



ULL 6 Motory, vrtule, přístroje

Leoš Liška, Jan Kánský
www.budupilotem.cz

Obsah

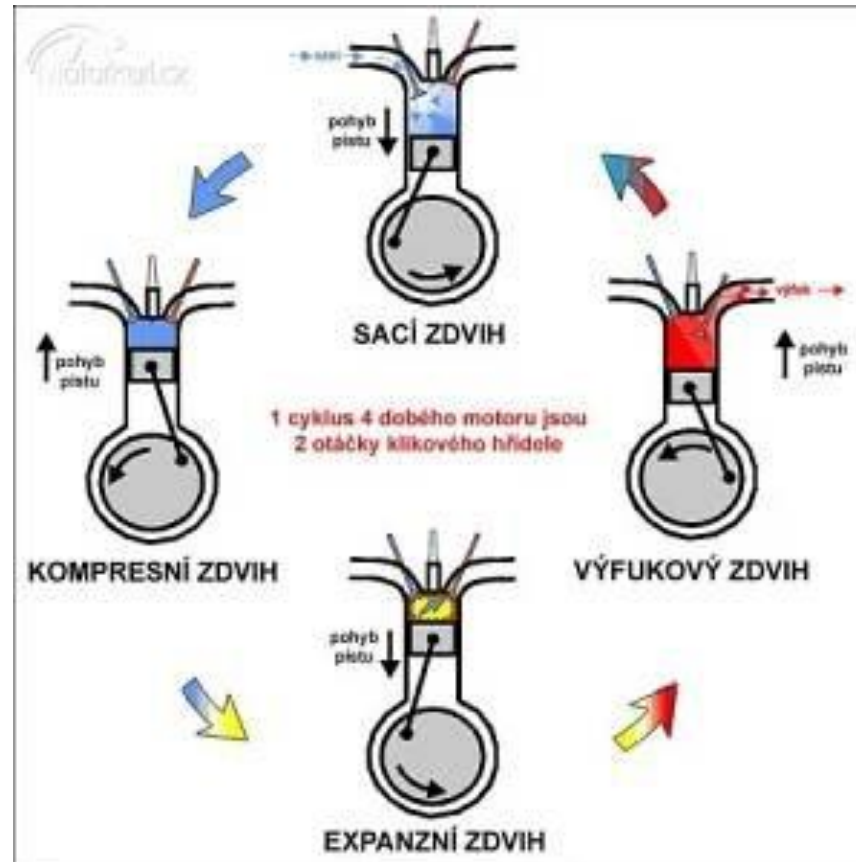
- ▶ Pracovní cyklus dvoudobého a čtyřdobého motoru.
- ▶ Složení a příprava směsi, nasávané do válců.
- ▶ Způsoby mazání dvoudobého a čtyřdobého motoru.
- ▶ Způsoby chlazení zážehových motorů.
- ▶ Druhy zapalování zážehových motorů.
- ▶ Karburátor–princip, výhody a nevýhody.
- ▶ Vstřikování paliva – druhy, princip, výhody a nevýhody.
- ▶ Palivové soustavy, druhy, popis, výhody a nevýhody.
- ▶ Charakteristické poruchy motorů v ULL a jejich příčiny.
- ▶ Vlivy na výkony, spolehlivost a životnost motorů používaných v ULL.
- ▶ Uložení motoru v konstrukci ULL – nutnost zajištění dílů před pádem do vrtule.
- ▶ Ovládací prvky motorů v ULL.
- ▶ Význam prohřátí motoru před vzletem.
- ▶ Druhy reduktorů, význam, výhody a nevýhody.

Obsah

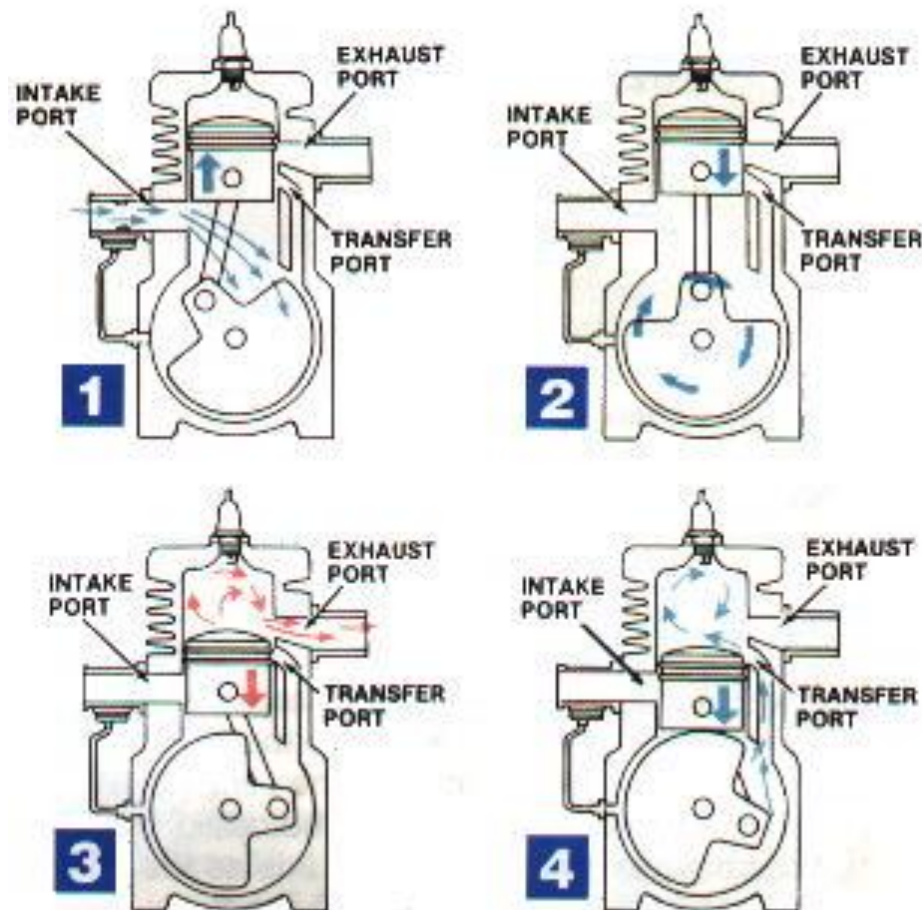
- ▶ Vrtule pevná – konstrukce, materiály, výhody a nevýhody.
- ▶ Vrtule stavitelná na zemi – konstrukce, materiály, funkce, výhody a nevýhody.
- ▶ Vrtule stavitelná za letu – konstrukce, funkce, výhody a nevýhody.
- ▶ Vyvážení vrtule, vliv význam, měření.
- ▶ Gyroskopický a reakční moment vrtule.
- ▶ Druhy namáhání vrtule za letu.
- ▶ Zásady upevnění vrtule.
- ▶ Letecké přístroje a jejich rozdělení.
- ▶ Měření tlaku statického a celkového, Pitotova a Venturiho trubice.
- ▶ Principy rychloměrů, druhy, popis konstrukce a činnosti.
- ▶ Princip výškoměru, popis konstrukce, nastavení na daný tlak.
- ▶ Principy variometrů, druhy, popis konstrukce a činnosti.
- ▶ Princip a konstrukce magnetického kompasu, chyby a jeho kompenzace.
- ▶ Princip a konstrukce relativního příčného sklonoměru a setrvačnickového zatačkoměru.

Pracovní cyklus čtyřdobého motoru

- ▶ Sání
- ▶ Komprese
- ▶ Expanze
- ▶ Výfuk



Pracovní cyklus dvoudobého motoru



Two-cycle motors deliver one power impulse for each revolution of the crankshaft.

