

АТМОСФЕРА

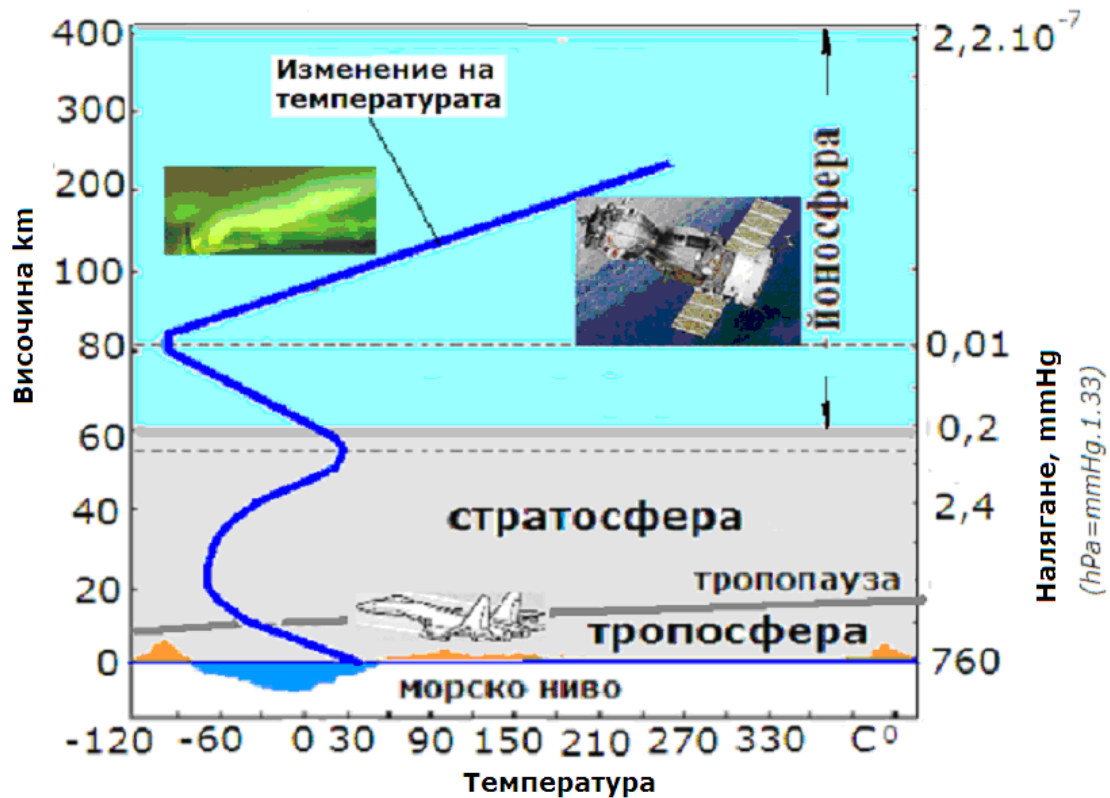
1.1. Структура на земната атмосфера

Атмосферата е въздушната обвивка на Земята. Съставът на атмосферата е практически постоянен до височина 100 km и представлява физическа смес от следните газове (в проценти от обема): 78.09% азот, 20.95% кислород, 0.93% аргон, 0.03% въглероден двуокис и под 0.01% други газове (неон, криптон, хелий, водород, ксенон, озон и радон).

В атмосферния въздух има в променливо количество водни пари и различни примеси (прах, малки капки вода кристали от лед, морски соли и продукти на горене).

Съставът на атмосферата се е формирал с развитието на Земята и еволюцията на растителния и животински свят и не се разглежда като нещо статично в рамките на тази еволюция. Издишваните газове, вулканичната активност, химичните реакции и фотосинтезата, газообразните продукти на радиоактивните процеси, построените от човека заводи и транспортната система, загубите на газ, отлитащ в Космоса – всички тези процеси се наслаждат и са се наслаждали в миналото, за да оформят и поддържат в относително равновесие сега тънкия атмосферен слой на Земята.

