

PRINCIPY LETU

Black Eagles

PRINCIPY LETU.....	3
Aerodynamické síly	3
Vzdušná rychlost	4
Vektor celkové rychlosti (TVV)	4
Úhel náběhu (AoA).....	4
Úhlová rychlost a poloměr zatáčky	6
Rychlost zatáčení.....	7
Ustálená a neustálená zatáčka.....	8
Nakládání s energií.....	10

Black Eagles

PRINCIPY LETU

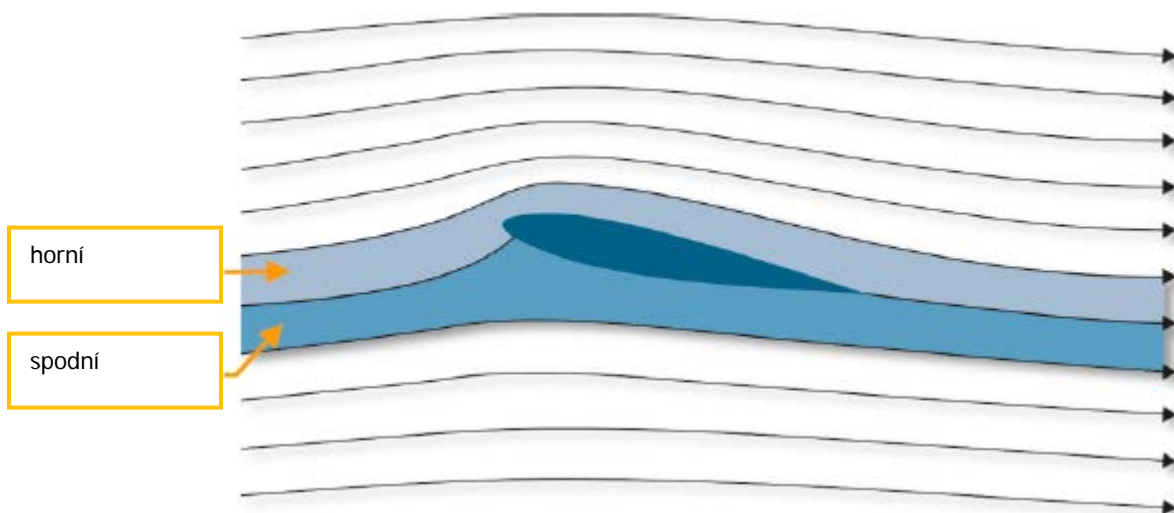
Úspěšné vedení vzdušného boje je skutečně nelehká úloha. Vojenští piloti vzdušných sil všech zemí se pravidelně cvičí několik let, než si osvojí návyky, aby co nejlépe využili možností svých letounů. I když je v leteckém simulátoru nemožné úplně namodelovat realistické chování letounu a jeho použití, je přesto stejně důležité, aby i virtuální piloti znali principy bojového letectva a maximálně využívali přednosti letounu jak při útoku na pozemní cíle, tak i ve vzdušném boji. To neplatí pouze pro A-10C, ale pro jakýkoliv jiný bojový letoun.

Aerodynamické síly

Základem letu je působení čtyř základních sil na letoun:

Tah. U A-10C vytváří dva motory TF-34 tah nasáváním vzduchu vstupní části a jeho vyfukování vysokou rychlostí v opačném směru. Velikost tahu odpovídá množství vzdušného proudu, násobená jeho rychlostí. U A-10C se velikost tahu, vytvořená motory, reguluje pomocí změny množství paliva, dodávaného do motoru, které se zase reguluje posunováním pák ovládání motorů (POM) v kabině letounu. Čím více se posune POM dopředu, tím větší množství paliva se dodává do motorů a tím větší je jejich tah.