Složení a příprava směsi, nasávané do válců

- ▶ Směs
 - Vzduch
 - Palivo – benzín
- ▶ Tlak v sání (manifold pressure)
 - Úměrný výkonu motoru
- ▶ Výšková charakteristika motoru
 - Množství vzduchu ve válci úměrný výšce letu
 - Regulace směsi – ubírání množství paliva

Způsoby mazání dvoudobého motoru

- ▶ Olejem obsaženým přímo v benzínu
- ▶ Zpravidla 1 : 25 až 50

Způsoby mazání čtyřdobého motoru

- ▶ Olejová soustava
 - Nádrž s olejem – měrka oleje
 - Olejové čerpadlo
 - Filtr
 - Chladič oleje
 - Odlučovač vzduchu
 - Snímače tlaku a teploty oleje a indikace v kabině
 - Rozvodné potrubí
- ▶ ROTAX
 - Olejová soustava se suchou klikovou skříní
 - Nádrž na olej – měrka oleje

Důvody mazání motoru

- ▶ Chlazení
- ▶ Mazání
- ▶ Odplavování nečistot
- ▶ Těsnění

Způsoby chlazení zážehových motorů

- ▶ Vzduchové
- ▶ Vodní
 - Chladič
 - Čerpadlo
 - Nádobka s chlazením
- ▶ Kombinované
 - Hlavy válců vodou, válce vzduchem (ROTAX)
- ▶ Olejem
- ▶ Teploty hlav válců (CHT)
- ▶ Teplota výstupních plynů (EGT)
- ▶ Podchlazení motoru při dlouhém klesání

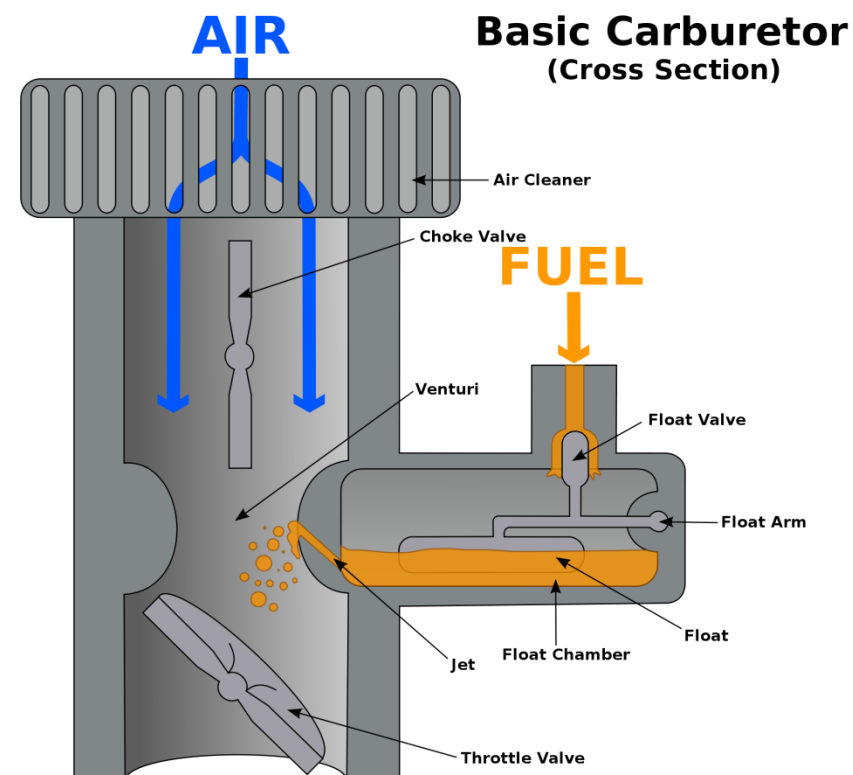


Druhy zapalování zážehových motorů

- ▶ Vysokonapěťová
 - Dvě magneta generující vysoké napětí
 - Dvě sady kabeláže
 - Dvě svíčky na každý válec
 - Nezávislé na elektrickém vybavení letadla
 - Dokud pracuje motor, magneta generují energii pro zapalování
- ▶ Vysokofrekvenční
 - Složitější
 - Speciální zapalovací svíčky

Karburátor–princip, výhody a nevýhody

- ▶ Příprava směsi do válců
 - Plovákové
 - Membránové

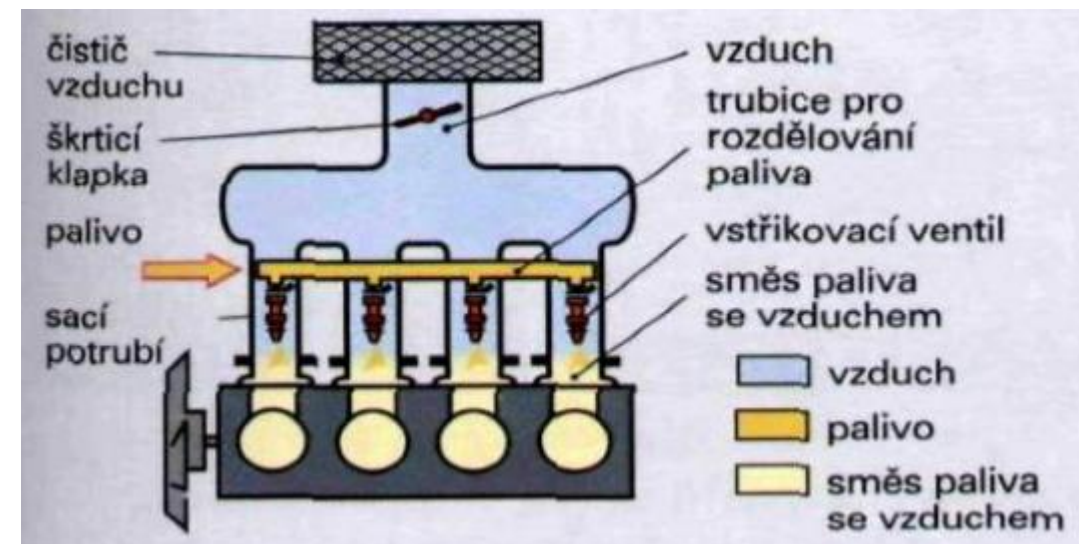
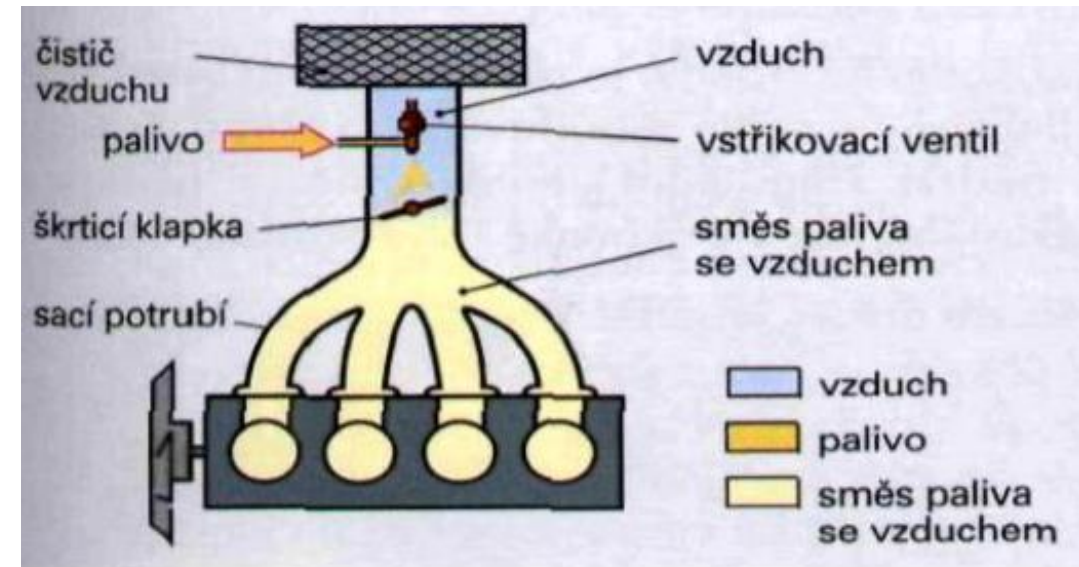


Karburátor–výhody a nevýhody

- ▶ Výhody
 - Jednoduché
 - Spolehlivé
 - Při poruše se zpravidla nezastaví motor
- ▶ Nevýhody
 - Nestejnorodá směř
 - Nedokonalá regulace složení směsi
 - Možnost zamrzání

