

Some Clear Talk About

SPINS

by Jim Payne

Jim atualizou um artigo que escreveu para a Revista Soaring de Abril 1984 sobre um assunto que permanece de vital interesse para todos os pilotos.

Em 1981 eu presenciei um estol/parafuso fatal de um planador biplace de alta performance. O parafuso (spin) ocorreu com uma curva da reta final sempre-também-tipicamente baixa, sem-inclinação, com derrapagem. Foi com um sentimento de nada poder fazer, ver este planador fora de controle tão baixo e sem condição de recuperação.

Minha esposa Jackie, a quem eu estava ensinando a voar planadores, também presenciou o acidente e decidiu que parafusos existiam para serem temidos. Ela teve dificuldades de relaxar quando chegava a hora dos parafusos pré-solo que eu exijo de meus alunos. Eventualmente ela trabalhou para criar coragem e descobriu que parafusos não devem ser temidos, mas sim respeitados. Em fato, uma vez que ela entendeu-os ela decidiu que parafusos eram divertidos. Quando eu estava dando um briefing para seu primeiro solo, ela perguntou, "Posso praticar alguns parafusos?".

Em 1983 eu completei o treinamento de parafusos na U.S. Air Force Test Pilot School (Escola de Pilotos de Teste da US Air Force). Eu posteriormente fiz duas visitas na TPS enquanto eu era um instrutor de planadores e de parafusos no A-37 e um instrutor de F-16. Embora este treinamento foi relacionado para o teste de parafusos das melhores máquinas voadoras da Air Force, a teoria aplica-se a todas as aeronaves de asas fixas. Este artigo mostra a teoria que um piloto de planador necessita saber sobre parafusos.

FUNDAMENTOS (BACKGROUND)

Para nos entendermos, eu começarei com algumas definições:

Vento Relativo (Relative wind) – O vento aparente para a aeronave em movimento.

Angulo de Ataque (Angle of Attack) - O angulo entre o vento relativo e alguma referencia, normalmente a linha de corda da asa (fig. 1).

Estol (Stall) – Quando o angulo de ataque fica grande o suficiente para que o fluxo de ar sobre a asa (extradorso) comece a separar. Aumentando o angulo de ataque além deste aumenta o arrasto (drag) mas não a sustentação (lift).

Rolagem (Roll) – Rotação sobre o eixo longitudinal (eixo-x / x-axis).

Arfagem (Pitch) - Rotação sobre o eixo lateral (eixo-y / y-axis).

Guinada (Yaw) – Rotação sobre o eixo vertical (eixo-z / z-axis).

Guinada Adversa (Adverse yaw) – Guinada oposta à direção da rolagem

Entrada (Departure) – O movimento não comandado entre um estol e um parafuso bem definido.

Uma curva típica de coeficiente de sustentação (coefficient of lift) (C_L) versus o angulo de ataque (α) para um típico aerofólio curvo (cambered airfoil) usado em planadores é mostrado na Figura 2. Note que num angulo de ataque zero, a asa produz sustentação por causa de sua curvatura assimétrica (asymmetrical camber).

Uma curva típica de coeficiente de arrasto (coefficient of drag) (C_D) versus o ângulo de ataque é mostrado na Figura 3.

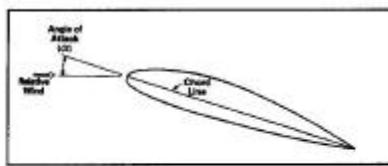


Figure 1. Angle of Attack.