Структурата на атмосферата се изменя по височина. Различните зони се наричат сфери, а горните им граници – паузи. Един от главните признаци, по които се извършва деленето е съставът на атмосферата. По този признак до 100 km се разполага зона, наричана **хомосфера**. В тази зона химичните компоненти са добре размесени и съставът е постоянен. В долната част на тази зона основно се извършват полетите на авиацията. В хомосферата по други признаци (главно изменението на температурата) условно са въведени няколко слоя. По решение на Международния геофизически и географически съюз в 1951 г. е прието атмосферата условно да се дели на следните основни и преходни слоеве.



Фиг.1.1. Структура на атмосферата

Тропосферата е в долния слой на атмосферата, простиращ се в умерените ширини до височини 10..12 km, в тропиците до 16..18 km, а в полярните области до 9..10 km. Физическите свойства на този слой в голяма степен зависят от земната повърхност.

В тропосферата става образуването на облаците, възникват мъгли, вали дъжд, развиват се бури и е възможно обледеняване на самолетите.

Температурата в този слой на атмосферата намалява с увеличаване на височината, средно с 0.65°C на всеки 100 m. В тропосферата се срещат въздушни зони с температурни аномалии, в които температурата или се увеличава с изкачването (инверсия) или остава постоянна (изотермия). Инверсиите и изотермиите задържат развитието на вертикалните движения на въздуха и купестите облаци.

В тропосферата се развиват **атмосферни фронтове**, които разделят въздушните маси с различни свойства. Те представляват тесни наклонени преходни зони. В такива зони

студеният въздух като по-тежък се разполага като клин под по-топлия въздух.

В тропосферата се срещат два типа огромни вихрови системи (с диаметър от стотици метри до няколко километра), характерни с изменението на налягането в тях. **Циклоните** са вихри, в центъра на които налягането е по-малко от периферията на вихъра. **Антициклоните** са вихри, при които налягането е най-голямо в центъра и се намалява към периферията. За северното полушарие ветровете в циклоните духат по спирала от периферията към центъра против часовата стрелка, а в антициклоните – по спирала от центъра към периферията по часовата стрелка. В циклоните има многослойна облачност, обилни дъждове, силни ветрове и летни бури. В антициклоните лятото има малко облаци, добра видимост, а зимата – или безоблачно време, или тънки слоести облаци, мъгли, слаби ветрове.

Тропопаузата е преходен слой, отделящ тропосферата от стратосферата. Дебелината на този слой се колебае от няколко стотин метра до няколко километра. Над екватора и субтропиците (до 40° северна и южна ширини) тропопаузата се разполага средно на 16..18 km и се нарича тропическа тропопауза, а в умерените и полярни ширини – на височина 9..12 km и се нарича полярна тропопауза.

Над циклоните в умерените и високи географски ширини тропопаузата може да се спусне до 5..7 km, а над антициклоните да се вдигне до 15...17 km.

В тропосферата и тропопаузата летят всички летателни апарати, съобразно възможностите на екипажите, бордовото оборудване и метеорологичното осигуряване на полетите. В тази част на атмосферата се срещат силни струйни течения, турбулентност и други неблагоприятни метеорологични явления за авиацията.

Стратосферата е слой, простиращ се от тропопаузата до височина 40 km. За нея е характерно незначително изменение на температурата в слоя 11..25 km (минус 56.5° C) и повишение в слоя от 25...40 km (от -56.5° C до +0.8° C). Това повишение на температурата се дължи на интензивното поглъщане на слънчевата радиация от озона, който има максимална концентрация в стратосферата. В стратосферата летят предимно високоскоростни военни самолети, самолети – лаборатории и

стратостати. Между 40 km и 60 km е разположена **стратопаузата**.

Слоят от атмосферата между 60 km и 400 km се нарича **йоносфера**. Тя е характерна с наличието на голямо количество електрически заредени частици – йони и свободни електрони. Там са разположени орбитите на **пилотируеми** космически апарати и орбитални станции. След 1960 г. в йоносферата са изпълнявани експериментални полети с хиперзвукови самолети (X-15) за изучаване влиянието на условията на полета върху самолета и материалите, способите на управление в разредените слоеве. Зоната е преходна за въздушнокосмически самолети (совалки), които се завръщат от орбита и извършват в нея намаляване на скоростта за преминаване към условия за управляем аеродинамичен полет в долните слоеве на атмосферата.

