opadów, powietrzne rozpoznanie pogody winno być prowadzone bezustannie i na dużą odległość. Na przykład jeżeli w tylnej części niżu chmury śniegowe przemieszczają się z prędkością 50-60 km/godz., to rozpoznanie pogody należy prowadzić na głębokość 150-200 km.

Kolejność prowadzenia rozmów z załogą prowadzącą rozpoznanie pogody ustala dowódca /kierownik lotów/. Dowódca ustala też bezpieczną wysokość lotu nad danym terenem.

### 3. Właściwości osłony meteorologicznej lotów na małych wysokościach w trudnych warunkach atmosferycznych w dzień i w nocy.

W czasie lotu na skrajnie małych wysokościach warunki atmosferyczne powinny zapewnić orientację wzrokową na ustalonej trasie. Wyjście na cel i atak celu w większości przypadków wykonuje się też wzrokowo /wg orientacji wzrokowej/.

Dyżurny synoptyk ubezpieczający takie loty powinien być dobrze zorientowany na bieżąco, jak przedstawiają się warunki lotu w danej sytuacji synoptycznej, to jest czy warunki atmosferyczne umożliwiają wykonanie zaplanowanych lotów, czy też są nie sprzyjające lub wręcz uniemożliwiające wykonanie zaplanowanych lotów w ramach szkolenia bojowego lub w czasie działań bojowych.

Największe trudności zwykle występują przy /zestawieniu/ opracowywaniu operatywnej prognozy pogody w przejściowych porach roku, gdy często obserwuje się jednolite niskie zachmurzenie i słabą widoczność. W pewnym stopniu praca dyżurnego synoptyka może być ułatwiona, jeżeli na stacji

meteorologicznej znajduje się statystyczne opracowanie obserwacji klimatologicznych z kilkunastu lub kilkadziesiąt lat. Takie opracowanie umożliwia dyżurnemu synoptykowi jakościowo uwzględnić ewolucję podstawy chmur i ściśle z nią związaną zmianę widzialności w dolnej warstwie troposfery /w warstwie między dolną granicą chmur i powierzchnią ziemi/. Przy opracowaniu i korzystaniu z takiego materiału należy pamiętać o tym, że wzrost zachmurzenia w okresie jesiennym w czasie dnia obserwuje się średnio tylko w 20% wszystkich przypadków pogody chmurnej. Z pozostałych 80% przypadków dolna granica zachmurzenia albo obniża się /60%/, albo pozostaje na tym samym poziomie /20%/. Minimalną wysokość dolnej granicy zachmurzenia zwykle obserwuje się po 2-4 godzinach od chwili wystąpienia minimum przyziemnej temperatury.

W okresie jesiennym w godzinach rannych w ciągu dnia obserwuje się charakterystyczne dla tej pory roku obniżanie się podstawy chmur. Proces ten odbywa się nie w drodze stopniowego obniżania się warstw chmurowych, a kosztem bezpośredniej kondensacji pary wodnej w dolnej warstwie troposfery. W godzinach wieczornych występuje zanikanie dolnej części chmur /warstwy chmurowej/ wskutek wzrostu temperatury powietrza na poszczególnych wysokościach.

Dla prognozy ewolucji chmur niskich bardzo ważne znaczenie ma uwzględnianie zmiany deficytu punktu rosy w warstwie od powierzchni ziemi do 1-3 km/deficyt punktu rosy - różnica między temperaturą powietrza  $T$  i punktem rosy  $T_d$ , a punkt rosy jest to temperatura, przy której para wodna zawarta w powietrzu osiąga stan nasycenia w danych warunkach ciśnienia atmosferycznego/.

Przy opracowywaniu prognozy pogody i konsultacji udzielanej personelowi latającemu należy pamiętać o tym, że dolny skraj chmur niskich bezustannie podlega skomplikowanym procesom kształtowania się i zanikania.

Przy obserwacjach z ziemi i w czasie lotu wynikają trudności w określaniu dolnego skraju /brzegu/ takich chmur wskutek ich skomplikowanej struktury i dużej zmienności.