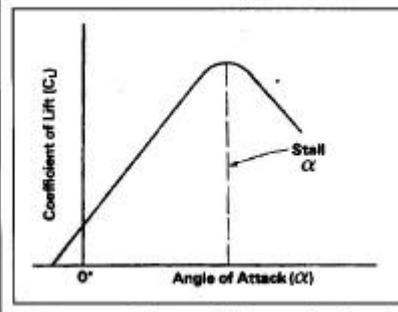


Fig. 2

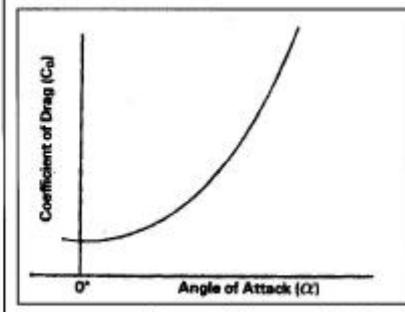


Fig.3

DESCRIÇÃO DO PARAFUSO

Um parafuso ocorre quando um planador está simultaneamente estolado e tem uma razão de guinada (yaw rate). Quando isto acontece, a asa de dentro da curva está se movimentando mais lentamente que a asa de fora e está então operando com um ângulo de ataque maior. Olhando os coeficientes de sustentação e de arrasto versus o ângulo de ataque nas curvas para asas acima do estol, a asa de fora está produzindo mais sustentação que a asa de dentro enquanto que a asa de dentro produz um arrasto maior. A interação entre a sustentação e o arrasto diferencial entre as asas causa uma auto-rotação que continua enquanto o ângulo de ataque for maior que o ângulo de ataque do estol (Fig. 4).

O ângulo de ataque em um parafuso é função das forças inerciais (forças centrífugas) devido à rotação e as forças aerodinâmicas de arfagem. Para ver o que estas forças inerciais são, vamos imaginar que o peso da fuselagem está dividido em dois pesos separados, um representando o nariz e o outro representando a cauda (Figura 5.) A rotação sobre o eixo do parafuso causa forças centrífugas nos pesos que levantam o nariz. A mesma análise de forças centrífugas pode ser aplicada para as asas, as quais são inercialmente levadas a um mesmo nível. Com tudo isto, estas forças inerciais tendem a fazer com que a aeronave em parafuso queira achatar o parafuso (spin flat).

Os momentos aerodinâmicos de arfagem são resultados de uma estabilidade básica longitudinal. Numa típica aeronave com a cauda atrás (tail-to-the rear flying machine), a estabilidade é conseguida ao se localizar o centro de gravidade à frente do centro de sustentação (Fig. 6). Isto dá a aeronave uma tendência natural de apontar seu nariz contra o vento relativo, mesmo quando estolada. Isto significa que a cauda é forçada para baixo (downloaded) quando a aeronave está em equilíbrio.

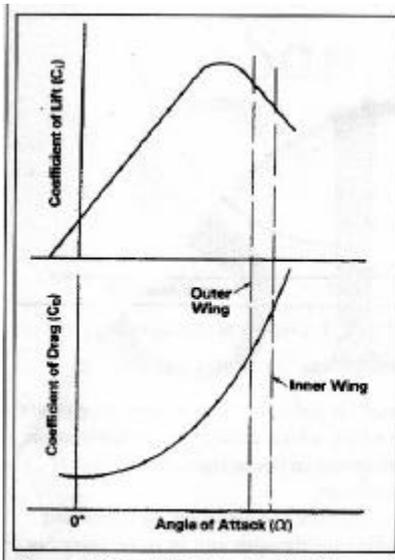


Fig. 4 Relação entre C_l e C_d p/ aeronave em parafuso

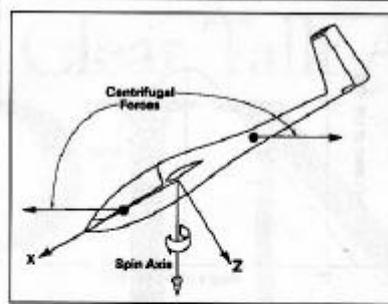


Figure 5: Inertial Forces on Fuselage.

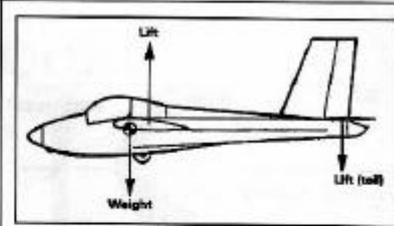


Figure 6: Stable Tail-to-the-Rear Sailplane.

Em um estol típico, o manche (stick) é levado para traz, aumentando o abaixamento da cauda, o qual aumenta o ângulo de ataque da asa até que ele exceda o ângulo de estol. Se o ângulo de ataque é mantido acima do estol e uma razão de guinada se desenvolve, as condições que causam a auto-rotação acontecem e a aeronave entra em um parafuso. O ângulo de ataque será agora determinado pelas forças inerciais e aerodinâmicas sobre o eixo lateral (eixo-y). As forças inerciais tenderão a levantar o nariz e as forças aerodinâmicas tenderão a baixa-lo.