В йоносферата има подслоеове със специфични наименования (мезосфера от 40..80 km, термосфера 80..100 km). За мезосферата е характерно намаляване на температурата с височина и достигане на най-ниските температури в мезопаузата на 80 km $T \approx 200^\circ \text{K}$ (приблизително -73°C). В термосферата температурата бързо расте във височина, поради интензивно поглъщане на йонизиращо микровълново лъчение. Над 100 km е разположена **хетеросферата**. Постепенно, с увеличаването на височината, водородът увеличава концентрацията си и над 1200 km става преобладаваща съставка на газовата обвивка на Земята.

За границата между атмосферата и космическото пространство условно може да се приеме височината 120..160 km [3 – стр. 20]. В тези височини атмосферата е толкова разредена, че средната дължина на свободния пробег на молекулите е съизмерима с характерни размери на движещи се тела и аеродинамическите методи за описване и изследване движението на въздуха, базираци се на непрекъснатата среда, са неприложими.

Космическото пространство от 1960 г. се използва за разгръщане на специализирани спътникови системи за прогнозиране на времето, метеорологично и навигационно осигуряване на полетите.

С развитието на космическата техника през 1958 г. и полети на височини над 1000 km с помощта на спътника „Експлорър – 3“ и междупланетна станция „Пионер – 3“ са

установени от д-р Джеймс Ван Ален и неговият екип наличието на два радиационни пояса около Земята [2 – стр. 110, 3 – стр. 92..94] – зони, съдържащи високоенергийни частици (протони и електрони), захванати от геомагнитното поле. Вътрешният пояс е разположен на около $1.6R$, където $R \approx 6000 \text{ km}$ е земният радиус, а външният на разстояние $3.5R$ [2 – стр. 110]. Експериментални ядрени взривове през 1958 г. на височина 320 km образуват изкуствен радиационен пояс [2 – стр. 94], който се разсеял до края на годината и е представлявал област между 250...350 km до 6000 km над Земята. Радиационните области в атмосферата оказват негативно влияние на човешкия организъм и изискват специални методи за контрол и защита дори и при екипажите във височинните полети със самолети.

1.2. Кратка характеристика на свойствата на въздушната среда и метеорологичните явления

Температурата на въздуха характеризира топлинното състояние на атмосферата и се измерва в градусови скали (Келвин, Целзий и Фаренхайт). Тя има периодични колебания с денонощен и годишен цикъл. Основен фактор за това са топлината от Слънцето, характерът на земната повърхност и атмосферната циркулация. За летателните апарати тя има съществено значение, доколкото свойствата на материалите и функционирането на системите им зависи от температурата. Екипажът и пътниците също изискват специална защита от температурни влияния в полети. В зависимост от района, в който се осъществява полетът, температурата на въздуха може да се изменя от $-80.. -90^{\circ} \text{ C}$ (стратосферен полет на полярна авиация) до $+50^{\circ} \text{ C}$ (полети над Африка), [1]. Двигателите, оборудването и конструкцията на летателните апарати трябва да отговарят на изискванията за надеждност в подобен температурен интервал.

Атмосферното налягане е хидростатично налягане, оказвано от атмосферата на всички намиращи се в нея предмети. Под влиянието на различни фактори то непрекъснато се изменя както на земната повърхност, така и във височина. Измененията носят периодичен (сезонен, годишен) и непериодичен характер, свързан с преместването на обширни атмосферни вихри (циклони и антициклони). По международната система за измервания (*SI*) налягането се измерва в *паскали* (*Pa*) и производните му (най-често *хектопаскали* и *мегапаскали*). Налягане от един *паскал* е въздействие на

средата, еквивалентно на сила от един нютон ($1N=1kg.1m/s^2$) върху един квадратен метър ($1Pa=1N/m^2=1kg.m^{-1}.s^{-2}$).

За характеризиране на **нормалното атмосферно налягане** се използват още [1 – стр. 7]: в старата система за измерване МКИС (МКГСС) *атмосфера* ($1.033 kg/sm^2$) $\approx 0.1 MPa = 760 mmHg$ (мм живачен стълб) $\approx 1013 mbar$ (милибара); един милибар $\approx 0.75 mmHg$. Нормалното налягане е близко до средното на морското равнище и намалява с изкачване на височина.