Wysokość dolnej granicy chmur może ulegać wahaniom do 100 m, a w oddzielnych przypadkach - do 150-200 m. Zmiany wysokości dolnej granicy chmur w czasie też są duże.

Podstawa jednego i tego samego zachmurzenia w jednym momencie czasu w zależności od sposobu pomiaru ma różne wysokości. Obserwacje niskich chmur prowadzone przy pomocy różnych sposobów /przy pomocy balonów pilotażowych, reflektorów chmuromierzy i samolotów/ z jednego punktu i w tym samym czasie dowodzą, że wartości wysokości dolnej granicy chmur /podstawy/ różnią się między sobą w granicach 50-60 m i więcej.

Przy obserwacji przy pomocy balonów pilotażowych lub reflektorów z zasady otrzymuje się nieco większe podstawy z chmur niż zmierzone z samolotu.

Przy zabezpieczeniu lądowania samolotów w trudnych warunkach atmosferycznych winno prowadzić się częste obserwacje /co 20-30 min/. Takie obserwacje należy prowadzić nie tylko w pobliżu pasa startowego, ale też w rejonie dalszego punktu radionawigacyjnego. Przy takim zabezpieczeniu bardzo ważną rolę odgrywa sprawnie funkcjonująca łączność, o czym powinni pamiętać dowódcy i meteorolodzy.

W nocnych warunkach trudniej jest zauważyć pogorszenie się pogody i w związku z tym konieczna jest organizacja dokładnej obserwacji pogody przy pomocy środków radiotechnicznych, rozpoznania powietrznego oraz drogą dowiadywania się od załóg wykonujących loty.

W warunkach sprzyjających tworzeniu się mgieł /wyżowa pogoda zimą lub po obfitych opadach deszczu w przejściowych porach roku/, należy szczególną uwagę zwrócić na przebieg wilgotności. W takich warunkach pomiary wilgotności powinno się wykonywać co 20-30 minut przy pomocy psychometru. W takich wypadkach potrzebne są dane dotyczące maksymalnie dopuszczalnych wartości wilgotności powietrza dla danego lotniska, przy których tworzy się mgła lub chmury niskie.

Dla zabezpieczenia lotów nocą w trudnych warunkach atmosferycznych ma duże znaczenie dokładne studiowanie rejonu lotów.

W tym celu kierownik stacji meteorologicznej lub dyżurny synoptyk w miarę możliwości winni brać udział przy studiowaniu i omawianiu przez personel latający tras lotów, rzeźby terenu i punktów kontrolnych. Znajomość i uwzględnienie miejscowych właściwości, które wywierają wpływ na charakter pogody

i znajomość stacji meteorologicznych należących do sieci ostrzeżeń sztormowych, na których są prowadzone obserwacje instrumentalne podstawy chmur i widzialności też sprzyjają podwyższeniu jakości meteorologicznego ubezpieczenia lotów.

Dla zestawienia ogólnego obrazu stanu pogody i wyciągnięcia wniosków o jej zmianach na najbliższy okres należy na bieżąco prowadzić obserwację głównych elementów meteorologicznych. Opracowywanie wniosków prognotycznych /prognozy pogody/ będzie w znacznym stopniu ułatwione, jeżeli załogi podczas lotu będą prowadziły dokładną obserwację sytuacji atmosferycznej i meldowały o niej w sieci powiadamiania.

Przy studiowaniu sytuacji atmosferycznej przed wykonaniem lotu należy wyjaśnić procesy, które określają warunki pogody w rejonie lotów. Szczególną uwagę zwraca się na przestudiowanie położenia frontów atmosferycznych, kierunku i prędkości ich przemieszczania się oraz możliwość spotkania się z niebezpiecznymi zjawiskami pogody na planowanych trasach lotu.

Personel latający winien znać nie tylko warunki atmosferyczne na okres lotów, ale winien umieć prawidłowo oceniać je podczas lotu, żeby można było przedsięwziąć wszystkie środki dla wykonania lotu /zadania/ i zapewnienia bezpieczeństwa lotu.

