

Curs ATCO Basic Training - Rating Training

Modulul 4

4.5. TURBULENȚA

4.5.1. Introducere

În meteorologie, termenul de "turbulență" se raportează, în mod normal, la mișcările aerului, la o scară mult mai mică decât cea a curgerii medii a aerului. Astfel, acest termen se aplică la un spectru larg de mișcări, dar aceste mișcări, nu au efect asupra zborului unei aeronave, decât în cazul unei benzi înguste.

Termenul de "turbulență a aeronavei" poate fi utilizat pentru a descrie acea parte a spectrului de turbulență care pune probleme aeronavelor în zbor. Se spune că în reacție la aceste mișcări, aeronava este scuturată.

În acest capitol, vom analiza tipurile de turbulență, reacția unei aeronave la turbulența atmosferică și pericolele ce însoțesc acest fenomen.

4.5.2. Tipuri de turbulența

A fost făcută următoarea clasificare pe tipuri de turbulența:

1. turbulența termică (convectivă);
2. turbulența mecanică (în apropierea solului);
3. turbulența în undele de munte (orografică);
4. turbulența la mari înalțimi (CAT);
5. turbulența asociată suprafețelor frontale și inversiunilor.

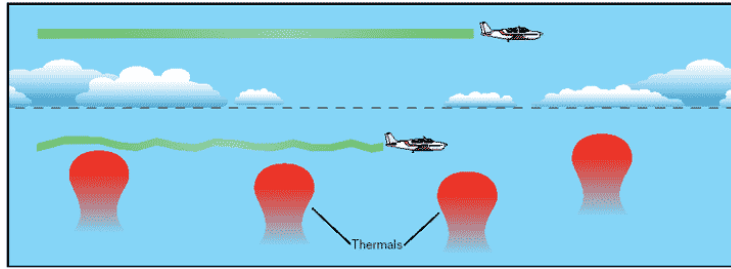
În plus față de aceste surse naturale, o aeronavă masivă, multimotor, cu aripi înalte, poate provoca un fenomen cunoscut sub numele de *turbulență de sîaj*. Turbioanele generate de aeronavă pot produce o turbulență puternică într-o zonă îngustă în urma acesteia. Această turbulență poate constitui un pericol major pentru o aeronavă mică ce se poziționează în urma (sîajul) uneia mari.

Turbulența convectivă

Insolația într-o zi însorită încălzește Pământul și produce o creștere de temperatură care depinde de căldura specifică a naturii suprafeței subiacente. Căldura este transferată aerului, aparând un curent convectiv a cărui forță depinde de temperatura atinsă de către suprafața respectivă.

Planorii caută acești curenți verticali care le permit să castige înălțime, dar zborul aeronavelor usoare în aceste condiții este foarte neconfortabil.

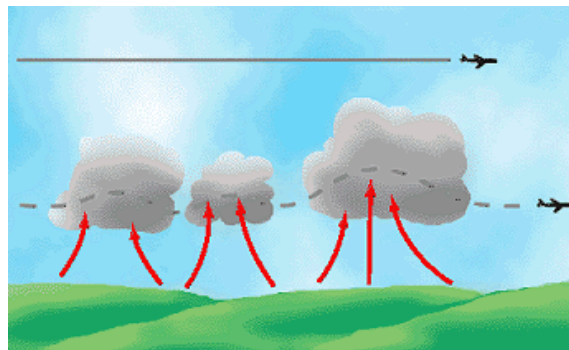
În condițiile unui vânt slab, pot exista variații locale ale forței curenților convectivi, acestea afectând aeronavele aflate la nivele joase și cu viteza mică, în special cele aflate în procedurile de decolare și aterizare.



Norii cumuliformi sunt însoțiți de curenți convectivi care sunt mai violenți în interiorul și sub norii Cumulonimbus.

Activitățile convective pot fi întâlnite și la alte formațiuni noroase. Norii Cumulus se etalează uneori și pot forma o pătură de Stratocumulus, dar vârfurile norilor Cumulus pot încă depăși vârfurile norilor Stratocumulus.