Vstřikování paliva – druhy, princip, výhody a nevýhody

- ▶ **Nízkotlaké vstřikování**
 - Vstřikování do sacího potrubí před sací ventil
 - Eliminují nedostatky karburátoru
 - Složitější konstrukce
- ▶ **Vysokotlaké vstřikování**
 - Přímé vstřikování do válce
 - Speciální palivové trysky
 - Složitější a náročnější na obsluhu



Palivové soustavy

- ▶ Palivové nádrže
 - Označení používaného paliva a obsah
 - Uzavíratelné nádrže
 - Odvětrávání nádrže
- ▶ Palivové potrubí
- ▶ Dodávka paliva
 - Dostatečný tlak do karburátoru nebo vstřikovacího čerpadla
 - Samospádem
 - Palivové čerpadlo
 - Membránové
 - Elektrické
 - Překonání par v potrubí v horkých dnech
- ▶ Uzavírací a přepínací ventil
 - Levá – vypnuto – pravá

Charakteristické poruchy motorů v ULL a jejich příčiny

- ▶ Vysoká teplota chladící kapaliny – hlav válců
 - Málo chladící kapaliny, únik netěsností
- ▶ Vysoká teplota oleje
- ▶ Nízký tlak oleje
 - Málo oleje
- ▶ Zapalování
 - Porucha magneta – vypnutí vadného magneta
 - Zanesené svíčky
- ▶ Porucha dodávky paliva
 - Membránové čerpadlo
 - Dodávací čerpadlo – zapnout
 - Tlak paliva – indikátor
- ▶ Strukturální poškození
 - Písty, válce, kliková hřídel, ventily, vačky, blok motoru

Motory

▶ Uspořádání

- Tažné
- Tlačné

- nezávisle zajištěné veškeré uvolnitelné příslušenství motoru proti pádu do vrtule

▶ Režimy motoru

- Barevně značeno
- Volnoběh 1400 RPM (otáček za minutu), ovládání VYSUNUTO K SOBĚ
- Maximální trvalý 5500 RPM
- Maximální 5800 RPM ovládání ZASUNUTO OD SEBE

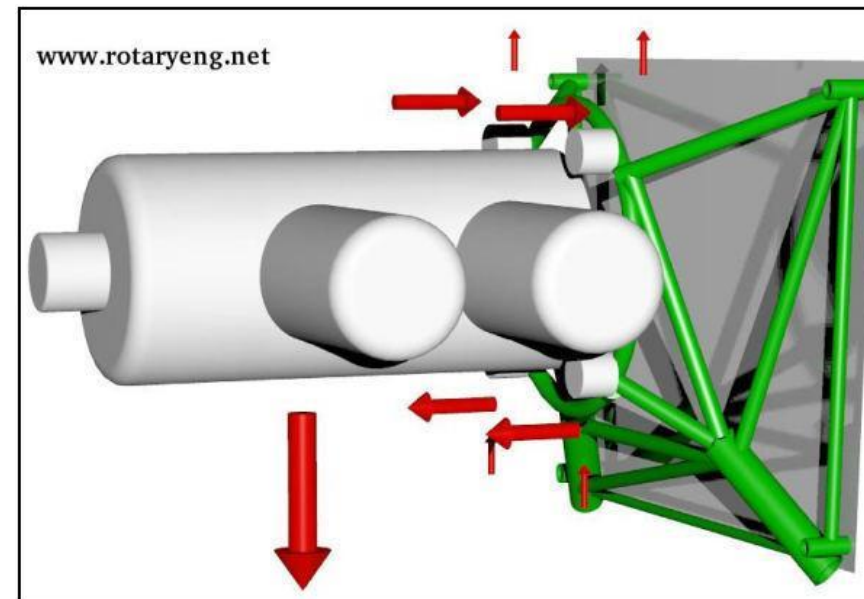


Vlivy na výkony, spolehlivost a životnost motorů používaných v ULL

- ▶ Zacházet s motorem v souladu s příručkou
- ▶ Kontrola motoru před letem
 - Olej
 - Chladící kapalina
- ▶ Ohřev motoru před letem
- ▶ Motorová zkouška
- ▶ Kvalitní palivo
- ▶ Dodržování servisních intervalů
- ▶ Ovládání motoru za letu
 - Přetáčení motoru
 - Podchlazení motoru
 - Hrubá práce s plynem

Uložení motoru v konstrukci ULL

- ▶ Požární přepážka
- ▶ Motorové lože
- ▶ Pružné uložení
- ▶ Ovládání motoru
- ▶ Tlačná vrtule
 - Zvýšená opatrnost při veškeré manipulaci se zařízeními před vrtulí



Uložení a zakrytí motoru

- ▶ Motorový kryt –
 - zmenšuje aerodynamický odpor pohonné jednotky zastavěné do trupu
 - usměrňuje proud vzduchu jak okolo motoru tak i do motoru
- ▶ Motorový pylon
 - vystupuje z konstrukce
 - slouží k uchycení motoru
- ▶ Uložení motoru
 - Pružně na silentblocích

Ovládací prvky motorů v ULL

- ▶ Startér
- ▶ Ovládání výkonu – plyn
- ▶ Sytič
- ▶ Ovládání magnet
- ▶ Předehřívání sacího vzduchu
- ▶ Palivový kohout
- ▶ Motorové přístroje
 - Olej – tlak a teplota
 - Chladící kapalina
 - Tlak v sání
 - Tlak paliva

Význam prohřátí motoru před vzletem

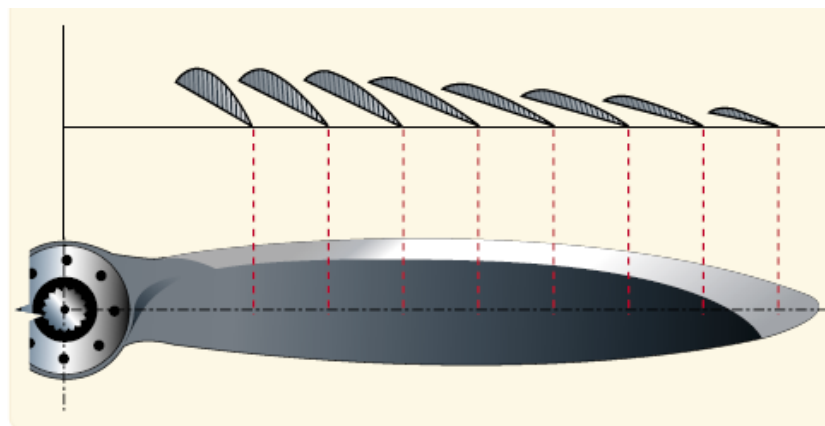
- ▶ Kontrola správné práce motoru
- ▶ Příprava pro práci motoru na vysokých výkonech
- ▶ Promazání motoru olejem
- ▶ Kontrola magnet

