

Revista Eletrônica



AeroDesign

Magazine

Seção Artigos Técnicos



Título do Artigo: Definição da atmosfera padrão e sua aplicação na engenharia aeronáutica.

Revista Eletrônica AeroDesign Magazine
Volume 6 – Número 1 – 2014
ISSN – 2177-5907

2014

Definição da atmosfera padrão e sua aplicação na engenharia aeronáutica

Lauren Emanuelle Nascimento Peres
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
laurenperes@hotmail.com

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
luizaerodesign@gmail.com

Palavras-chave

Atmosfera padrão, Engenharia aeronáutica.

1 – Introdução

A combinação de temperatura, pressão e densidade do ar circundante é o que resulta no desempenho de aviões e dos motores utilizados nas aeronaves. O movimento das massas de ar e as alterações sazonais produzem grandes variações na distribuição destas propriedades na atmosfera da Terra. As características da atmosfera tem muitas variações como a altitude, a época do ano, a latitude, as características geográficas do local e até mesmo com a hora do dia.

Considerar a variação de todos esses fatores durante o projeto e ensaio de uma aeronave, é impossível. Para que seja possível relacionar os ensaios em voos e os testes em túneis de vento com o projeto de uma aeronave a fim de se determinar seu desempenho é necessário que se estabeleça um padrão de referência sobre a atmosfera em que uma aeronave estaria voando. Essa necessidade levou ao desenvolvimento de um modelo de atmosfera de referência em que os valores da temperatura, pressão, densidade e viscosidade em função da altitude representam uma média de valores medidos durante muitos anos em várias regiões da Terra com latitudes médias.

A atmosfera de referência mais comum é baseada nas condições das latitudes

médias do hemisfério norte e chama-se ISA (International Standard Atmosphere), e o presente artigo possui a finalidade de apresentar de maneira resumida a teoria aplicada para o estudo da atmosfera padrão.

2 – Fundamentação Teórica

Para a realização de um estudo de atmosfera padrão, algumas definições iniciais sobre as altitudes características são necessárias, e as principais altitudes são:

Altitude Geométrica: É a distância vertical entre o nível médio do mar e o ponto a ser considerado;

Altitude Absoluta: É a distância vertical medida a partir do centro da Terra em relação ao ponto em estudo;

Altitude Geopotencial: É uma altitude fictícia obtida a partir da altitude geométrica, assumindo a aceleração da gravidade constante, medida no nível médio do mar até o ponto a ser considerado;

Altitude-Pressão: É a altitude geométrica, na atmosfera padrão, no qual uma determinada pressão é encontrada. Um altímetro devidamente calibrado e ajustado em 1013,2hPa indica a altitude-pressão;

Altitude-Densidade: É a altitude geométrica, na atmosfera padrão, no qual uma determinada densidade é encontrada;

Altitude-Temperatura: É a altitude geométrica, na atmosfera padrão, no qual uma determinada temperatura é encontrada.



3 - Camadas da Atmosfera

A atmosfera está convencionalmente estruturada em cinco camadas, três das quais são relativamente quentes, e, duas camadas, relativamente frias.

A Troposfera é a camada atmosférica que se estende da superfície da Terra até a base da estratosfera. Praticamente todos os fenômenos meteorológicos ocorrem nesta camada, e cerca de setenta e cinco por cento do peso atmosférico está confinado nela, sendo caracterizada por uma redução das variáveis pressão, temperatura e densidade do ar conforme a altitude aumenta. Representa a única camada em que os seres vivos podem respirar normalmente e sua espessura média é de aproximadamente 11 km acima do nível do mar, atingindo até 17 km nos trópicos e 7 km nos pólos.

Na estratosfera, em altitudes variando de sua base até cerca de 20km, a temperatura permanece constante, caracterizando uma região isotérmica, e a partir dos 25 km aumenta substancialmente com o aumento da altitude. Essa camada é caracterizada por movimentos horizontais da massa de ar, e, de acordo com a latitude, a base da estratosfera situa-se entre 7 km e 17 km acima do nível do mar e sua transição para a mesosfera ocorre em uma altitude próxima a 50 km. Uma característica importante da estratosfera é a pequena concentração de vapor de água e o aumento da temperatura em altitudes maiores proporcionando uma excelente condição para o voo de aviões a jato.

Na mesosfera a temperatura diminui substancialmente conforme a altitude aumenta, atingindo cerca de -90°C em seu topo. A mesosfera possui sua base situada em 50 km de altitude com a sua transição para a termosfera ocorrendo entre altitudes que variam de 80km a 85 km em relação ao nível do mar.

Na termosfera a temperatura aumenta rapidamente com a altitude, até onde a densidade das moléculas é tão pequena que se movem em trajetórias aleatórias. A temperatura média da termosfera é de

1500°C , mas a densidade é tão pequena que essa temperatura não é sentida. Sua base está situada entre 80km e 85 km de altitude e sua espessura varia entre 350 km e 800 km dependendo da atividade solar, representa a camada onde orbita o ônibus espacial.

