

Revista Eletrônica



AeroDesign

Magazine

Seção Artigos Técnicos



Título do Artigo: Relação entre as velocidades verdadeira, equivalente, calibrada e indicada de uma aeronave leve monomotora operando em condições de voo subsônico incompressível.

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

2014

Relação entre as velocidades verdadeira, equivalente, calibrada e indicada de uma aeronave leve monomotora operando em condições de voo subsônico incompressível

Thaís Vieira Nunhes

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
thais_nunhes@hotmail.com

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
luizaerodesign@gmail.com

Resumo

Esse artigo tem como objetivo diferenciar e relacionar as velocidades verdadeira, equivalente, calibrada e indicada considerando-se uma aeronave leve monomotora operando em regime de voo subsônico incompressível.

Palavras-chave

Projeto de Aeronaves, Desempenho da Aviões, Voo subsônico.

1 – Introdução

O desempenho das aeronaves é função de várias propriedades físicas, das quais destacam-se a temperatura, a pressão e a densidade do ar. Considerando a influência dessas propriedades na descrição dos dados para a obtenção do desempenho (por exemplo, quanto menor a densidade, menores serão a sustentação gerada na aeronave e menor a tração gerada pelos motores), o conceito de velocidade passa a assumir diversas formas: velocidades verdadeira (TrueAirspeed – TAS), equivalente (EquivalentAirspeed – EAS), calibrada (CalibratedAirspeed – CAS) e indicada (IndicatedAirspeed – IAS).

2 – Fundamentação Teórica

Durante a operação de uma aeronave, muitas velocidades características são

utilizadas, e, a determinação dessas velocidades depende diretamente do regime de voo da aeronave, que podem ser caracterizados da seguinte forma: voo em baixa velocidade com escoamento incompressível, voo subsônico com escoamento compressível e voo supersônico, [2].

O escoamento incompressível ocorre em aeronaves que se deslocam com velocidades inferiores a Mach 0,30, e nessa situação, as velocidades indicada, calibrada, equivalente e verdadeira são determinadas através da equação de Bernoulli, sendo que cada uma delas possui sua particularidade em termos de correções para pressão e densidade do ar. Pelo princípio de Bernoulli, a pressão total em uma massa de ar se deslocando é igual à soma da pressão estática com a pressão dinâmica, portanto:

$$P_0 = P_e + P_d \quad (1)$$

Onde P_0 representa a pressão total, P_e a pressão estática e P_d a pressão dinâmica definida por $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2$, assim, a Equação (1) pode ser reescrita do seguinte modo:

$$P_e + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 = P_0 \quad (2)$$



Isolando-se a velocidade na Equação (2), e considerando tanto a diferença de pressão como a densidade do ar com os respectivos valores obtidos para o nível atual de voo da aeronave, obtém-se uma expressão para a determinação da velocidade verdadeira da aeronave, assim:

$$V_V = \sqrt{\frac{2 \cdot (P_0 - P_e) h_G}{\rho_{h_G}}} \quad (3)$$

A velocidade verdadeira da aeronave representa a real velocidade do avião nas condições de altitude, pressão, temperatura e densidade do ar. Seu valor é maior que a velocidade equivalente e conseqüentemente maior que as velocidades indicada e calibrada.

Normalmente a velocidade verdadeira é utilizada quando se realiza o plano de voo pelo piloto, pois na condição de cruzeiro em uma rota de navegação aérea, sua determinação permite definir com maior precisão as condições de alcance e autonomia da aeronave, propiciando uma situação mais próxima da realidade encontrada durante o trajeto. Neste ponto é importante lembrar que as correções de pressão e temperatura são realizadas com base nas tabelas de atmosfera padrão, e, que, ao longo do trajeto, a atmosfera sofre variações e não se comporta de forma idêntica as tabelas, porém, mesmo assim, o cálculo da velocidade verdadeira permite uma excelente aproximação com as condições reais encontradas pela aeronave ao longo de sua trajetória.

A velocidade equivalente para um escoamento incompressível corresponde a velocidade em condições de atmosfera padrão, ao nível do mar, que produz a mesma pressão dinâmica da velocidade verdadeira da aeronave na altitude, [3]. Assim, seu valor, pode ser determinado considerando-se na Equação (3), a mesma pressão dinâmica obtida na altitude com o valor da densidade do ar na atmosfera padrão ao nível do mar, portanto:

$$V_E = \sqrt{\frac{2 \cdot (P_0 - P_e) h_G}{\rho_{SL}}} \quad (4)$$

O subscrito SL presente na Equação (4) indica os valores característicos da atmosfera padrão ao nível do mar.