Полет на ешелон означава, че самолетът лети на височина, където атмосферното налягане остава приблизително постоянно, т. е. по изобарична повърхност [1 – стр. 9]. Статичното налягане на въздуха се измерва от апаратурата на самолета и влиза в редица операции на изчислителите му и навигационната апаратура. Данните за налягането се отчитат при кацане на съответното летище.

Налягането на въздуха около движещи се във въздуха тела е различно от атмосферното и се нарича **местно** (от мястото на повърхността на телата където се измерва).

Плътноста е физическа характеристика за състоянието на въздуха, която зависи от налягането и температурата му. Плътноста на въздуха се намалява с увеличаването на височината и това е свързано основно с изменението на атмосферното налягане.

Отклоненията на температурата и налягането, а значи и на плътността на въздуха, от стандартните (налягане $p = 760 mmHg.$, температура $t = 15^\circ C$; плътност $\rho = 1.225 kg/m^3$) оказват съществено влияние на скороподемността и практическия таван на самолетите, на дължината на засилването и пробегата на самолета при излитане и кацане, на мощността и теглителната сила на двигателите, на показанията на аеронавигационните прибори. Тези отклонения са най-характерни в горните слоеве на тропосферата, тропопаузата и долните части на стратосферата. Те се отчитат при решаването на инженерно – навигационни задачи и съставянето на полетния план.

Влажност на въздуха е съдържанието на водни пари, изразено най-често в относителни единици. Тя зависи от еластичността на водната пара (парциално налягане на водната пара). В екваториалната зона абсолютната влажност е $20 g/m^3$,

в умерените ширини до $5..7 \text{ g/m}^3$, а в северните области при силни студове се намалява до 1 g/m^3 и даже по-ниско.

Облаците се образуват от насищането на атмосферата с малки капки вода и ледени кристали, възникващи в резултат на кондензирането на водната пара.

Мъглата е такова насищане на приземния слой въздух с много малки водни капки или ледени кристали, при което хоризонталната видимост не превишава 1 km . Мъглата сериозно усложнява работата на екипажа при излитане и кацане.

Бурята е атмосферно явление, свързано с образуването на купесто – дъждовни облаци, електрически разряди във вид на мълнии и гръм, силни валежи от дъжд и градушка. По данни на Световната метеорологична организация (WMO) във всеки един момент някъде по Земята бушуват средно по около 2000 гръмотевични бури [2, стр. 120...122]. България се намира в зона, където дните с гръмотевични бури в годината са между 20 и 30, като повечето бури са в областта около Средиземно море, а по-малко Централна и Северна Европа. Най-много гръмотевични бури в годината (около 100) се разразяват в района на Атлантическия океан, Карибите, около Африка. В областите на Индонезия и Северна Америка такива бури средно в годината са между 40 и 80 на брой. Системата „йоносфера – земна повърхност“ се разглежда като огромен електрически кондензатор, в който положителен електрод е йоносферата, а отрицателен е самата Земя [2, стр. 119]. Между двата края на долния 20-километров слой на атмосферата съществува постоянно напрежение от $3 \cdot 10^5 \text{ V}$. В атмосферата действат процеси, които непрекъснато възстановяват зарядите със същата скорост, с която те изчезват при разреждане. Гръмотевичните бури са генераторите, които подхранват зарядите и полярността на земния кондензатор.

Градоносните облаци достигат обикновено до 12 километра. Градушката е вид валеж от ледени зърна с размер между 5 и 150 милиметра в диаметър. Дължи се на преохлаждането на кондензати във високите части на атмосферата. Градушките се наблюдават най-често в пролетно-летния сезон. Те се образуват само от един вид облаци, купесто-дъждовни, обикновено във фронта на буреносната облачна система. Често те имат характерен зелен оттенък.