A exosfera representa a camada mais externa da atmosfera da Terra e sua base encontra-se em média na altitude de 650 km, sendo composta principalmente de hidrogênio e hélio e se estende para o espaço exterior.

Além das cinco camadas principais determinadas pela temperatura, outras camadas intermediárias e de transição também fazem parte da classificação atmosférica, porém não representam importância significativa para o estudo do desempenho das aeronaves, e, portanto, não são discutidas em detalhes no presente artigo.



Figura 1 – Camadas da atmosfera.

Para o estudo do desempenho das aeronaves, a camadas mais importantes são as duas mais próximas da superfície da Terra, a Troposfera e a Estratosfera.

A troposfera, começa ao nível do mar e caracteriza-se por uma diminuição linear da temperatura do ar em função da altitude. Ao nível do mar a temperatura tem um valor de 288,15K, e, a 11 km, tem um valor de 216,65K.

Na estratosfera, sua principal característica é a temperatura constante de 216,65K desde os 11 km até 20 km de altitude, e a partir dessa altitude, o valor da temperatura volta a aumentar até a altitude de

50 km que representa o topo da estratosfera. A Figura 2 ilustra o modelo teórico que representa a variação de temperatura em função da altitude nas várias camadas atmosféricas.

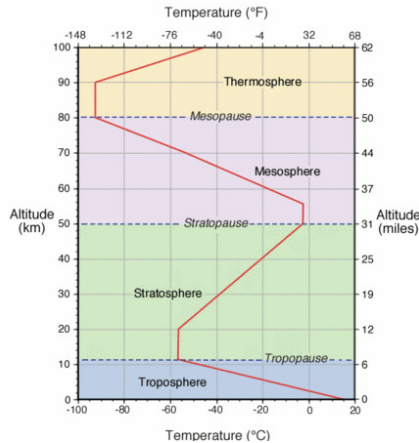


Figura 2 – Variação da temperatura nas camadas da atmosfera.

O termo atmosfera padrão se caracteriza por uma variação ideal e linear da temperatura em função da altitude, possuindo linhas retas verticais, chamadas de regiões isotérmicas, e linhas inclinadas, chamadas de regiões de gradiente. As variações de pressão e densidade do ar em função da altitude possuem relação direta com a variação da temperatura e matematicamente podem ser definidas com a aplicação das leis fundamentais da física.

Para as regiões isotérmicas, as variações de pressão e densidade do ar em função da altitude geopotencial podem ser determinadas a partir das Equações (1) e (2) apresentadas a seguir.

$$\frac{P}{P_1} = e^{-\left(\frac{g_0}{R \cdot T}\right) \cdot (h-h_1)} \quad (1)$$

$$\frac{\rho}{\rho_1} = e^{-\left(\frac{g_0}{R \cdot T}\right) \cdot (h-h_1)} \quad (2)$$

Para as regiões de gradiente, as variações de pressão, densidade do ar e temperatura em função da altitude geopotencial podem ser

determinadas a partir das Equações (3) e (4) e (5) apresentadas a seguir.

$$\frac{P}{P_1} = \left(\frac{T}{T_1}\right)^{-\left(\frac{g_0}{a \cdot R}\right)} \quad (3)$$

$$\frac{\rho}{\rho_1} = \left(\frac{T}{T_1}\right)^{-\left[\left(\frac{g_0}{a \cdot R}\right)+1\right]} \quad (4)$$

$$T = T_1 + a \cdot (h - h_1) \quad (5)$$

A variável “a”, presente nas Equações (3), (4) e (5) representa uma constante obtida para cada uma das camadas de gradiente sendo definida a partir da variação da temperatura em função da altitude conforme Equação (6).

$$a = \frac{dT}{dh} = \frac{T-T_1}{h-h_1} \quad (6)$$

4 - Conclusões

Como conclusões, podem se citar que as características técnicas e teóricas das principais camadas da atmosfera são essenciais para o estudo de desempenho de aeronaves, mostrando um modelo de referência atmosférica no qual suas propriedades representam uma média das suas variações, estabelecendo um padrão de referência da atmosfera em que uma aeronave estaria voando, para que assim, mesmo com as variações de latitude, altitude, característica geográfica, época do ano, e hora do dia, possa ser efetuado o projeto e calculado seu desempenho a partir dos cálculos aqui especificados, podendo assim relacionar os ensaios de voos, e os testes em túneis de ventos

5 - Referências

- [1] Houghton, E.L. & Carpenter, P.W., **Aerodynamic for Engineering Students**, Butterworth-Heinemann Publishing, 2003, 5th Ed;
- [2] Doebelin, E.O., **Measurement Systems-Application and Design**, Mc Graw-Hill International Editions, Mechanical Engineering Series, 4a Ed., 1990.