Druhy reduktorů, význam, výhody a nevýhody

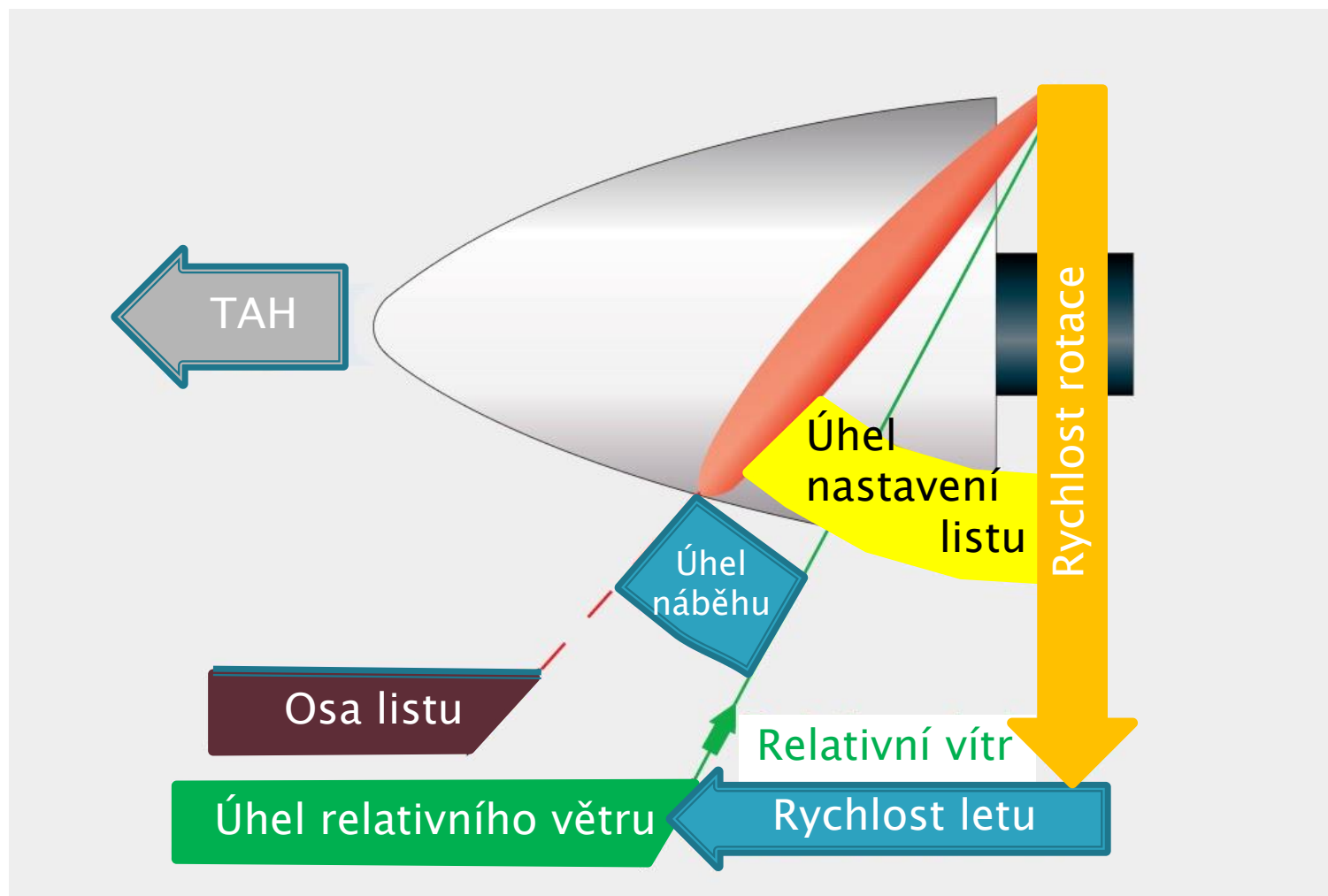
- ▶ Druhy
 - Souosé
 - Planetové
 - Nesouosé
 - Ozubený převod
 - Klínové řemeny
- ▶ Snížení vysokých otáček motoru pro nižší potřebné otáčky vrtule
- ▶ Zvyšují hmotnost letadla

Vrtule

- ▶ Tvorba tahu ve směru letu zrychlováním vzduchu, který prochází rovinou vrtule
- ▶ Zkroucení vrtulového listu
 - všechny profily listu vrtule potom pracují zhruba na stejném úhlu náběhu



Aerodynamika vrtule



Vrtule

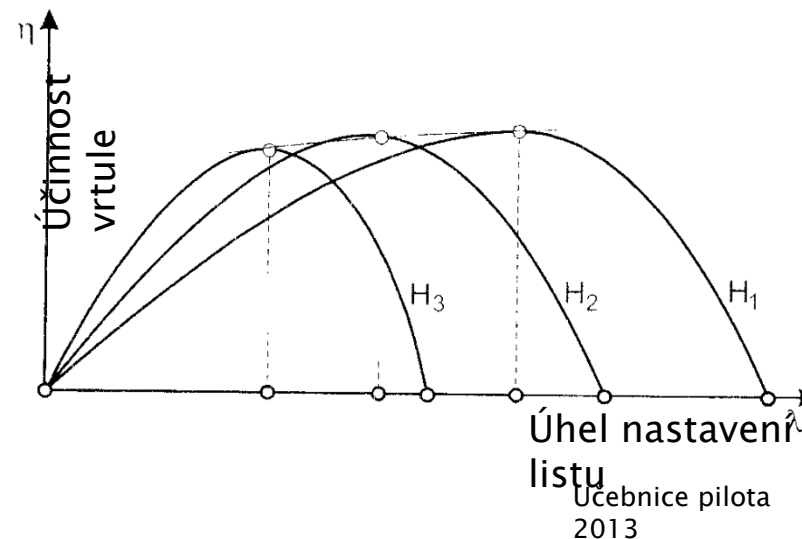
- ▶ Znečistění vrtule
 - Hmyzem – snižuje účinnost
 - Námrazou
 - nevyváženost vrtule
 - nebezpečí vibrací
 - odlétávající kusy ledu ohrožující další části letadla a motoru
 - snížení účinnosti vrtule

Pevná a stavitelná vrtule

- ▶ Pevná
 - Efektivně pracují při jedné rychlosti
 - Větší účinnost na jedné rychlosti
- ▶ Stavitelná
 - Na zemi
 - Pouze při vypnutém motoru
 - Za letu
 - Mechanicky
 - Vrtule stálých otáček
 - Automatické nastavování úhlu náběhu vrtulových listů
 - Složitější, dražší, těžší

Nastavení vrtule

- ▶ **Lehká**
 - Malý úhel nastavení
 - Nejlepší pro rychlý vzlet
- ▶ **Těžká**
 - Velký úhel nastavení
 - Nejlepší pro cestovní režim
 - Nejhorší při vzletu
- ▶ **Stavitelná**
 - Menší úhel nastavení při vzletu než při cestovním režimu