Dobra organizacja osłony meteorologicznej lotów, umiejętnie przeprowadzone rozpoznanie pogody, oraz wszechstronne uwzględnianie właściwości klimatycznych i orograficznych, wszystko to zapewnia bezpieczeństwo lotu na małych wysokościach pod względem warunków atmosferycznych.

OPRACOWAŁ

ppłk mgr J. SŁAWINSKI

Odbito 25 egz.

Egz.nr 1-25 bibl.jawna

Wyk.ppłk SŁAWINSKI

Druk.K.L.

Nr.ks. 1168/1991/WW

Druk ASG CW-O-XV-3801

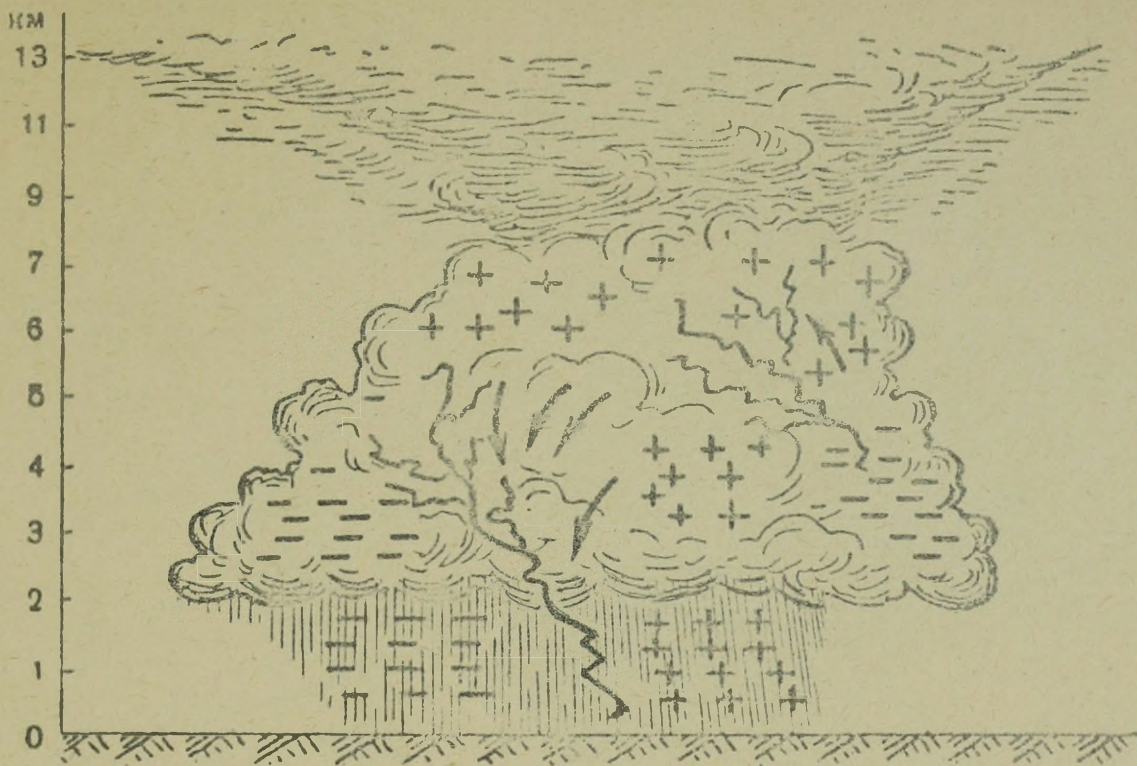
LITERATURA

1. Usłowija polotow w različ<sup>z</sup>noj meteorologičeskoj abstanowke:  
WJMO SSSR, Moskwa 1963 r.
2. Praca zbiorowa pod red. A. CHRGIANA. Fizika obłakow.  
Leningrad 1961.
3. Praca zbiorowa. Awiacjonnaja meteorologija. KIOMO SSSR.  
Moskwa 1964 r.
4. S. Chromow i A. Mamontow. Meteorologiczeskij słowar.  
Leningrad 1963 r.
5. Cz. Szczeciński. Meteorologia na usługach lotnictwa.  
Warszawa 1952.
6. J. Puelko. Awiacjonnaja meteorologija. Leningrad 1963.