Para o voo realizado com velocidade inferior a Mach 0,30 e altitudes inferiores a 3048m (10000ft), a velocidade equivalente de uma aeronave é muito próxima das velocidades calibrada e indicada, e, portanto, a V_E representa a velocidade indicada e visível ao piloto no mostrador do velocímetro, e a seguinte relação pode ser utilizada:

$$V_E \cong V_C \cong V_I \quad (5)$$

Uma forma direta de relacionar a velocidade verdadeira com a velocidade equivalente de uma aeronave é dividir a Equação (4) pela Equação (3) conforme mostrado a seguir.

$$\frac{V_V^2}{V_E^2} = \frac{\frac{2 \cdot (P_0 - P_e) h_G}{\rho_{h_G}}}{\frac{2 \cdot (P_0 - P_e) h_G}{\rho_{SL}}} \quad (6)$$

Resultando em:

$$V_V = V_E \cdot \sqrt{\frac{\rho_{SL}}{\rho_{h_G}}} \quad (7)$$

O que mostra que a velocidade verdadeira de uma aeronave varia com a velocidade equivalente em função da raiz quadrada da razão entre a densidade do ar ao nível do mar e a densidade do ar no nível em que a aeronave está realizando o seu voo. Na Equação (7) também fica evidente que quanto maior for a altitude, menor será o valor de ρ_{h_G} , e, conseqüentemente maior será a razão entre as duas densidades propiciando uma maior diferença percentual entre as duas velocidades conforme a altitude aumenta.

3- Apresentação e Discussão dos dados

Não é difícil entender a importância de se conhecer as diferenças entre os valores de Velocidade Verdadeira, Equivalente, Calibrada e Indicada. Como exemplo, considere um passageiro ou um piloto inexperiente que assume que o velocímetro de uma aeronave é igual ao de um carro. Os erros de medição da velocidade, nesse caso, implicariam na condição de um voo inseguro. Isso porque quando se trata de aeronaves, medir a velocidade deixa de ser algo simples devido a uma série de importantes conceitos que se precisa dominar a fim de operá-la com segurança.



Figura 1 - Indicador de Velocidade[1].

Conforme discutido na fundamentação teórica, a densidade do ar, pressão e temperatura afetam a velocidade aerodinâmica. Isso significa que um avião irá se deslocar mais rápido através do ar que é menos denso do que no ar mais denso (é por isso que em grandes altitudes temos altas velocidades aerodinâmicas). Além disso, o fato de que a quanto maior a temperatura, menos denso é o ar explica o porquê que um avião se desloca mais rapidamente em um dia quente do que em um dia frio, mantendo a mesma altitude.

Foi visto também que a diferença de densidade ocasiona um impacto negativo na indicação da Velocidade Verdadeira. Para a correção desse problema é necessário calcular a Velocidade Equivalente (análoga a Velocidade Indicada), ajustada para uma referência da Atmosfera Padrão Internacional (ISA), ao nível médio do mar.

Outra importante condição a ser observada é o valor da pressão em voo, capaz de gerar erros de posicionamento na Velocidade Indicada do avião. Visando a correção desses erros de posicionamento, foi desenvolvida a Velocidade Calibrada (a mais usual em indicadores de velocidade) - também ajustada para uma condição de referência da Atmosfera Padrão Internacional (ISA), ao nível médio do mar.

Conclusões

Por fim, pode-se concluir que a revisão das velocidades publicadas em velocímetros de aeronaves faz-se necessária diante da possibilidade de valores que lá podem estar "indicados" ou "calibrados". Além disso, voar dentro das velocidades certas garante que a aeronave se encontre sempre dentro do seu envelope de manobra, garantindo um voo seguro.

Considerando que as trajetórias percorridas por uma aeronave devem ser previstas com alto nível de precisão, nota-se a relevância do estudo desenvolvido, o qual discutiu sobre os níveis de precisão das diferentes velocidades de medição. Contudo, a metodologia aqui desenvolvida certamente contribuiu para esclarecer os principais conceitos e relações acerca das velocidades verdadeira, equivalente, calibrada e indicada de uma aeronave monomotora em regime de voo subsônico incompressível.

Referências

- [1] MENEZES JUNIOR, Luiz Pradines de. Fundamentos da Teoria de Voo, Luiz Pradines de Menezes Junior. - São Paulo : EI – Edições Inteligentes, 2004.
- [2] Houston, Accuracy of Airspeed Measurements and Flight Calibration Procedures, NACA Relatório No. 919, 1984.
- [3] GRACEY, WILLIAM, Measurement of Aircraft Speed and Altitude, NASA Publicação 1046, Maio, 1980.