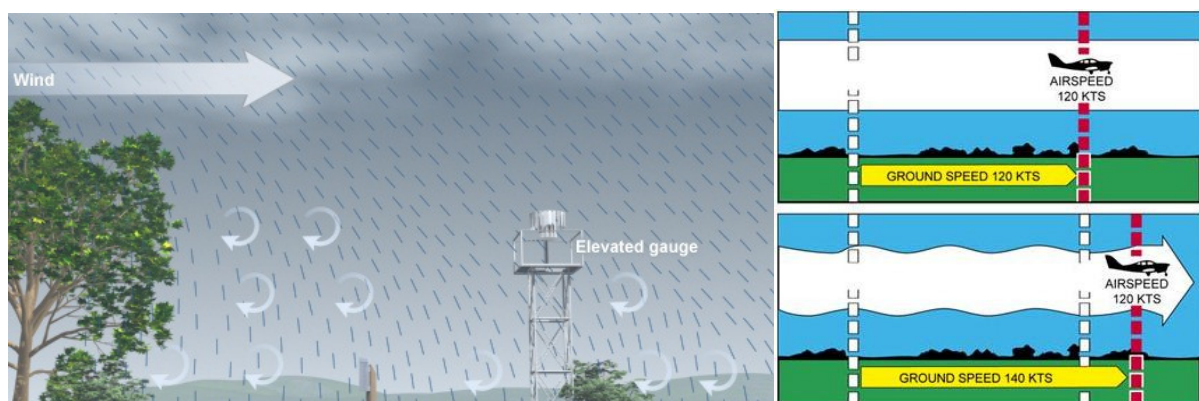
Convecția poate produce adeseori turbulență și în exteriorul norilor. Aceasta poate fi însoțită de ascendență termică ce se dezvoltă pe o suprafață terestră caldă, cu sau fără formare de Cumulus. Trecerea unui aer rece peste o suprafață de apă caldă generează o activitate convectivă.



Turbulența convectivă se poate produce și pe scară mare, atunci când aerul rece se deplasează peste suprafața mai puțin rece a unui ocean. Încalzirea în straturile inferioare produce curenți de convecție care determină o instabilitate accentuată cu vânt puternic și condiții turbulente de zbor.

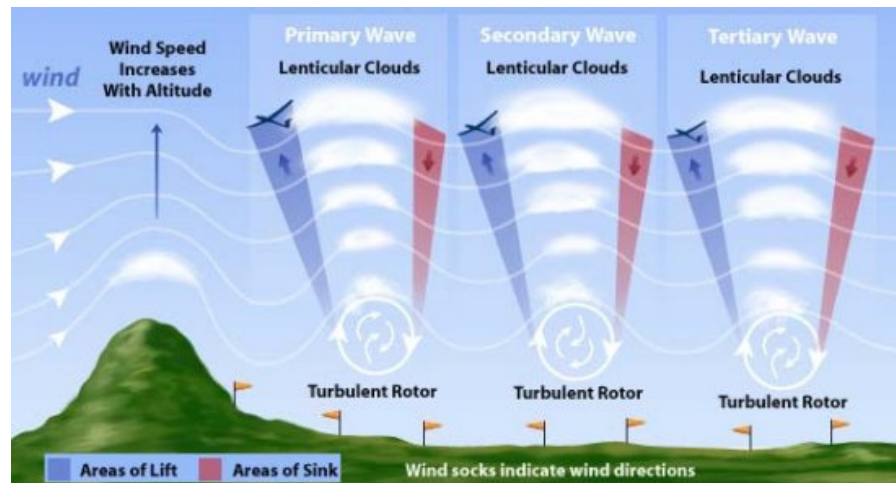
Turbulența mecanică

Adeseori numită și turbulență de frecare, rezultă din interacția dintre suprafața terestră și vântul în stratul cuprins între sol și 2000m. Energia acestui tip de turbulență se eliberează într-un spectru larg, care depinde în primul rând de rugozitatea terenului. Energia turbulenței aeronavei, în acest caz, provine direct din curgerea medie și din mișcările turbulente la scară mare.



Turbulenta in undele de munte (orografica)

Relieful puternic marcat, cum sunt lanturile muntoase, pot produce turbulenta orografică, care poate fi puternica, mai ales daca vantul sufla cvasipendicular pe linia muntilor. In aceste conditii apar undele stationare, cunoscute sub numele de unde de munte (MTW).