Vrtule pevná – konstrukce, materiály, výhody a nevýhody

▶ Konstrukce

- Dvoulistá vrtule
- Více listá vrtule
 - Tišší chod
 - Menší průměr

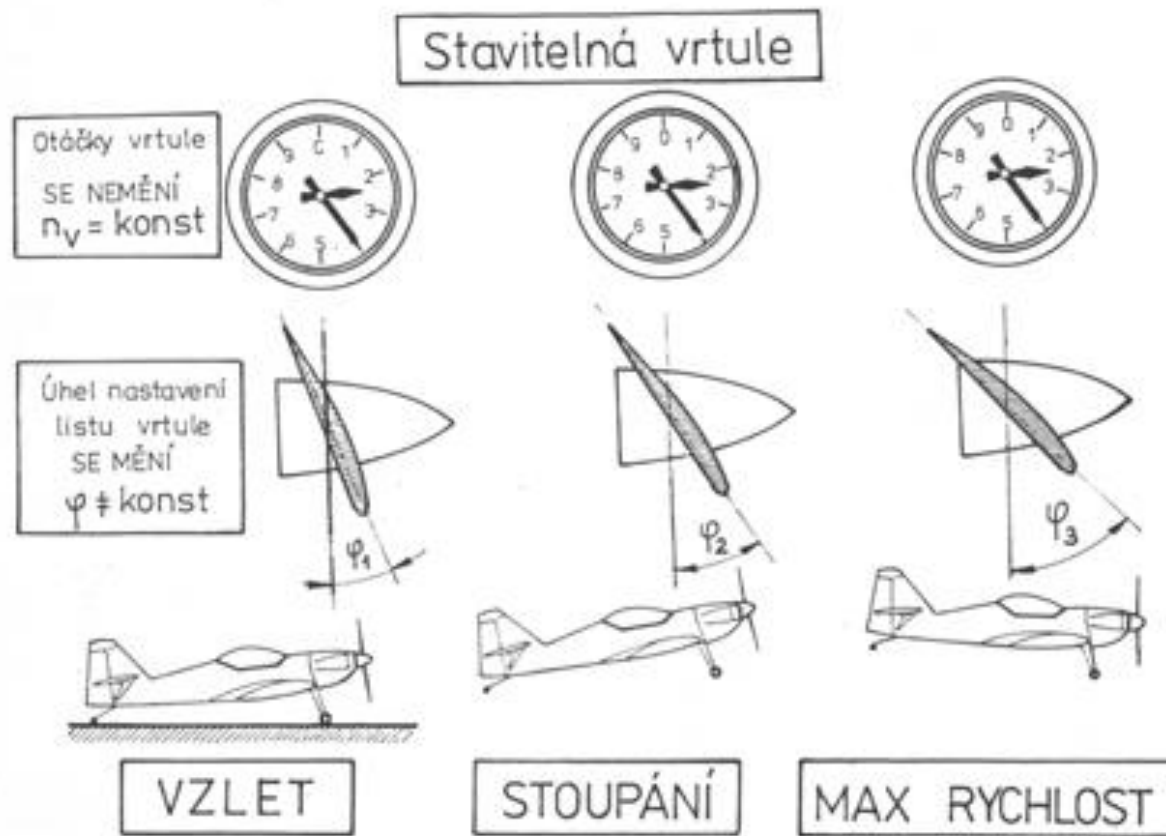
▶ Materiály

- Dřevo
- Kov
- Lamináty

▶ Vrtule musí být vyvážená

▶ Poškozená vrtule je nevyvážená a může poškodit motor nebo jeho uložení

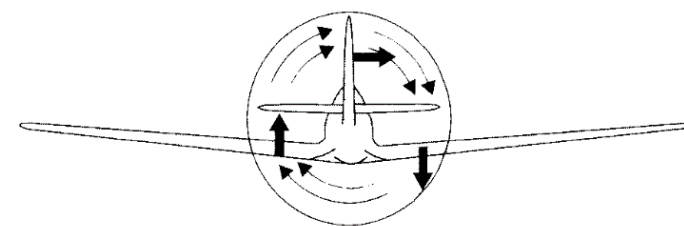
Stavitelná vrtule



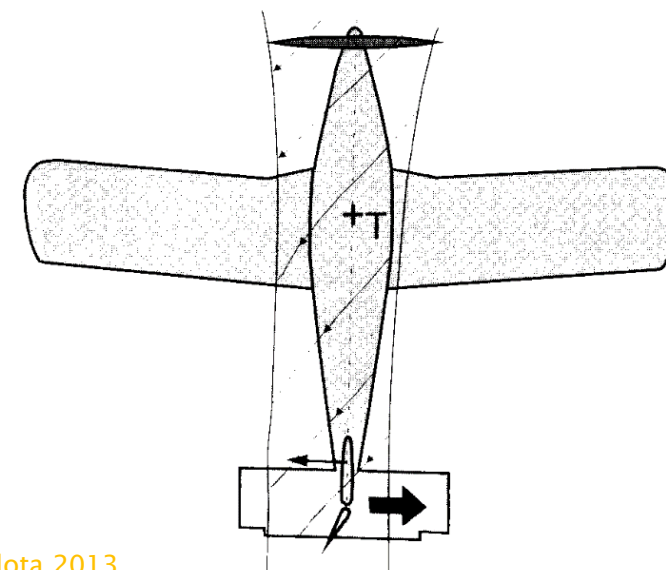
Chování stavitelné vrtule při různých letových režimech

Gyroskopický a reakční moment vrtule

- ▶ Gyroskopický moment
 - Letadlo klopí (stoupá, klesá) – gyroskopický moment zatačení
 - Letadlo zatačí – gyroskopický moment klopí
- ▶ Reakční moment vrtule
 - Pravotočivá vrtule – letadlo kloní doleva
 - Nejvyšší při malé rychlosti
- ▶ Zkroucení vrtulového proudu
 - Vliv na úhel náběhu kořenových částí křídla a na směrovku



Obr. 72. Změna úhlu náběhu kořenových částí křidel.



Druhy namáhání vrtule za letu

- ▶ Aerodynamicky
 - Vztlak
 - Odpor
 - Odstředivá síla
 - Kmity
 - Výsledná síla
- ▶ Prakticky
 - Tah
 - Odpor proti otáčení
- ▶ Překročení max. otáček vrtule
 - Možnost destrukce

Zásady upevnění vrtule

- ▶ Nechat na mechanicích
- ▶ Kontrola před každým letem
- ▶ Originální díly
- ▶ Utažení předepsaným momentem
- ▶ Zajištění šroubů
- ▶ Přesné usazení na náboj reduktoru
- ▶ Dřevěná vrtule upevněna šrouby přes jednu centrální podložku
- ▶ Pravidelná kontrola

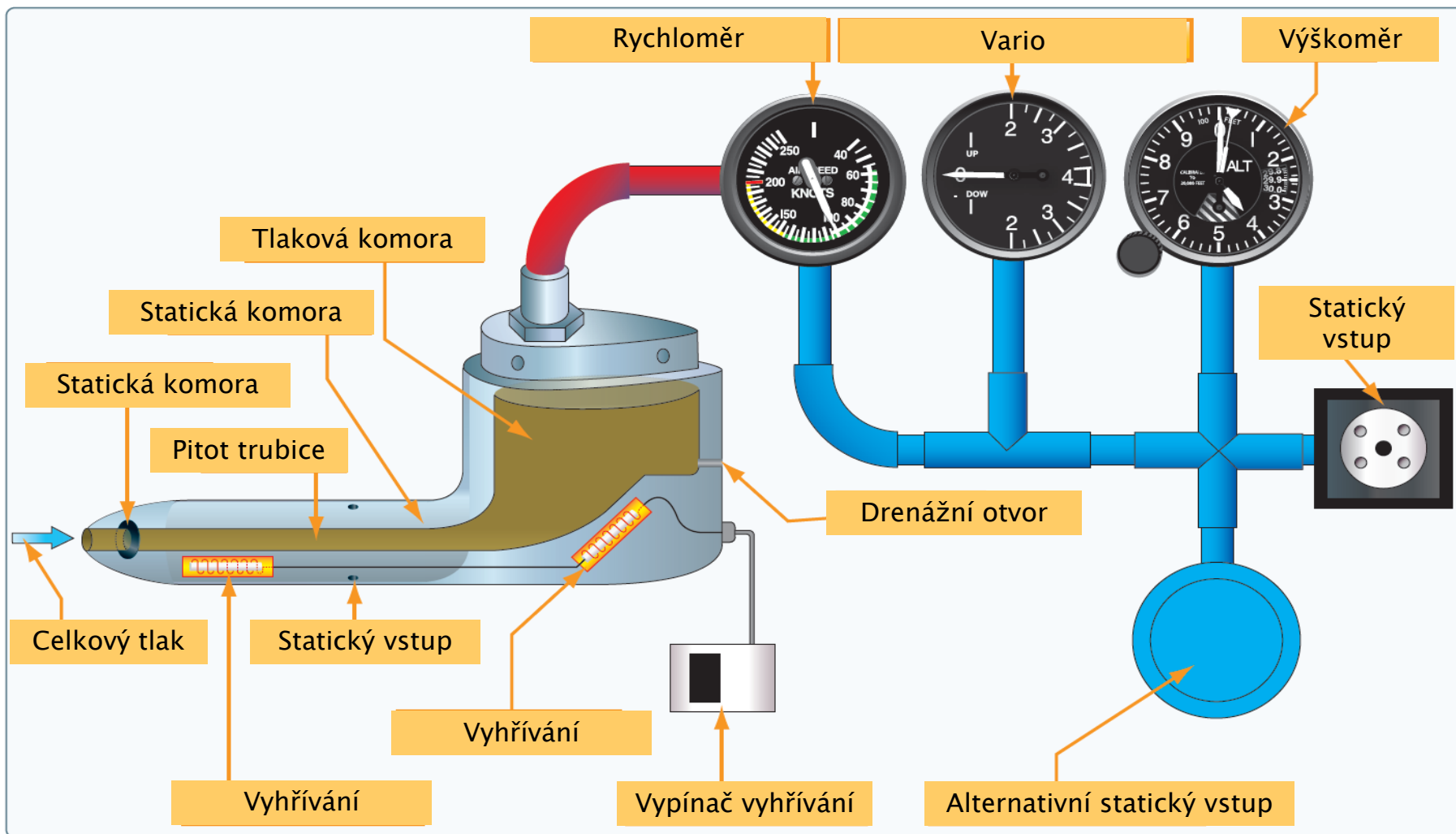
Otáčky vrtule

- ▶ Pevná vrtule
 - Při klesání a nestažení výkonu možnost přetočení motoru
 - Při stoupání a nezvýšení výkonu – snížení otáček motoru