O movimento em um parafuso é complexo. Para a análise, vamos assumir que o parafuso esta ocorrendo com as asas niveladas e sem oscilações. Isto significa que o parafuso está estabilizado com as asas niveladas com o horizonte, o ângulo de arfagem constante, o eixo de rotação vertical apontando a terra, e o vento relativo oposto à rotação. Exceto em ângulos de ataque de 90 graus ou de 0 graus, o movimento que o piloto vê será uma combinação de rolagem e de guinada. No ponto de 90 graus onde o parafuso é chato, a rolagem é zero e o movimento do parafuso é puramente guinada. O outro extremo é de totalmente rolagem e sem guinada, mas este extremo não é possível – o ângulo de ataque deveria ser zero, no qual a aeronave não estaria estolada.

Quando um parafuso é estável, o eixo do parafuso é vertical em relação à terra e as razões de guinada e de rolagem trabalham de modo a manter as asas niveladas com o horizonte (Figura 7). Note que a guinada e a rolagem estão na mesma direção, ou seja uma guinada a direita é acompanhada por uma rolagem à direita. Se deixarmos de considerar um parafuso estável, com asas niveladas e sem oscilação, os movimentos de guinada e de rolagem começam a ser dificilmente visualizados por causa das oscilações superimostas sobre um ou todos os três eixos.

Parafusos invertidos também são possíveis. Eles são especialmente desorientativos pois a guinada é na mesma direção do parafuso e o rolamento é na direção oposta a direção do parafuso (em um parafuso invertido para a direita, a guinada é para a direita e a rolagem é para a esquerda). Um planador tem dificuldades para entrar em um parafuso invertido – o curvamento positivo de uma asa típica e a baixa atuação da cauda numa direção negativa se combinam para fazer um estol sustentado invertido improvável. Entretanto, ao rolar o planador, pode ser possível causar momentos

inerciais que podem levar a aeronave a um ângulo de ataque negativo de estol e a um parafuso invertido. Isto pode acontecer quando alguém executa acrobacias incorretamente ou uma recuperação exagerada de um parafuso causa que o planador entre no dorso enquanto em movimento de guinada ou de rolagem. As boas notícias sobre parafusos invertidos é que o manche cabrado causará ou a recuperação ou a transição para um parafuso normal reconhecível.

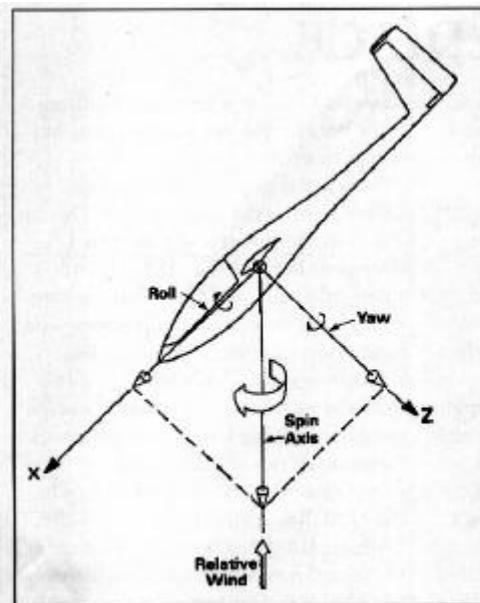


Figure 7: Right Hand Spin with Roll and Yaw Vectors Drawn.

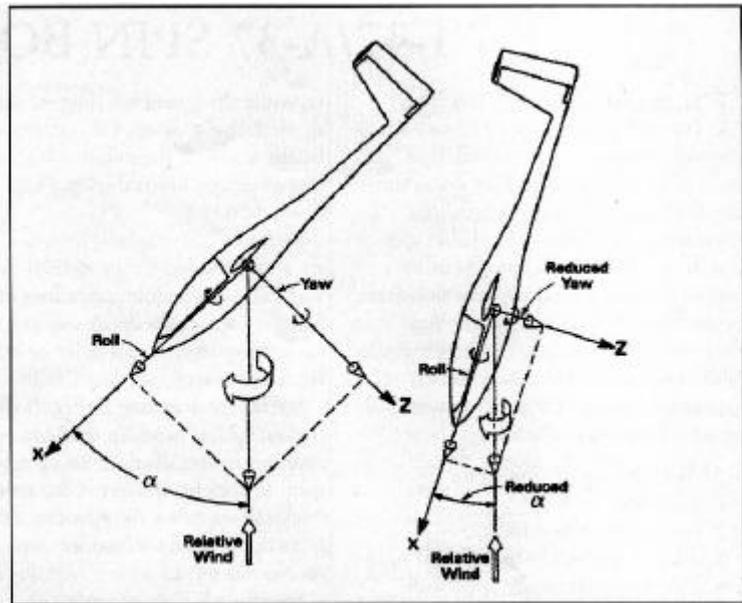


Figure 8: Reducing Yaw Reduces Angle of Attack.