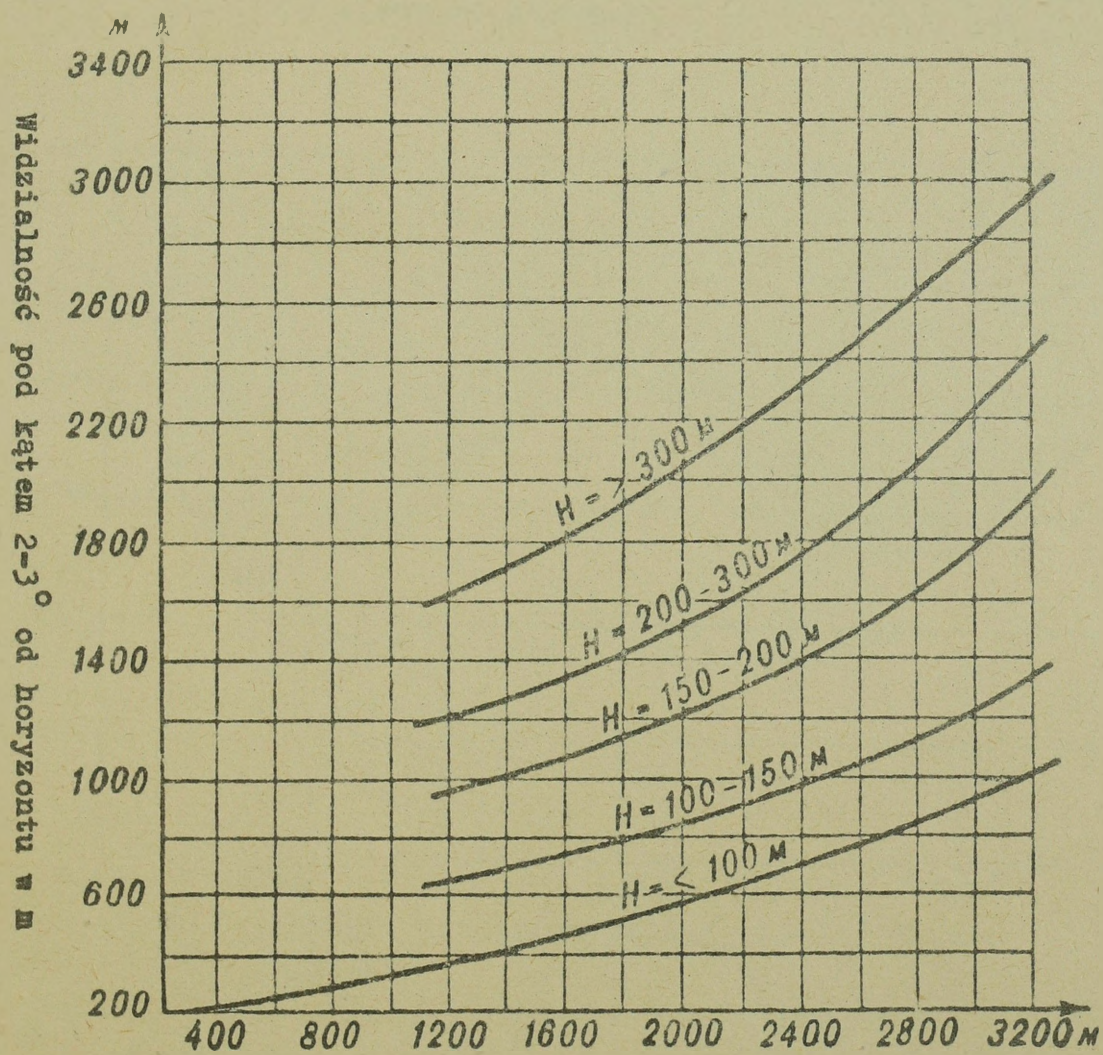
<u>SPIS TRESCI</u>	str.
I. <u>Działalność burzowa i jej wpływ na lot samolotu</u>	2
1. Wstęp	2
2. Charakterystyka burz	4
3. Warunki lotu w strefie burzowej i w chmurach burzowych	8
4. Zalecenia	13
II. <u>Atmosferyczne warunki lotu na małych wysokościach</u>	17
1. Właściwości warunków atmosferycznych w dolnej troposferze /0-600 m/ i ich wpływ na lot samolotu	17
2. Rozpoznanie pogody przy lotach na małych wysokościach	29
3. Właściwości osłony meteorologicznej lotów na małych wysokościach w trudnych warunkach atmosferycznych w dzień i w nocy	30