Главната опасност за летателните апарати и екипажа представляват мощните **възходящи и низходящи потоци**

въздух вътре в купесто – дъждовните облаци (20..40 m/s и повече). Попадайки в такива облаци самолетите стават неуправляеми и за кратко време може самопроизволно да набират или загубят височина от няколко километра. Силна турбуленция може да се наблюдава и в непосредствена близост до купесто – дъждовните облаци. Турбуленцията може да се разглежда като преместване на въздушните маси в ограничени зони, имащо характер на случаен процес. Тези случайни движения на въздуха изменят силите, които действат на летателните апарати и насложени върху мощни възходящи и низходящи потоци могат да доведат до разрушения. При полети в купесто – дъждовни облаци електрическите разряди (мълниите) поразяват външни детайли – антени, аеродинамични органи за управление и други части с остри ръбове. Възможни са прогаряния на обшивката на самолета до няколко сантиметра. Затруднена е радиовръзката и навигацията. Градушката може сериозно да поразии челните части на самолета. Едра градушка може да се наблюдава в купесто – дъждовни облаци и под тях в тропосферата и тропопаузата. За да се избегне попадане в градоносни зони, трябва да се лети над облаците или зоните да се заобикалят на разстояние 10..15 km от тях.

Вятър е движение на въздуха относно земната повърхност в определено направление. Причина за възникването на вятъра е неравномерното разпределение на атмосферното налягане в определени зони на атмосферата. Вследствие на това върху въздушните маси действа сила, която се стреми да ги премести от зона с по-високо налягане към зона с по-ниско налягане. Тази сила се нарича сила на барическия градиент. Освен тази сила на посоката и силата на вятъра оказват влияние въртенето на Земята, силите на триене и центробежните сили.

Характерни ветрове са пасатите и антипасатите [5 – стр. 525]. **От двете страни на екватора** в долните слоеве на атмосферата духат **източни ветрове – пасати**, като в северното полушарие те се отклоняват на юг, вследствие на триенето. В южното полушарие се отклоняват на север. **Над пасатите духат западни ветрове – антипасати**. С увеличаване на географската ширина западните ветрове се спускат до повърхността на Земята и в северното полушарие получават отклонение от триенето на север. На екватора има почти пълно затишие.

Максималната скорост на ветровете се наблюдава около тропопаузата. В горната част на тропосферата и в стратосферата

често се наблюдават зони с много силни ветрове (над 30 m/s), които се простират на хиляди километри в дължина, стотици километри в ширина и няколко километра във височина. Те се наричат **струйни течения**. В струйните течения се наблюдават турбулентни зони с дължина $80..100 \text{ km}$ и дебелина (по височина на слоя) до 500 m . Полетите в зони на силна турбулентност и струйни течения са опасни и следва да се заобикалят по препоръка на метеорологичните служби, осигуряващи полетите.

В приземните слоеве на атмосферата летят обикновено повечето от безпилотните самолети и влиянието на потоците около релефа на земната повърхност следва да се отчита. Ако има възвишение в района на полетите и възвишението е плавно (склон) и се обдухва под прав ъгъл от вятъра, то се образува възходящ поток, толкова по-силен колкото е по-стръмен склонът и по-силен вятърът. Практиката от полети на планиращи авиомодели показва, че моделът може да лети над склона на височина два или три пъти по-голяма от височината на самия склон. Ако скоростта на възходящия поток е по-голяма от скоростта на снижение на планиращия модел, то планерът ще се изкачва. Когато двете скорости се изравнят планерът ще лети по вълнообразна траектория (последователно губейки и набирайки височина). Ако склонът е много стръмен, със сложен стъпаловиден релеф и частично покрит с дървета, то около „стъпалата“ и дърветата се образуват завихряния и низходящи течения, които могат да повлияят неблагоприятно на полетите на планиращи модели, както и на големи самолети. Известни са катастрофи след преминаване на върхове от низходящия вихър зад прелетения връх. Планирането на полети около възвишения следва да отчита възможните силни завихряния на въздушната среда.

Конвекция на въздуха и нейното използване.

Термичните възходящи потоци се използват от планеристите и се отразяват на полетите на свободно летящите авиомодели. Условието да се появят термични възходящи потоци е ясното слънчево време. Земната повърхност се нагрива различно в зависимост от окраската и свойствата на почвата. Заедно с почвата и растителността върху нея се нагрива и прилежащият въздух. Топлите въздушни маси се издигат (процесът се нарича „конвекция“). С издигането нагретият въздух постепенно се охлажда и отново се спуска към земната повърхност, процесът се повтаря – образува се циркулация на въздушните маси. Вечер

с отслабването на слънчевото греене конвекцията отслабва. Привечерните топлинни възходящи потоци са по-слаби, но по-равномерни и обширни по площ. Разумното използване на това явление може да осигури продължителен безмоторен полет.