RECUPERAÇÃO NORMAL

A melhor recuperação de um parafuso é evitá-lo. Isto requer manter o barbantinho (yaw string) centrado e o ângulo de ataque abaixo do ângulo de estol. Próximo ao chão, esta é a única maneira segura para tratar com parafusos, um fato que deveria estar na mente de todos os pilotos em todas as aproximações para um pouso.

Falhando em se evitar o parafuso, o ângulo de ataque deve ser reduzido a menor que o de estol. Geralmente, um planador terá atuação de profundor (elevator power) suficiente para gerar um momento de arfagem para abaixar o nariz que sobrepujará o momento inercial de levantar o nariz. Assim, manche a frente (forward stick) resultará em um ângulo de ataque abaixo do estol e em uma recuperação.

Outro método de dirigir o ângulo de ataque para abaixo do de estol é parar a razão de guinada. Se a componente de guinada do vetor do parafuso é reduzida, as forças inerciais de levantar o nariz são reduzidas. Isto desloca o balanço entre as forças que agem no parafuso e o nariz desce, reduzindo o ângulo de ataque (Figura 8). O melhor controle para reduzir a razão de guinada é o pedal (leme) oposto, o qual gera um momento aerodinâmico em oposição ao momento de auto-rotação.

Ailerons também tem um importante efeito no parafuso e em alguns casos podem ser usados na recuperação. Mas mais importante, se usados imprópriamente os ailerons podem evitar a recuperação. De fato, para a maioria dos caças, que tem a maior inércia na fuselagem, o profundor e o leme não são poderosos o suficiente para superarem as forças inerciais num parafuso. Isto faz dos ailerons o controle primário

da recuperação. Aqui, o controle correto da recuperação é do manche na direção do parafuso (aileron "com" – aileron "with")

Nos planadores, que tem a maior de sua inércia nas asas, o efeito dos ailerons é diferente. Aerodinamicamente, a guinada adversa ainda faz aileron "com" o parafuso o controle apropriado. Entretanto, aileron "com" o parafuso causam orientações inerciais que normalmente pioram o parafuso. Este conflito de aerodinâmica e efeitos inerciais fazem a influencia dos ailerons desconhecidas até que testes de vôo sejam efetuados. Deste modo, aileron "neutros" (manche no centro) é o melhor até prova em contrário.

Eu tenho testado os efeitos dos ailerons em vários planadores. No Blanik L-13, aileron "com" o parafuso aceleram o parafuso ao fazer as razões de rolagem e de guinada maiores. Aileron "contra", mesmo com pedal (leme) total pró-parafuso e manche todo atrás, resultaram em uma recuperação com menos de $\frac{3}{4}$ de volta. No confiável 1-26E, o qual tem menos inércia em suas asas, aileron "com" acelera o parafuso enquanto que aileron "contra" apenas diminui a razão de rotação, e não resulta em uma recuperação.

É importante notar que o efeito dos ailerons durante o período entre o estol e o desenvolvimento total do parafuso pode ser diferente dos efeitos dos ailerons durante um parafuso já desenvolvido. Isto ocorre porque os efeitos aerodinâmicos tais como a guinada adversa são maiores que os efeitos inerciais durante a fase inicial. Lembre que tentar levantar uma asa com os ailerons durante um estol pode causar um parafuso.

ULTIMA INSTANCIA NA RECUPERAÇÃO

Existem outras coisas que podem ajudar se os métodos primários forem ineficientes.

Em *Winning on the Wind (Vencendo no Vento)*, George Moffat conta a história de seu primeiro parafuso no Nimbus I. Ele entrou inadvertidamente em parafuso enquanto manobrava para uma foto de ponto de virada. Pedal oposto não teve efeito na razão da guinada. Recuperação foi conseguida "flexionando as asas ao se vibrar o manche (Ref. 3, p. 183).