Vztlak. U A-10C se vztlak vytváří na křídlech. Vztlak vzniká díky využití Bernoulliho zákona, podle kterého je při dostatečně rychlém (vlivem tahu) pohybu křídla v proudu vzduchu rychlost proudění vzduchu nad horní částí křídla větší než pod jeho spodní částí. Ve výsledku se nad křídlem vytváří oblast nižšího tlaku, který se může zvyšovat nebo snižovat v závislosti na rychlosti proudění vzduchu. A proto, čím rychleji letí letoun, tím větší se vytváří vztlaková síla. Protipůsobící silou je síla gravitační. Tak jak se vztlaková síla vytváří prouděním vzduchu, obtékající křídlo, tak i hustota vzduchu ovlivňuje její velikost. Jelikož s nadmořskou výškou klesá hustota vzduchu, tak se s rostoucí výškou vytváří na křídlech menší vztlak.



obr. vznik vztlaku v proudu vzduchu

Black Eagles

Aerodynamický odpor. Též nazývaný odpor vzduchu směřuje proti síle tahu. Odpor na letounech vytvářejí především vystupující části konstrukce, jako jsou vzdušné brzdy (brzdící štíty), podvozek a klapky.

Gravitační síla. Gravitační síla je vlastně síla, která urychluje objekty. Země uplatňuje svoji přírodní sílu na všechny objekty. Jako neměnná síla působí gravitace vždy jedním směrem – směrem dolů. Tah vytváří vztlak působící proti gravitační síle. Aby letoun vzletl, je třeba vytvořit dostatečný vztlak, který překoná gravitační sílu působící na letoun.

Vzdušná rychlost

Jak je známo, s menší výškou letu se zvětšuje hustota vzduchu. Větší hustota prostředí způsobuje nárůst vztlakové síly a aerodynamický odpor všech prvků letounu.

Zředěný vzduch ve větších výškách zmenšuje nosnost a snižuje aerodynamický odpor letounu, ale také umožňuje dosažení vysokých rychlostí letu. Letové charakteristiky letounu na rychlosti 700 km/h se liší od těch při rychlosti 1000 km/h. Skutečná rychlost letounu v závislosti na okolním vzduchu se nazývá skutečná vzdušná rychlost (True Air Speed, TAS). TAS vždy bere v úvahu zmenšení hustoty vzduchu podle zvětšení výšky. Traťová rychlost (Ground Speed, DS) je skutečná rychlost letounu vzhledem k povrchu země a rovná se TAS + rychlost větru.

Ve většině soudobých letounů, tak jako i u A-10C, je ukazatel rychlosti, ve kterém se počítá se změnou hustoty a vlhkosti vzduchu při změně výšky. Pokud se nezapočítává změna výšky, bude ukazatel rychlosti ukazovat přístrojovou (indikovanou) vzdušnou rychlost (Indicated Air Speed, IAS). Pro pilota je nejvíce důležitá přístrojová rychlost, protože právě ona určuje manévrovací charakteristiky letounu. Zpravidla se taková rychlost vyvádí na průhledový displej a na přístroje v kabině.

Vektor celkové rychlosti (TVV)

U většiny západních letounů se na průhledový displej vyvádí ukazatel vektoru celkové rychlosti (Total Velocity Vector, TVV), který poskytuje informaci o skutečném směru pohybu letounu (což nemusí být v podélné ose letounu) a je také nazýván Flight Path Marker (FPM). Pokud je vektor rychlosti umístěn k bodu na povrchu země, letoun poletí přímo na tento bod.

Soudobé vysoce manévroující letouny, jako je A-10C, jsou schopny přejít na velký úhel náběhu (tj. letoun se pohybuje v jednom směru, zatímco jeho podílná osa směřuje do jiného směru), proto je ukazatel vektoru celkové rychlosti pro pilota obzvláště důležitý.