RYSUNKI

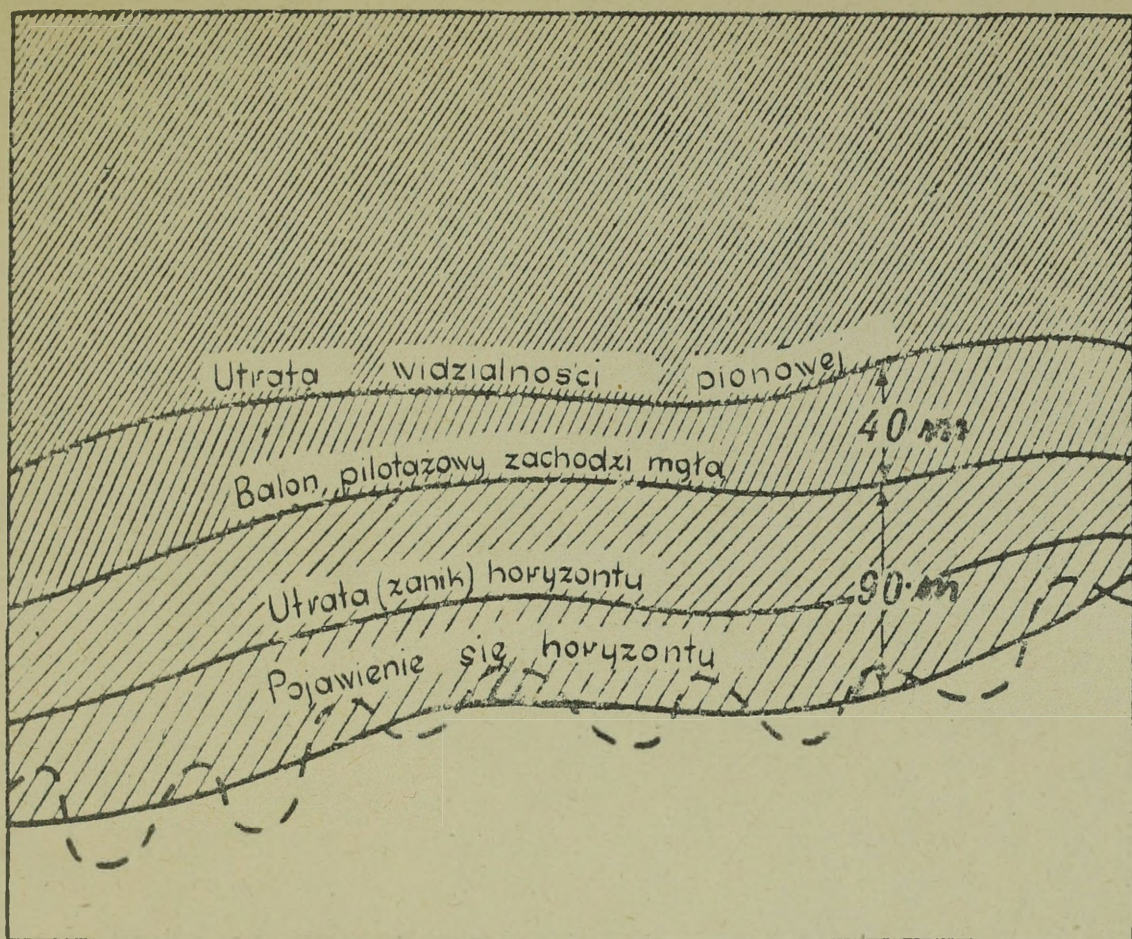
1. Rozmieszczenie ładunków elektrycznych w chmurze burzowej.
2. Zależność między widzialnością poziomą i skośną
3. Rozmieszczenie poziomów o różnej widzialności pod chmurami niskimi
4. Wahania wysokości dolnej granicy chmur w czasie