Inicialmente neste livro George notou que alguns planadores de competição são instáveis, significando que o centro de gravidade está posicionado atrás do centro de sustentação. Com este CG traseiro, o manche a frente não produz um momento de arfagem suficiente para baixar o nariz que supere os efeitos inerciais. Vibrando o manche para flexionar as asas causaria uma oscilação de arfagem sobre o angulo de arfagem de equilíbrio do parafuso. Neste caso, a recuperação provavelmente ocorreu porque as oscilações foram grandes o bastante para arfar o planador para menos que o angulo de estol. Isto é como um piloto de F-16 recupera um "estol profundo". O piloto tem que superar o computador de bordo e elevar o nariz tão alto quanto possível. Assim que a atitude acontece, o piloto cede o manche completamente para frente para baixar o nariz. Se a primeira tentativa não recuperar o F-16, o piloto traz o manche completamente para trás quando o nariz atingir o ponto mais baixo. Isto é repetido até que o F-16 tenha arfagem para baixo (picada) suficiente para recuperar.

Abaixar os flaps aumenta a curvatura efetiva da asa. Aerofólios com o aumento de curvatura positiva tem um aumento do momento de baixar o nariz. Na ultima

instancia de se tentar uma recuperação, colocar os flaps para baixo podem dar o momento extra necessário.

RECONHECENDO A RECUPERAÇÃO

Algumas vezes é difícil reconhecer o que a aeronave está fazendo durante a fase de recuperação. Alguns aviões tem uma recuperação suave enquanto eles saem do parafuso. Outros podem ter uma recuperação mais violenta com movimentos residuais sobre um ou mais eixos, especialmente o eixo de rolagem. Geralmente, a eliminação da razão de guinada e/ou aumento da velocidade são sinais que indicam a recuperação. Treinamento é a única maneira para aprender a reconhecer os sinais particulares da recuperação de uma aeronave.

Alguns planadores tendem a ter uma transição para uma espiral (spiral), o que pode normalmente ser diferenciado de um parafuso pelo aumento de velocidade (airspeed) e aumento das forças g. O planador pode ser levado para fora de uma espiral ao se ceder a pressão para cabrar o manche e usando pedal e ailerons para parar a guinada e a rolagem. Seja cuidadoso para não exceder a VNE ou o limite de carga do mesmo durante a recuperação.

Outro problema que acontece em parafusos são os efeitos psicológicos do parafuso no piloto. A rotação rápida pode causar efeitos no ouvido interno que dá ao piloto a falsa sensação de movimento. Normalmente, eles não são notados pois os sinais visuais permitem uma informação predominante no cérebro. Nós precisamos estar atentos a estas falsas sensações, pois elas tem sido um fatos para alguns acidentes inexplicados de parafusos, especialmente aqueles onde os controles para recuperação são mantidos durante muito tempo, causando um parafuso na direção contrária.

TREINAMENTO

Todo mundo que voa aeronaves de asas fixas devem ter treinamento em estóis, entradas de parafuso e parafusos. Assim como outras tarefas complexas, instruções pelo correio (mail-order) ou auto-instrução não são boas. A maneira correta é achar um instrutor experimentado em parafusos, receber instrução no solo, e então em fazer vôos duplos em planadores certificados para parafusos. Escolha um bom planador em parafusos como o Schweizer SGS 2-32 ou o Blanik L-13.

TRANSIÇÃO

Após este treinamento, e antes de sua transição para uma nova aeronave, vá aos manuais e aprenda tudo que você puder a respeito do seu estol, entrada de parafuso, e características do parafuso. Muitos fabricantes não publicam uma boa informação destes assuntos, então pode ser necessário alguma pesquisa ou ser necessário perguntar a alguém experimentado em voar esta aeronave.

Algumas questões a serem respondidas são:

- Qual é o aviso de estol?
- Todos os comando são efetivos até o estol?
- Quais manobras (como curvar derrapadas) tendem a causar entradas de parafuso?
- Qual o método melhor e mais rápido para a recuperação de parafusos?

- A aeronave irá recuperar se os controles forem simplesmente soltos?
- Qual a altura perdida durante uma recuperação (260 mts AGL é um lugar terrível para aprender que a recuperação requer 300 mts).
- O que acontece se eu tiver lastro de água?
- Qual o meu limite traseiro de CG?