Úhel náběhu (AoA)

Jak již víte, směr vektoru rychlosti letu letounu nemusí být totožný s podélnou osou letounu. Úhel mezi průmětem vektoru rychlosti do podélné roviny letounu a podélnou osou letounu se nazývá úhel náběhu (Angle of Attack, AoA). Když pilot přitahuje řídicí páku letounu k sobě, zvyšuje tím úhel

Black Eagles

náběhu. Pokud pilot v horizontálním letu sníží výkon motorů, začne letoun klesat a při pokračování v horizontálním letu se úhel náběhu nevyhnutelně zvětšuje.

AoA a IAS jsou spojené s nosnými charakteristikami letounu. Při zvětšování úhlu náběhu až do kritické hodnoty se zvětšuje aerodynamická vztlaková síla. Zvýšení rychlosti letu při konstantním úhlu náběhu také zvětšuje vztlakovou sílu. Rovněž aerodynamický odpor letounu roste při zvětšování úhlu náběhu a rychlosti letu. Je nutné upozornit na možnost přechodu letounu do kritického režimu letu., Ztráta kontroly nad letounem může nastat například, pokud pilot změní úhel náběhu nad mezní hodnotu. Mezní hodnota je vždy zobrazena na přístrojích, zobrazujících hodnotu úhlu náběhu.

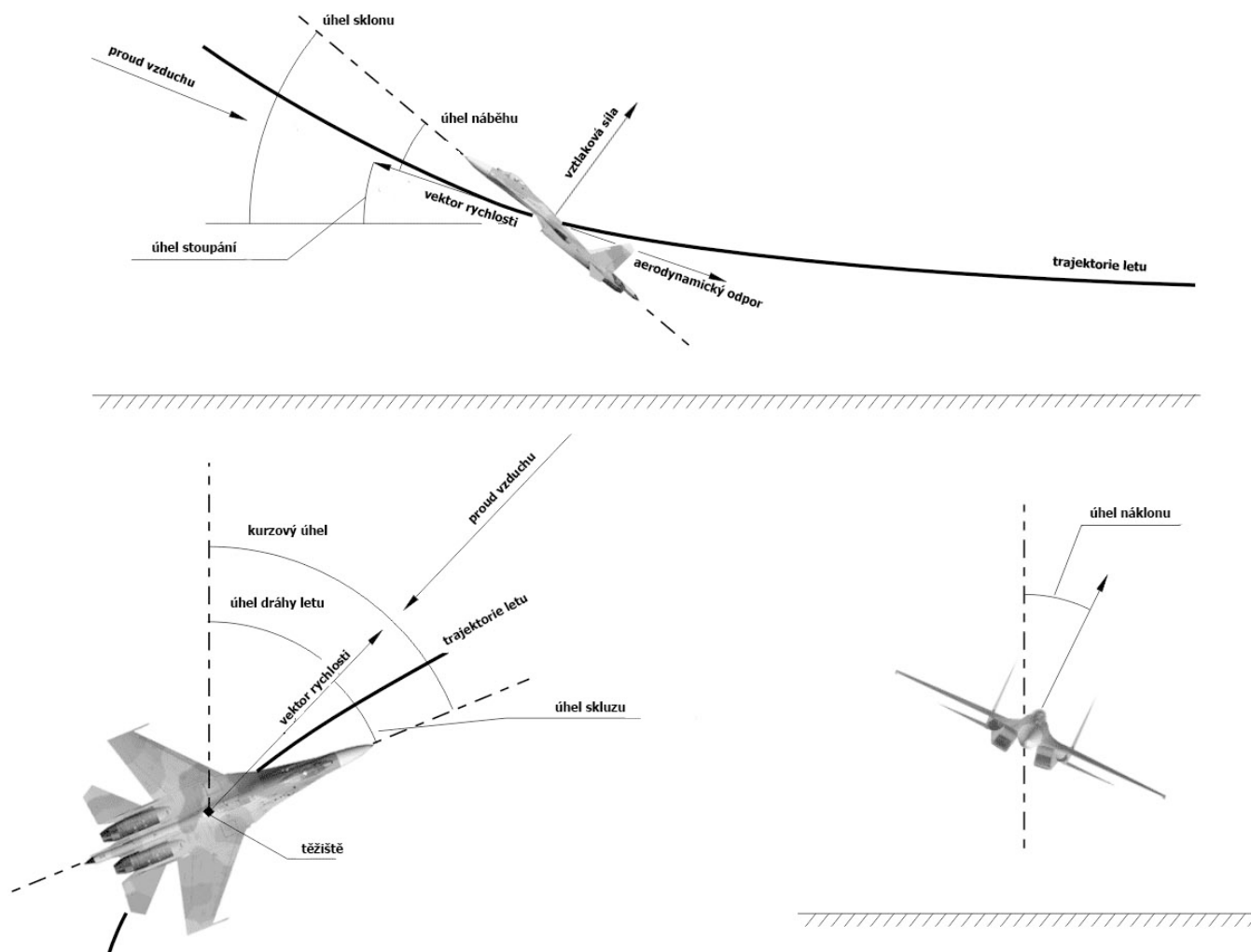
Při zvětšování úhlu náběhu letounu na mezní hodnotu se na horním povrchu křídla začnou odtrhávat proudnice. Nesymetrické odtrhávání proudnic z pravého a levého křídla způsobuje skluz letounu a samozřejmě přetažení letounu. Přetažení může vzniknout, pokud pilot převýší mezní hodnotu úhlu náběhu. Zvláště nebezpečné je dostat se do tohoto režimu při vedení vzdušného boje. Ve vývrtce a prakticky neovládatelný letoun se stává snadnou kořistí pro nepřítele.