Letecké přístroje a jejich rozdělení

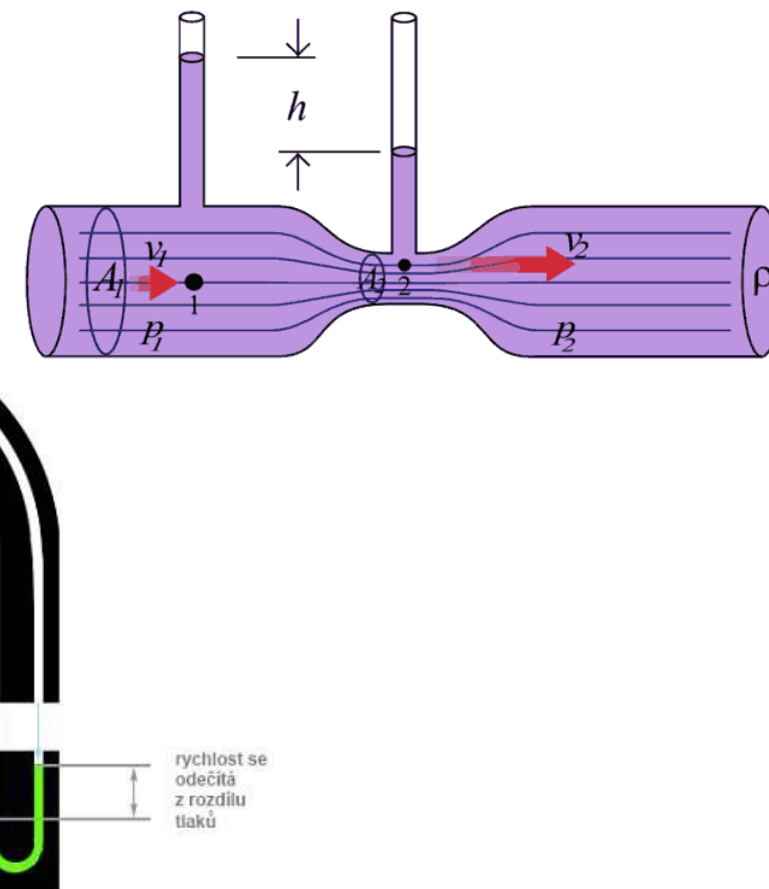
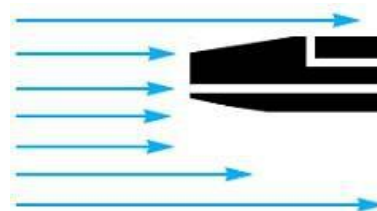
- ▶ Elektrické
 - Parametry motoru
 - Množství paliva
- ▶ Pito–statické
 - Statický a celkový tlak
- ▶ Magnetické
 - kompasy
- ▶ Gyroskopické
 - Elektrické
 - Vakuové
- ▶ Elektronické
 - Sdružené ukazatele letových a motorových parametrů