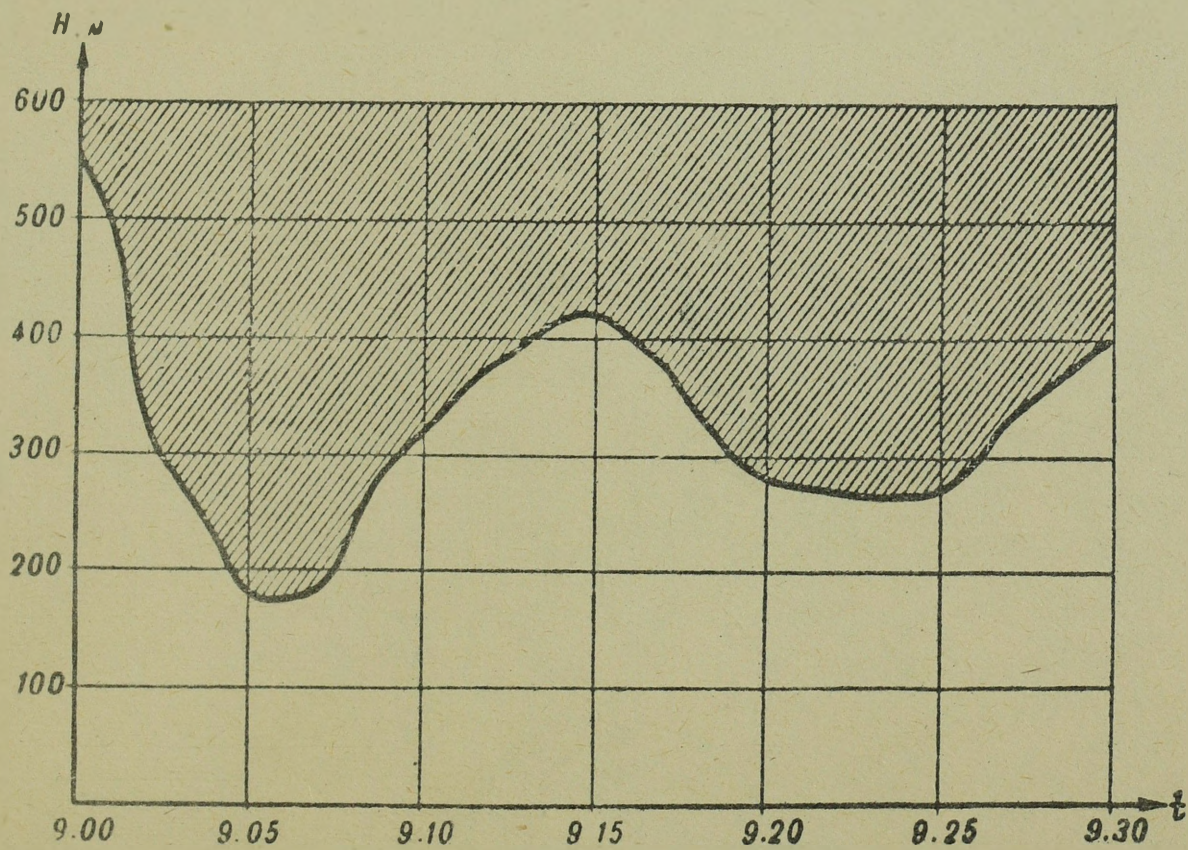
Rys. 1. Rozmieszczenie ładunków elektrycznych w chmurze burzowej /Cb/



Rys. 2. Zależność między widzialnością poziomą i skośną



Rys. 3. Rozmieszczenie poziomów o różnej widzialności pod chmurami niskimi



Rys. 4. Wahania wysokości dolnej granicy chmur w czasie

Wyk. w 25 egz.  
Poz. nr. 1991/WW