Agora, quando você voar uma aeronave, confirme o que você aprendeu nos manuais, sendo cuidadoso ao não exceder os limites especificados. Primeiro, pratique estóis e recuperações e gradualmente aumente os ângulos de arfagem e guinada. Lembre que desde que um estol precede um parafuso, o aviso de estol é o aviso de parafuso. Mantenha os avisos sempre na sua mente de modo a que eles possam ser instantaneamente reconhecidos. Então, se sua aeronave é certificada para parafusos, aplique os controles pró-parafuso durante o estol. Comece com controles pró-parafuso por um segundo, então recupere. Gradualmente aumente este tempo até você conseguir desenvolver totalmente os parafusos. Comece com o procedimento de recuperação recomendado para a aeronave. Então tente cada eixo de controle separadamente para aprender os efeitos em cada um. Experimente verificar o que o pedal oposto e o manche a frente causam na recuperação do parafuso normal. Em um planador, espere que aileron "com" o parafuso aumente a rotação e aileron "contra" diminua o parafuso e possivelmente cause recuperação. Se a qualquer tempo algo que você não goste ocorrer, faça imediatamente o procedimento recomendado para este modelo de aeronave.

CUIDADOS

Sempre cheque duplamente seu peso e balanceamento antes de fazer parafusos. Faça seus primeiros parafusos com o centro de gravidade à frente. Planeje sua prática em parafusos de maneira a que a recuperação seja completada a mais de 500 mts AGL. Isto significa que começar o primeiro parafuso acima dos 1.000 mts AGL é uma boa idéia. Verifique bem a área. Fazer parafusos próximo de uma térmica que possa ser usada para recuperar a altura diminui os custos de reboque, mas exige cuidado para assegurar que não existe ninguém abaixo de você.

Novamente, tenha certeza que você conhece o que o fabricante recomenda e o que ele não recomenda. Use cuidados especiais com água em suas asas, o que dão as asas uma grande inércia. No mínimo um saco de lastro de água pode se romper durante um parafuso. Isto leva a uma falha catastrófica da asa devido aos efeitos hidráulicos da água correndo dentro da asa até a ponta.

A história dos testes de parafuso é cheia de exemplos de que aparentes pequenas alterações na aeronave causam grandes alterações nas características dos parafusos. Então, se você alterar algo como um engate, um curso de um controle, ou o CG dos limites testados, você está "expandindo o envelope".

Finalmente, lembre-se que parafusos normalmente resultam em atitudes que a FAA considera acrobacias. Isto significa que pára-quedas são mais que uma boa idéia. Se você estiver em um parafuso que aparentemente não é recuperável, você precisará ejetar em uma altura de cerca de 500 mts AGL para ter uma chance razoável de conseguir abrir o pára-quedas antes de bater no solo.

CONCLUSÕES

Parafusos são um fenômeno inercial e aerodinamicamente complexo. Eles precisam não ser temidos, mas devem ser respeitados. Somente o treinamento pode desenvolver este respeito e melhorar as habilidades requeridas para tratar com sucesso um parafuso acidental.

O homem que eu vi cair tinha voado em planadores por muitos anos. Ele não estava preparado. Você está?

REFERENCES

1. Anon., *Flying Qualities Theory and Right Test Techniques Hand book*, Chapter 9: Stall/Post-Stall/Spin, FRC-T1H-79-2, USAF Test Pilot School. Edwards AFB. CA. August 1979.
2. Lowery, John M., *Spins: Familiarity Breeds Longevity*, AOPA Flight Instructor's Safety Report, Volume 1, Nro. 2, Bethesda, MD April. 1975.
3. Moffat, George, *Winning on the Wind*, The soaring Press, Los Altos, CA, 1974 (paperback).

Sobre o autor:

Jim Payne começou a voar planadores como cadete da Academia de Força Aérea em 1971. Ele subseqüentemente foi instrutor de cadetes e agora tem mais que 3.500 horas em planadores. Ele tem participado de competições extensivamente, ganhando o Campeonato nacional Americano da Classe Aberta de 1999 com seu irmão, Tom. Ele conseguiu 56 recordes nacionais e 5 recordes mundiais. Ele é um Diretor da Região 12 da SSA.

O RESUMO DO MAIS IMPORTANTE DO PARAFUSO DO T-37 / A-17

O relato seguinte é o mais importante - "the Boldface" (significando que deve ser gravado na memória) do procedimento de emergência que todo piloto aluno da Força Aérea aprende durante o treinamento do T-37. Ele é feito para recuperar o T-37 de todas as possíveis condições de parafusos com a menor perda de altitude. Eu incluo nele aqui comentários pelo entendimento do porque a Força Aérea exige a cada passo pode ajudar cada piloto a entender a recuperação de parafusos. (Eu instruí parafusos no A-37, um versão mais possante do T-37).