Statický a celkový tlak



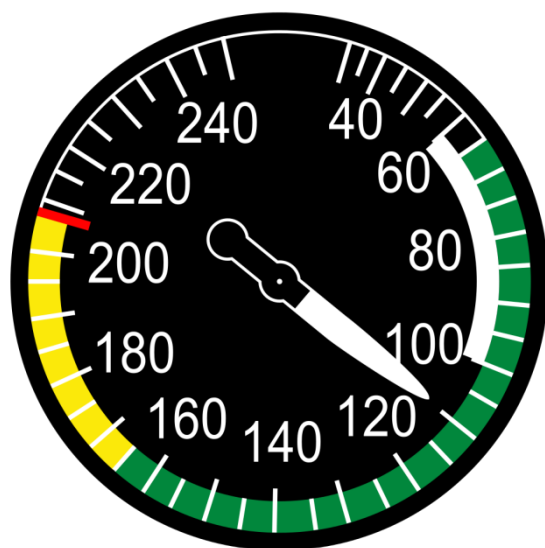
Pitotova a Venturiho trubice

- ▶ Snímání celkového a statického tlaku
 - Pitot trubice
 - Venturiho trubice

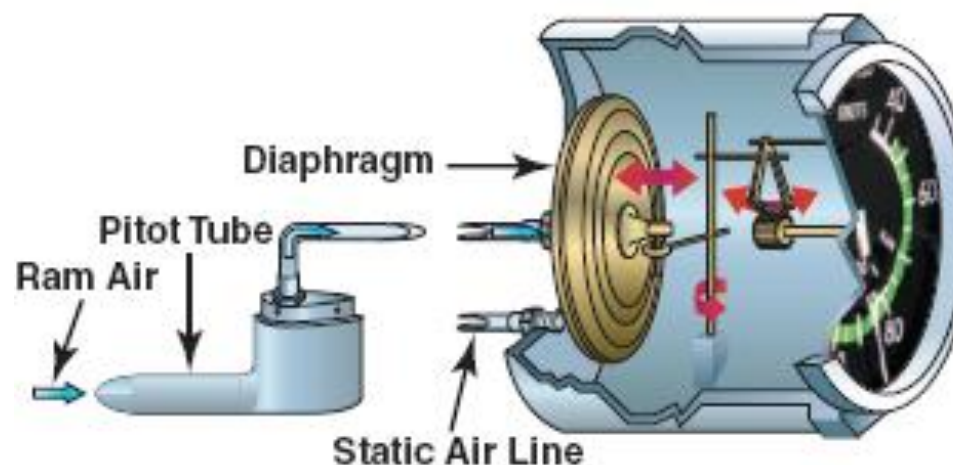


Principy rychloměrů, druhy, popis konstrukce a činnosti

- ▶ Celkový tlak do barokrabice
- ▶ Statický tlak do těla (krabice) přístroje



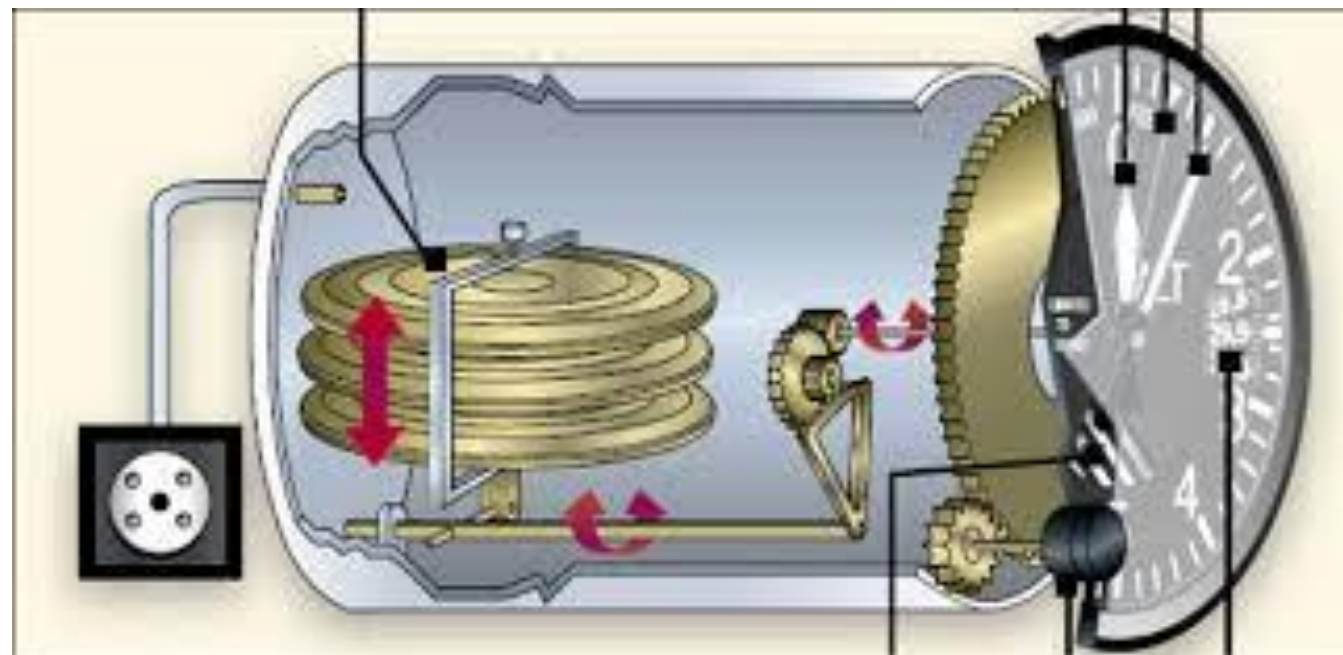
commons.wikimedia.org



www.wikiwand.com

Princip výškoměru, popis konstrukce, nastavení na daný tlak

- ▶ Statický tlak
- ▶ Nastavení
 - QNH
 - QFE



Výškoměr – nastavení na daný tlak

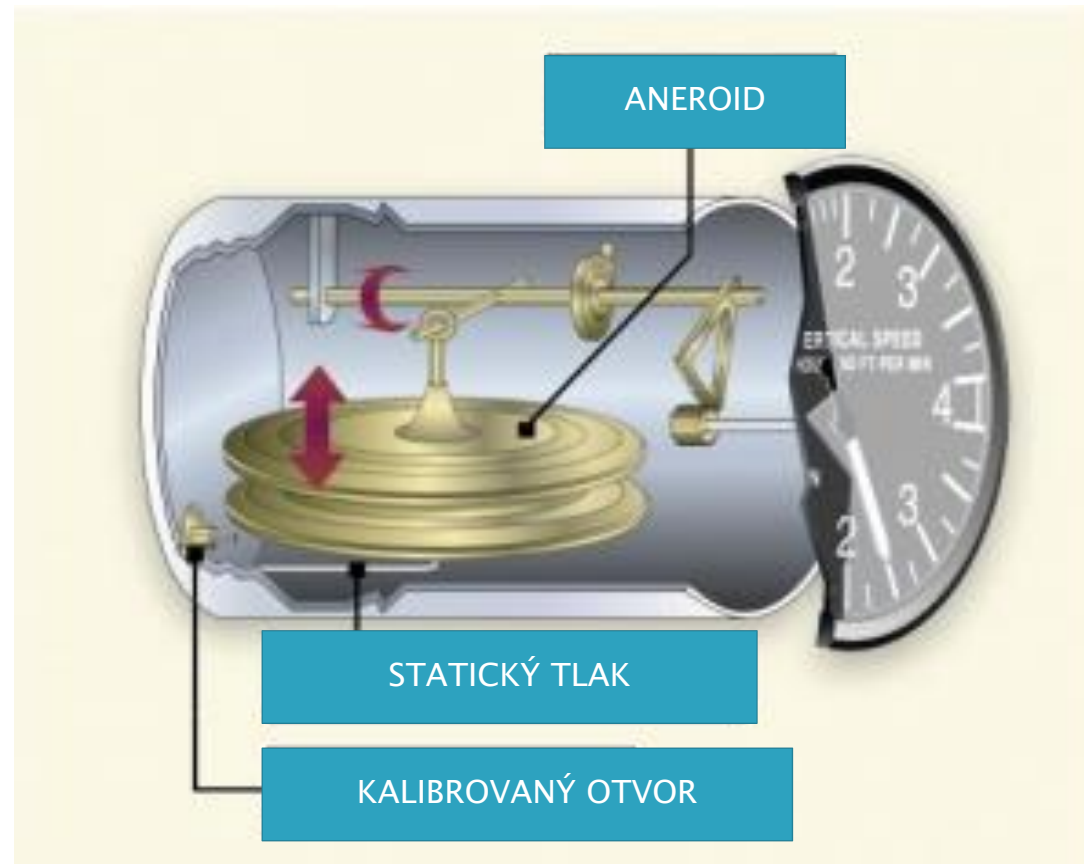
- ▶ Malá ručička – tisíce ft
- ▶ Velká ručička – desítky a stovky ft
- ▶ Nastavování tlaku
 - QNH – nadmořská výška letiště
 - QFE – výška nad letištěm
- ▶ Nastavování nadmořské výšky



Principy variometrů, druhy, popis konstrukce a činnosti

► Statický tlak

- <https://www.youtube.com/watch?v=AtCJlRzxks>



https://aeromanual.com/PHAK-Chapter7#Vertical_Speed_Indicator_.28VSI.29

Variometr



Závady pitot statického systému

- ▶ **Blokovaný statický tlak**
 - Výškoměr – zamrzne
 - Vario – neukazuje
 - Rychloměr – nepřesný
- ▶ **Blokovaný celkový tlak**
 - Výškoměr – přesný
 - Vario – přesné
 - Rychloměr – zamrzne a postupně klesá, jak uniká ze systému celkový tlak

Kompas

- ▶ S přímým odečtem
- ▶ S dálkovým odečtem
- ▶ Gyroskopický kompas
 - Odchylka 15° za hodinu
- ▶ Nedotáčení a přetáčení



Princip a konstrukce magnetického kompasu

- ▶ Využívá magnetické pole země

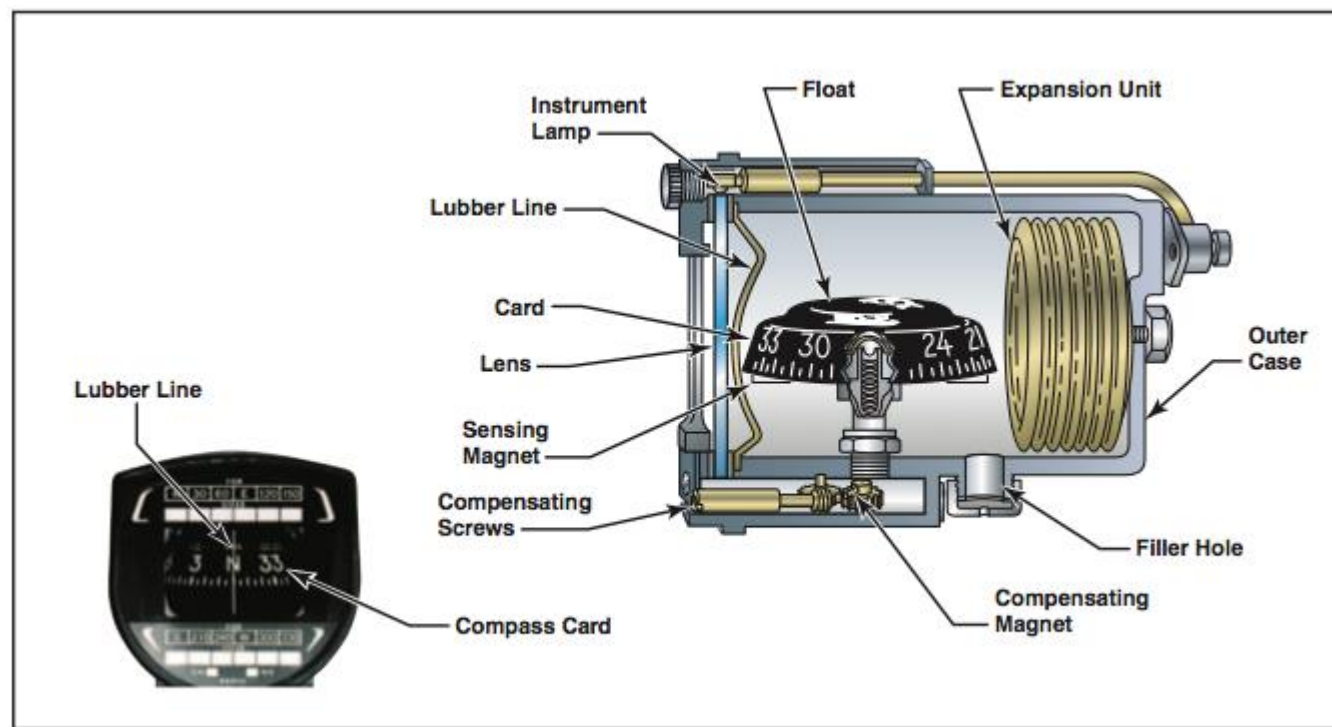
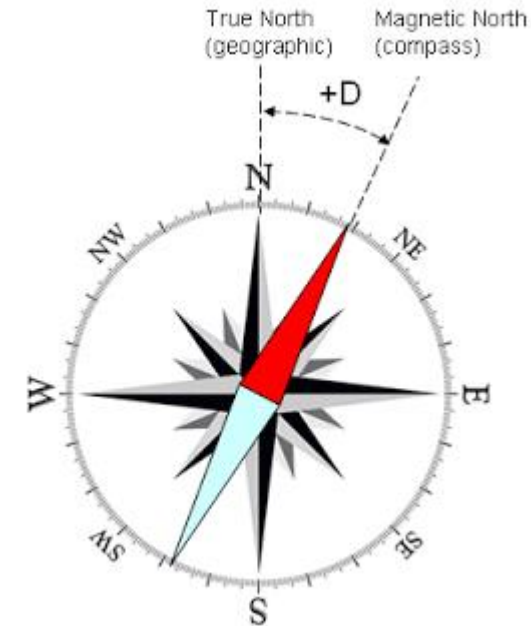