Při vývrtce se letoun točí kolem vertikální osy a neustále ztrácí výšku. Některé typy letounu se také mohou kolébat kolem příčné a podélné osy. Při vývrtce musí pilot soustředit svoji pozornost na vyvedení letounu z tohoto nebezpečného režimu. Existuje mnoho metodik, jak vyvést různé typy letadel z vývrtky. Zpravidla je nutné snížit tah, vyvíjený pohonnou jednotkou, vyklopnout pedály do opačného směru točení vývrtky a odtlačit řídicí páku od sebe. Takovou polohu prvků řízení je třeba udržovat až do zastavení točení letounu a přechodu do kontrolovaného střemhlavého letu. Poté je třeba plynule vyvést letoun do horizontálního letu. Ztráta výšky může dosáhnout i několik stovek metrů.

Black Eagles

Úhlová rychlost a poloměr zatačky

Vektor aerodynamických vztlakových sil je kolmý k vektoru rychlosti letounu. Dokud je gravitační síla rovna vztlakové síle, udržuje letoun horizontální let. Při zvětšení náklonu letounu se zmenšuje průmět vztlakové síly do vertikální roviny (na které leží vektor gravitační síly).

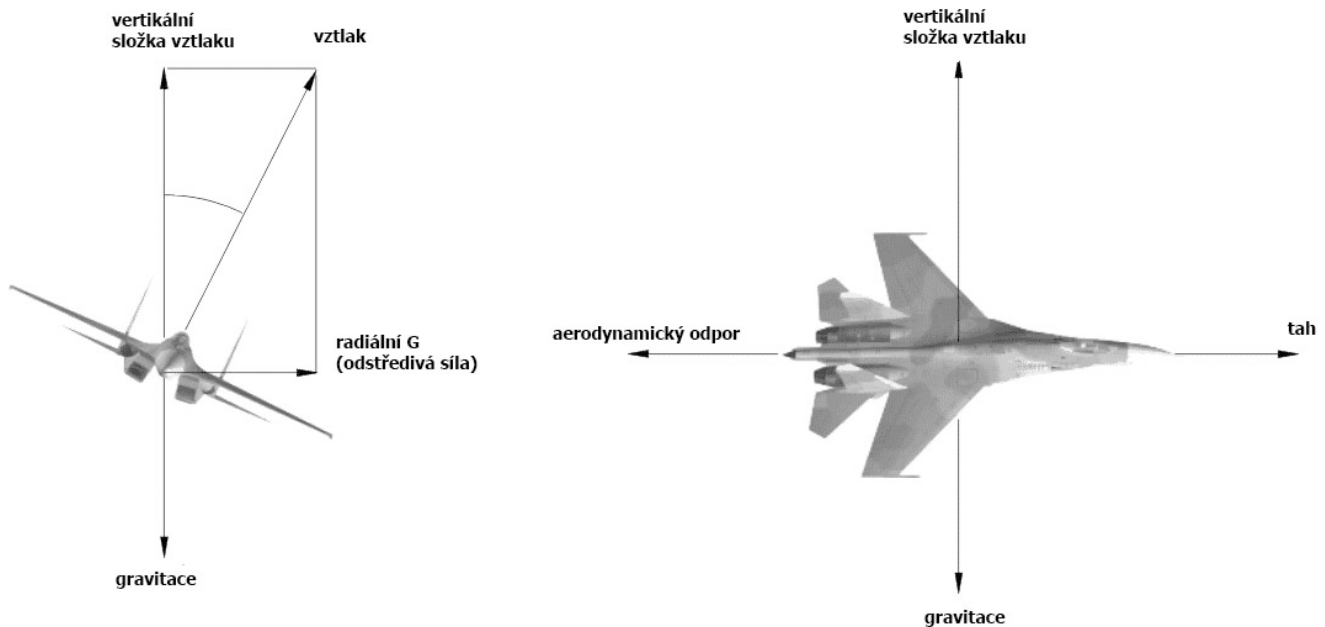


obr. aerodynamické síly, působící na letoun

Velikost dostupné vztlakové síly ovlivňuje manévrové charakteristiky letounu. Důležitými činiteli manévrovatelnosti jsou maximální úhlová rychlost zatačení letounu v horizontální rovině a poloměr zatačky. Tyto veličiny závisí na rychlosti letu letounu a jeho nosných vlastnostech. Rychlost zatačení se měří ve stupních za sekundu. Čím je větší rychlost zatačení, tím rychleji se letoun otočí. Dále je třeba odlišit ustálené (bez ztráty rychlosti) a neustálené manévry (se ztrátou rychlosti). Podle těchto činitelů

Black Eagles

je nejlepším letounem takový, který disponuje minimálními poloměry zatáček a maximálními rychlostmi zatáčení v co nejširším rozsahu výšek a rychlostí.