Обледеняването е натрупване на лед върху обтекаемите повърхности на летателните апарати, двигателите и витлата, външните детайли на оборудването при полет във въздух, съдържащ преохладени капки вода. Летателните апарати могат да се обледенят и на Земята. Обледеняването е опасно с това, че се променят неблагоприятно всички свойства на летателния апарат, провокира се неустойчива работа на газотурбинните двигатели и тяхното самоизключване в полет. Обледеняването се оценява със скоростта на нарастване на леденото покритие (интензивност на обледеняването). Интензивността на обледеняването зависи от съдържанието на вода в облаците, размера на капките, скоростта на полета и формите на самолета. Най-интензивно обледеняване се наблюдава в купесто – дъждовни облаци при съдържание на вода (водност на облака) повече от 1 g/m^3 .

Видимостта е най-важния метеорологичен елемент, определящ сложността на полетните условия. Под видимост в атмосферата се разбира пределното разстояние, на което се забелязва характерен ориентир. Видимостта зависи основно от прозрачността на въздуха, т. е. от съдържанието в него на различни примеси (капки вода, снежинки, прах и др.). Най-добра видимост имат въздушните маси идващи от Арктика и океаните. Най-лоша е видимостта над пустинни и степни райони.

Полярните сияния протичат в земната атмосфера (основно в долната част на йоносферата). Това са оптични явления, наблюдавани в небето над полярните райони на Земята. Образуват се от взаимодействието на заредени частици от слънчевия вятър с магнитосферата. Възникват на височина $90\text{-}130 \text{ km}$ над земната повърхност. Полярните сияния възникват по продължение на овални зони, разположени на 23° от геомагнитните полюси. Този обсег е известен като "овал на полярното сияние". Поясът е по-широк от нощната страна на Земята, отколкото от дневната. Ширината на пояса от овала на северното сияние през нощта достига до 600 km . **Полярното сияние обикновено се придружава от геомагнитна буря**. За летящите самолети може да се появят смущения в показанията на приборите (например – трептене на стрелката на компаса).

Метеорологични условия на полета се нарича съвкупността от метеорологични елементи и явления, наблюдавани в района на летището или по маршрута на полета, оказващи влияние върху изпълнението му. Към **сложните метеорологични полети** се отнасят всички полети в облаци, с ограничения на хоризонталната видимост при кацане и определени нормативно височини на долната граница на облаците.

Управлението на самолета при кацане се счита за най-труден етап от полета (40% от всички катастрофи стават при кацане). Той протича в условия на дефицит на време за екипажа. За кацането съществува т. нар. **метеорологичен минимум**. Международната организация на гражданската авиация (ICAO) в 1962 г. е въвела категоризация на метеорологичния минимум и е въвела изисквания към земните и бордови средства за осигуряване на кацането. В съкратен вид категориите на метеорологичния минимум за кацане по ICAO са показани в следната таблица [4 – стр. 137]:

Номер на категорията по метеорологичен минимум	Височина на облаците (m)	Видимост по посока на пистата за излитане и кацане (m)
Първа	60	800 – 600
Втора	45 – 30	480 – 360
Трета – А	0	210
Трета – В	0	45
Трета – С	0	0



Полярни сияния над Норвегия
(Интернет)



Совалката "пробива" облаци
след старта (фотография от
Интернет (.Pinterest))

Литература по темата

1. **Авиационный справочник для летчика и штурмана**, Военное издательство, Москва 1964 г., под редакцией генерал – майора авиации В. М. Лавскова, стр. 3..29
2. Брайън Ридли, **Светът около нас**, изд. „Наука и изкуство“, София 1988 г., стр. 106...125
3. Гетланд К., **Космическая техника**, изд. „МИР“, Москва 1986 г., стр. 20, 92...94
4. Денисов В. Г., В. Ф. Онищенко, **Инженерная психология в авиации и космонавтике**, изд. „Машиностроение“, Москва 1972 г., стр. 137
5. Прандтл. Л., **Гидромеханика**, изд. „Иностранной литературы“, Москва 1951 г., стр. 525
6. Девис Д., **Пилотирование больших реактивных самолетов** изд. „Машиностроение“, Москва 1975 г.
7. Интернет