Procedimento de Recuperação de Parafusos do T-37

- 1. Manete de Potencia – mínimo (idle)**
- 2. Controles – neutro**
- 3. Manche – Abruptamente levado completamente atrás e mantido**
- 4. Pedal – Abruptamente aplicado completamente na direção oposta ao parafuso**
- 5. Manche - Abruptamente levado completamente a frente após uma volta depois de aplicado o pedal**
- 6. Controles – Neutros após o giro parar e recuperado do mergulho.**

Passo um é colocar as manetes de potencia em mínimo (idle) para minimizar o empuxo e os efeitos giroscópicos do giro das turbinas a jato. Isto também reduz a chance de problemas nos motores e apagamentos dos mesmos (flameouts) (embora o A-37 poderia ainda apagar seus motores em mínimo – idle). Em um planador motorizado você deve verificar o que o manual de voo recomenda. Se não houver recomendações, a manete no mínimo ou desligada pode ser o melhor. Com um motor retrátil, potencia pode ajudar a recuperação porque o empuxo está acima do centro de gravidade, enquanto o arrasto do motor desligado poderá tender a levantar o nariz. As cargas no sistema retrátil do motor (tipo DG-500M, Pik-20E, Ventus 2CM, etc..) podem exceder os limites projetados durante o parafuso ou o mergulho de recuperação.

Passo dois é lembrar de mover o manche e os pedais para a posição neutra. Isto pode exigir um esforço de consciência. A maioria dos alunos subconscientemente colocam o aileron em posições que podem atrasar ou inibir a recuperação.

Passo três faz duas coisas. Se o parafuso é invertido, ele causa uma recuperação imediata ou a transição para um parafuso normal. Se o parafuso é normal, ele chateia a atitude, o que diminui a razão da guinada e dá ao estabilizador vertical / leme mais braço de momento.

Passo quatro é uma ação do leme que oposiciona a guinada. Antes de fazer esta ação é importante determinar a direção do parafuso. Normalmente a aeronave rodará na direção da ação do leme mas o início de rolagem deste pode não ser verdadeiro. Uma de minhas demonstrações favoritas no A-37 era um início de rolagem. Imediatamente acima da velocidade de estol, o aluno giraria 270 graus com o aileron no batente seguido de um pedal oposto abrupto e manche totalmente à frente. Com o rolamento à direita e o pedal à esquerda o A-37 entraria em parafusa para a direita, embora com uma razão de guinada menos que a normal. Invariavelmente na primeira vez o aluno verificava que ele iria atuar no pedal errado quando tentava recuperar, o que apenas fazia a razão de guinada aumentar. Este é normalmente um erro obvio porque a razão de guinada aumenta mas atrasa a recuperação.

Passo cinco requer a espera de uma volta antes de mover o manche a frente. Durante esta volta a razão de guinada diminui significativamente. No A-37, ASK-21, e muitas outras aeronaves, se esta espera é longa o suficiente a aeronave parará a guinada e depois cessará o parafuso sem ceder o manche a frente. manche a frente é aplicado para minimizar o numero de voltas e a correspondente perda de altitude. Movendo o manche para frente muito vagarosamente pode resultar em um parafuso acelerado com o manche todo à frente. A Força Aérea tem demonstrado isto com o ASK-21. Se isto acontece, o piloto precisa trazer o manche totalmente atrás por aproximadamente uma volta e então mover o manche completamente à frente em menos de um segundo. Você não pode manter o manche todo à frente por muito tempo sem o risco da transição para um parafuso invertido. No A-37 tudo que era necessário para arfar o avião para a vertical era "segurar" o manche a frente parado.

Passo seis leva as ações de recuperação e a recuperação da aeronave do mergulho pós-parafuso. Um planador pode facilmente atingir uma velocidade acima da VNE se a recuperação do mergulho não for realizada corretamente. Tenha cuidado ao abrir os freios aerodinamicos (spoilers) em altos g. Alguns planadores tem um limite de g reduzido com os freios abertos. Houveram ao menos três ocorrências nos últimos cinco anos com a abertura de freios durante vôos com altos g, levando a falhas nas asas.