obr. síly působící na manévrující letoun

Rychlost zatáčení

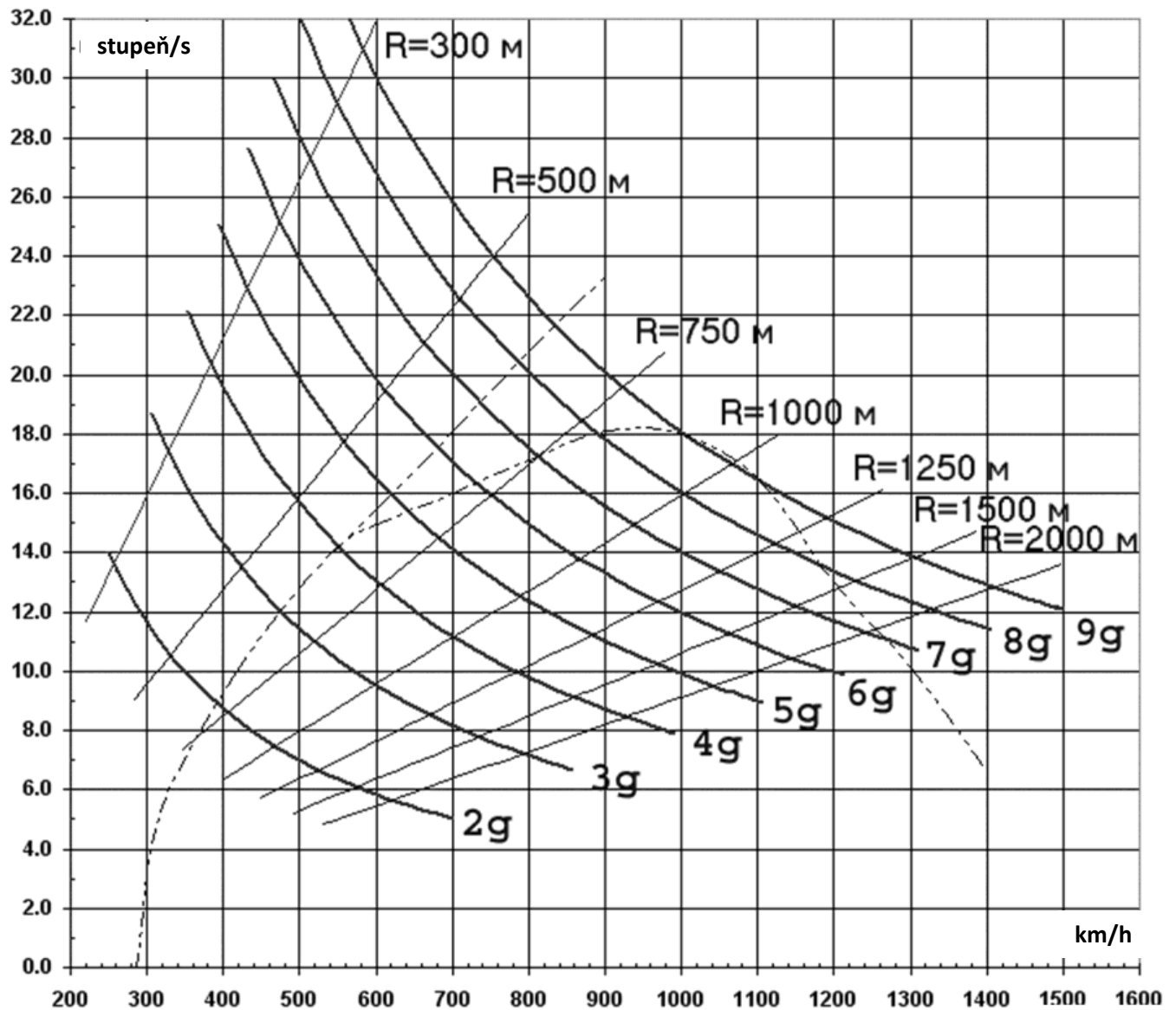
Při zvětšení násobků přetížení se zvětšuje rychlost zatáčení a zmenšuje se poloměr zatáčky. Existuje taková optimální rychlost letu, při které se dosahuje rychlost zatáčení, blízká maximální a minimálně možný poloměr zatáčky.

Na diagramu níže je zobrazena závislost úhlové rychlosti zatáčení typického soudobého stíhacího letounu při plné forsáži na skutečné vzdušné rychlosti. Skutečná vzdušná rychlost v km/h je vynesena na ose x a na ose y je rychlost zatáčení ve stupních za sekundu. Ostatní křivky představují hodnotu násobku přetížení a poloměr zatáčky. Tento diagram je nazýván Energy and Maneuvering (EM) diagram. Ačkoliv maximální úhlová rychlost zatáčení nastává při 950 km/h (18,2 stupňů za sekundu), pro zmenšení poloměru zatáčky je žádoucí udržovat rychlost 850-900 km/h. Pro každý typ letounu je nejvhodnější rychlost odlišná. Její velikost závisí na výšce letu, hmotnosti letounu a aerodynamickém odporu vnějších podvěsů. Pro stíhací letouny je v průměru tato rychlost v rozsahu 600-1000 km/h.