Turbulenta in aer clar

CAT apare fara a fi semnalizata prin prezenta norilor. Apare oriunde in atmosfera dar normal este asociata cu vanturile puternice din atmosfera inalta sau joasa. Forfecarea vantului si curenti verticali puternici sunt frecvent asociate cu curentul jet, unde turbulenta este produsa prin schimbari rapide ale vitezei vantului pe distante scurte. Mijlocul cel mai raspandit prin care pilotii pot dedecta prezenta curentului jet si unei posibile CAT, este observarea schimbarii semnificative a temperaturii exterioare.

CAT poate sa mai apara la nivele inalte, asociata cu undele stationare, sau deasupra norilor Cb. Cu cativa ani in urma o combinatie a curentului jet si a undelor stationare peste Japonia, au produs distrugerea structurii unei aeronave de pasageri in timpul zborului.

Frecvența de apariție a turbulenței la altitudini mari variază în funcție de loc și de sezon. Dacă o comparăm cu fenomenele observate în straturile joase, se pare că frecvența turbulenței descrește lent cu altitudinea, excepție făcând un maxim secundar la nivelul unui curent-jet sau în vecinătatea tropopauzei. Un rol important în formarea turbulenței la mare înaltime îl are și topografia, astfel, turbulenta la mare înaltime este de doua ori mai frecventa deasupra uscatului fata de ocean si de patru ori mai frecventa deasupra muntilor fata de zonele de ses.

Microrafalele

Un studiu din 1970 al profesorului Fujita de la Universitatea din Chicago a indentificat un fenomen al *rafalelor descendente* de scurta durata, cu o mare viteza a vantului, banuit de a fi determinat un mare numar de accidente neexplicate. El a adoptat termenul de *microrafala* pentru a descrie fenomenul, si cercetarile ce au urmat au inregistrat, pe aeroportul Stapleton, nu mai putin de 50 microrafale pe an. Intr-o ocazie, diferenta de viteza a vantului pe aerodrom a fost de 85 kts.

Multe aeroporturi, mai ales cele expuse, au un sistem de alertare a forfecarii vantului (LLWS-AS), instalat pentru avertizarea pilotilor. O astfel de avertizare se transmite în mod regulat atunci cand se indeplinesc urmatoarele criterii:

- Viteza medie a vantului este cel putin 10 mps;
- O diferenta intre vantul la suprafata si cel de la 70 m.inaltime, cel putin 20mps;
- Oraje sau averse puternice, 8 km in jurul aerodromului;
- Rapoarte ale pilotilor privind conditii de forfecarea vantului.

Turbulenta asociata suprafetelor frontale si inversiunilor

În transversarea unui front cu activitate slabă, se poate resimți o singură scuturătură datorată schimbării portanței în timpul trecerii de la o masă de aer la alta. Turbulența poate fi foarte puternică în vecinătatea unui front activ, mai ales dacă este asociat cu nori cumuliformi - acesta este cazul fronturilor reci sau al liniilor de gren.

Zona de turbulență are, în general, o extindere de câțiva km în regiunile frontale. În același timp, suprafețele frontale având o pantă lină, distanța orizontală afectată poate fi mult mai mare. În general este recomandabil ca pilotul să urce sau să coboare rapid pentru a reduce cât mai mult timpul de traversare a zonei frontale turbulente.

De asemeni, se produc scuturăături când se trece peste o inversiune de temperatură. Acestea apar datorită modificării portanței cu schimbarea densității aerului. Adeseori, o inversiune termică este însoțită și de o discontinuitate a câmpului vântului. Astfel, este recomandabilă o schimbare de altitudine pentru a evita turbulența legată de o schimbare bruscă a direcției sau vitezei vântului.

4.5.3. Reacția Aeronavelor La Turbulență

Termenul de "scuturăături" poate fi aplicat mișcărilor perceptibile ale aeronavei ca răspuns la turbulența atmosferică. Aceste mișcări au scale de timp și lungime atât de mici, încât este practic imposibil să fie evitate prin metode obișnuite de pilotaj. În practică, aceste neregularități în cursul zborului deranjează cel mai mult pasagerii.

O definiție mai largă înglobează mișcări la o scală mai mare care pot fi prinse parțial prin tehnici ameliorate de pilotaj.

Aceste mișcări au suficientă intensitate pentru a fi importante în cazul orajelor și undelor orografice.