Například při provádění ustálené zatáčky při rychlosti 900 km/h, může pilot v případě potřeby při zvětšení násobku přetížení na maximální hodnotu, krátkodobě zvětšit úhlovou rychlost na 20 stupňů za sekundu, což jednorázově zmenší poloměr zatáčky. Letoun přitom začne zpomalovat a postupným

Black Eagles

snížením rychlosti se při zachování násobku přetížení úhlová rychlost zvětší až na 22 stupňů za sekundu s markantním zmenšením poloměru zatáčky. Potom, udržováním letounu na úhlu náběhu, blízkému maximálnímu, je možno ustálit tento poloměr a přejít na ustálenou zatáčku při rychlosti 600 km/h. Podobným manévrem v boji můžete buď zaujmout výhodnou pozici pro útok, nebo zmařit útok nepřítele.



obr. rychlost zatáčení soudobého stíhacího letounu

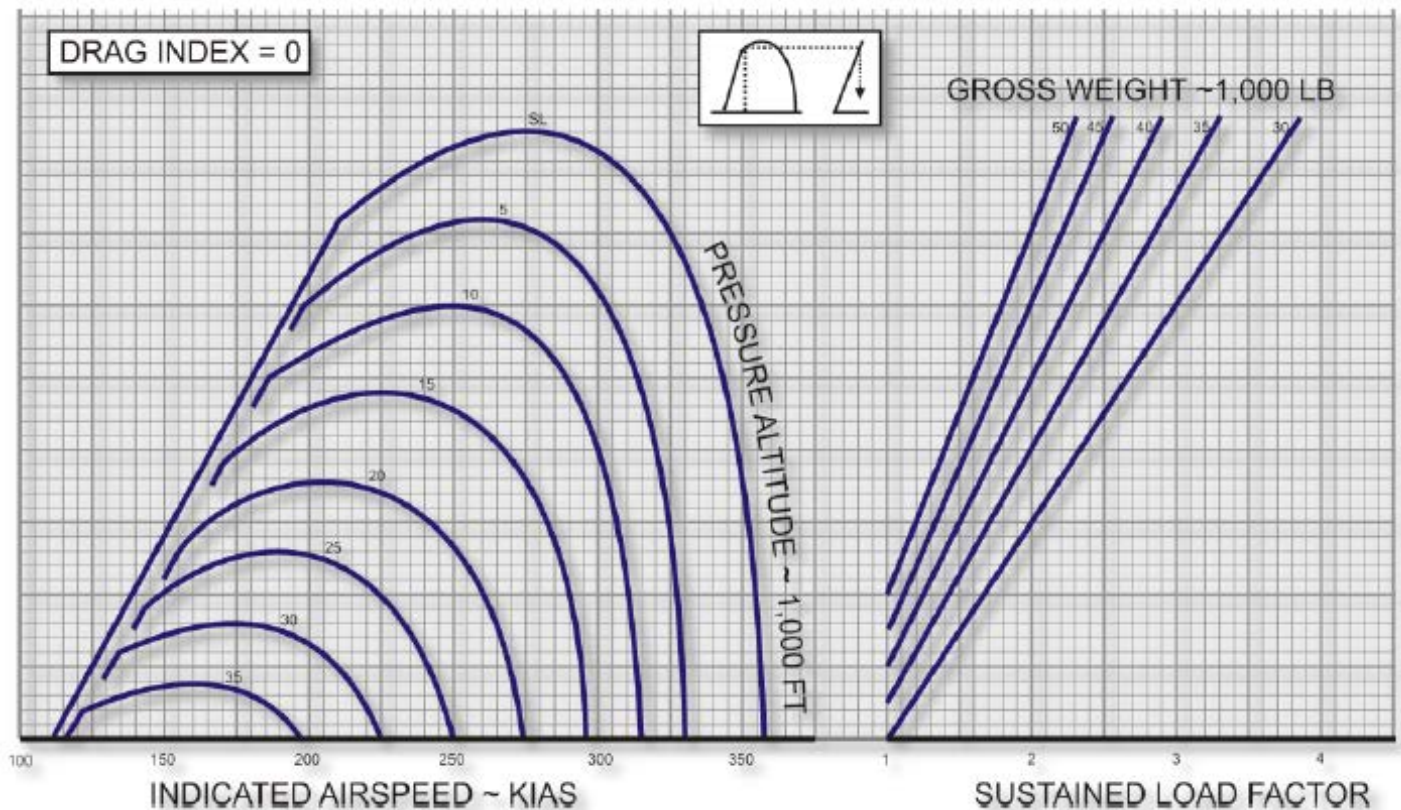
Ustálená a neustálená zatáčka

Black Eagles

Neustálená (zrychlená) zatáčka je charakteristická vysokou hodnotou úhlových rychlostí zatáčení, ale je doprovázená ztrátou rychlosti v průběhu provádění tohoto manévru. Rychlost letu se zmenšuje kvůli znatelnému nárůstu aerodynamického odporu. Úhel náběhu a násobky přetížení mohou dosahovat maximálních povolených horních limitů rozsahu.

Při provádění ustálené zatáčky je aerodynamický odpor roven tahu pohonné jednotky. Úhlová rychlost je u ustálené zatáčky nižší, než u neustálené, ale u ustálené zatáčky nedochází ke ztrátě rychlosti. Teoreticky může letoun provádět ustálenou zatáčku, dokud mu nedojde palivo.

Black Eagles



obr. ustálená zatáčka A-10 (standardní atmosférické podmínky, maximální tah)

Nakládání s energií