Componentele turbulenței care sunt apropiate de dimensiunile aeronavei sau un pic mai mici, pot acționa cu o forță violentă și neuniformă asupra suprafeței aeronavei și vor avea ca rezultat devieri *tangaje*, *ruliuri* și alte mișcări dezordonate. Uneori, efectul de rezonanță poate determina vibrațiile părților elastice ale aeronavei.

Cea mai importantă reacție a unei aeronave într-o atmosferă turbulentă, este o accelerație verticală a întregii structuri. Mișcările observate în oraje sau unde orografice sunt cu mult mai importante ca cele care însoțesc rafalele și care produc scuturăăturile cele mai frecvente.

Se poate încerca prinderea efectelor accelerațiilor verticale prin metode normale de pilotaj, dar se riscă o pierdere de altitudine neintenționată.

Rafalele orizontale pot provoca o accelerație verticală a aeronavei prin modificarea vitezei sale proprii instantanee scuturăturile ordinare pot, astfel, fi provocate de rafale fie verticale fie orizontale. În același timp, primele dintre acestea sunt mult mai puternice.

La nivele inferioare sau intermediare, turbulența aeronavei este de obicei izotropă și numai rafalele verticale sunt importante.

Din contra, nu putem gândi că la nivele superioare, poate exista anizotropie, cu rafale orizontale puternice. Metoda care constă în reducerea vitezei în aerul turbulent va fi deci mai puțin eficace.

În concluzie, se pot defini următoarele categorii de turbulente:

Turbulenta slaba: Se manifesta ca trepidatii usoare si rare ale aeronavei dar regimul stabilizat al zborului nu este perturbat. Obiectele din aeronava raman pe loc iar pasagerilor eventual li se cere utilizarea centurilor de siguranta.

Turbulenta moderata: Se manifesta ca zdruncinaturi frecvente dar regimul stabilizat al zborului nu este perturbat. Obiectele din aeronava sunt miscate iar pasagerilor li se va cere utilizarea centurilor de siguranta.

Turbulenta severa: Se manifesta ca trepidatii continue si aruncaturi periodice, regimul stabilizat al zborului este perturbat, iar aeronava este temporar iesita de sub control. Obiectele din aeronava sunt aruncate iar pasagerii vor utiliza obligatoriu centurile.

Turbulenta extrema: Se manifesta ca aruncaturi foarte puternice ale aeronavei, regimul stabilizat al zborului este puternic perturbat, iar aeronava este practic iesita de sub control putand fi afectata si structura aeronavei.

4.5.4. Pericole Legate De Turbulența Aeronavei

Turbulența este una din cauzele principale ale accidentelor aeronavelor. Un factor important este intensitatea rafalelor, care pot fi atât ale violente încât pot deteriora structura aeronavei. Pentru a provoca aceasta este suficientă o rafală bruscă de 30kt, aproximativ, la viteză redusă, și de 20kt la viteze de croazieră normale. Din acest motiv este necesară evitarea, pe cât posibil a zonelor probabile de turbulență, fie în nori, fie în aer clar.

Un alt pericol care apare în cazul zborului în condiții turbulente este cel legat de creșterile de viteză ale aeronavei sau de poziționarea neobișnuită a acesteia. Acestea pot proveni de la turbulență sau de la tentativa pilotului de a păstra controlul aparatului și de a-și menține altitudinea. Un control excesiv nu este recomandat întotdeauna, deoarece crește riscurile de afectare a structurii.

Vibrațiile structurii (produse de componentele turbulenței la mai mică scală) pot, uneori, amplifica efectele rafalelor dominante. Acestea pot avea ca efect rupturi ale structurii dacă există un viciu ascuns în celulă. Oboseala metalului poate agrava această problemă, dacă aeronava a fost supusă îndelung la sarcinile repetate ale rafalelor.

Păstrarea controlului aeronavei poate fi periculoasă, și o dată pierdut, în cazul zborului în turbulență, este dificilă revenirea la un nivel unde zborul este sigur. În anumite oraje, se pot întâlni curenți verticali de 60kt., care fac aproape imposibilă menținerea nivelului de zbor. Din fericire, curenții descendenți scad în intensitate în apropierea solului, dar eforturile pilotului de a menține nivelul, pot pune aeronava într-o situație dificilă: o turbulență puternică la limita curenților poate determina o pierdere a controlului. De asemenea, pilotul poate avea dificultăți la decolare sau aterizare în condiții de turbulență.