Ve vzdušném boji musí pilot umět nakládat s energií svého letounu. Tuto energii je možno si představit v podobě sumy potencionální a kinetické energie. Potenciální energie je určena výškou letu letounu a kinetická rychlostí letounu. Protože je hodnota tahu, vytvářená pohonnou jednotkou letounu, omezena, počínaje určitým úhlem náběhu, začne čelní aerodynamický odpor překonávat tahovou sílu. Letoun bude ztrácet energii. Aby se tomuto předešlo v boji, pilot musí udržovat takový režim letu, při kterém by měl udržovat maximální možnou úhlovou rychlost ustálené zatáčky a zároveň minimálně možný poloměr zatáčky.

Představte si, že energie jsou „peníze“, které se utrácejí při „nákupu“ manévrů. Předpokládejme, že existuje stálé doplňování (pokud u letounu pracují motory). Optimální nakládání vyžaduje účelné utrácení „peněz“ pro pořízení potřebných manévrů. Prováděním příliš energeticky náročných zatáček letoun ztrácí rychlost a postupně se snižuje zásoba energie. V tomto případě je možné říci, že jste draze zaplatili za lacinou změnu dráhy. Na kontě máte nyní málo „peněz“ a jste tudíž snadnou kořistí pro nepřítel s tučným kontem.

Proto je záhodno, pokud to není zvláště nutné, neprovádět manévry s vysokými násobky přetížení, při kterých letoun zpomaluje. Také je dobré si hlídat výšku letu a nesnižovat ji bezdůvodně (to jsou ty „peníze“ ve vaší energetické bance). V boji na blízko se snažte pilotovat letoun při takových

Black Eagles

rychlostech, při kterých lze dosáhnout maximálně možné rychlosti ustálené zatáčky a zároveň jejího minimálního poloměru. Pokud se rychlost letounu znatelně snižuje, zmenšete úhel náběhu, potlačte řídicí páku od sebe a „odlehčete“ letoun. Dosáhnete tím rychlý nárůst rychlosti. Nicméně je třeba si v průběhu tohoto „odlehčování“ udržet koncentraci, abyste neposkytli protivníkovi šanci na snadné vítězství.