Figure 6-20. Magnetic compass.

nashvillecfi.com

Deviace, deklinace, kurz magnetický a zeměpisný

- ▶ Magnetická deklinace
 - Úhel mezi směrem na magnetický a zeměpisný
 - Západní – záporná
 - Východní – kladná
- ▶ Deviace
 - Úhel mezi magnetickým severem a směrem, který ukazuje kompas
 - Způsobeno:
 - Železnými částmi letadla
 - Pracujícími elektrickými zařízeními na letadle
 - Deviační tabulka



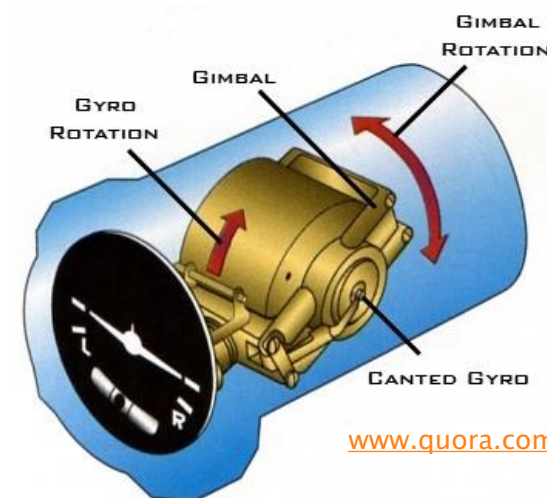
FOR (MAGNETIC).....	N	30	60	E	120	150
STEER (COMPASS).....	0	28	57	86	117	148
FOR (MAGNETIC).....	S	210	240	W	300	330
STEER (COMPASS).....	180	212	243	274	303	332

Princip a konstrukce relativního příčného sklonoměru a setrvačnickového zatačkoměru

- ▶ Ukazuje zatačení, ne náklon
- ▶ Nutnost udržovat ustálenou zatačku
- ▶ Kam kulička, tam nožička
- ▶ Pohon
 - Elektrický
 - Vzduchem od vakuové pumpy na motoru



en.wikipedia.org/wiki/Turn_and_slip_indicator



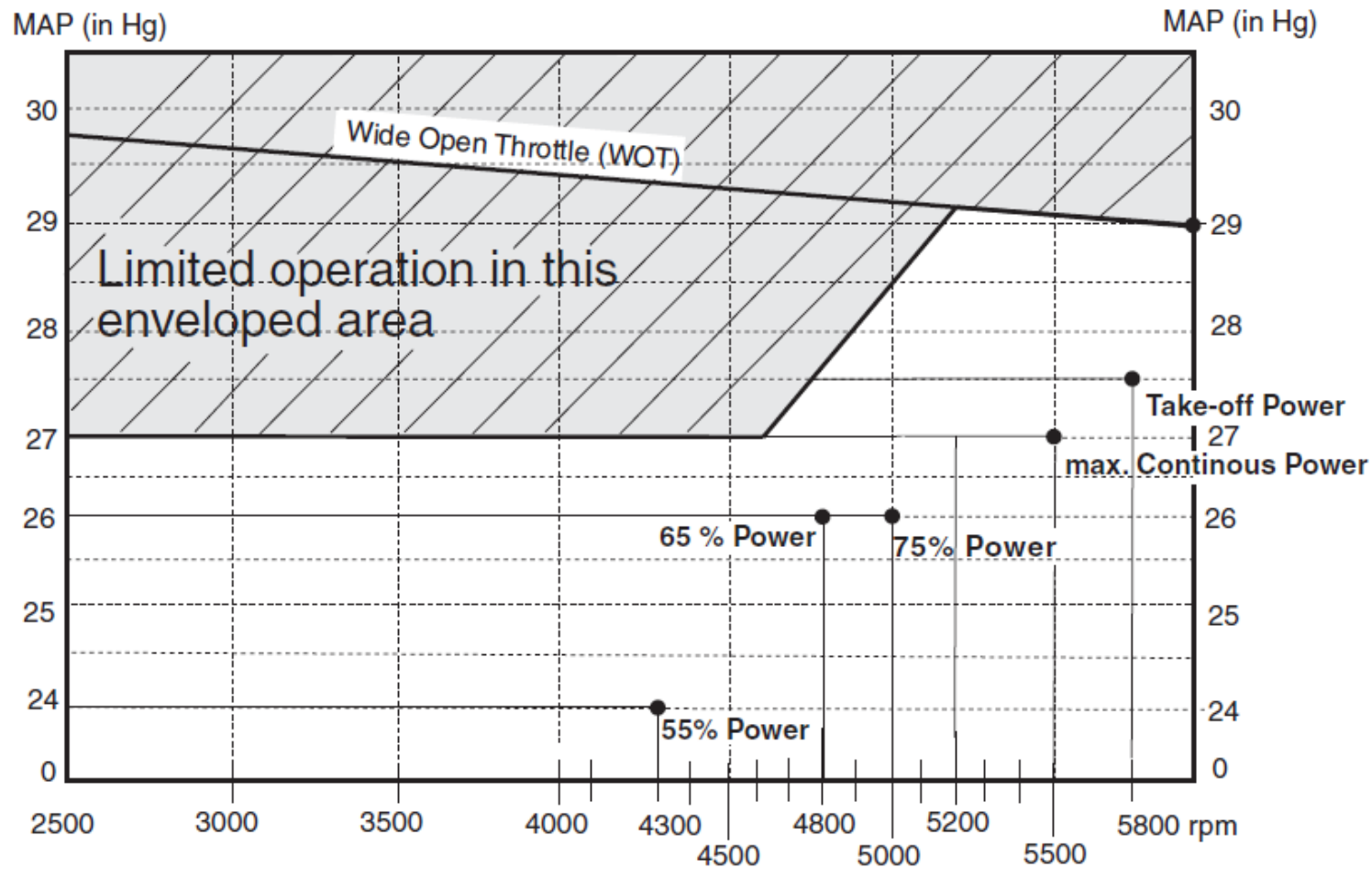
www.quora.com

Motory ROTAX

Typ	912 ULS D. C. D. I.
Výkon	69,0 kW (95,0 hp) @ 5500/min
	Max. 5 min.: 73,5* kW (100,0* hp) @ 5800/min
	* se sací komorou a výfukem ROTAX /
Kroutící moment	128 Nm (94,0 ft. lbf.) @ 5100/min
Maximální otáčky	5800/min
Vrtání	84,0 mm
Zdvih	61 mm
Zdvihový objem	1352,0 cm ³
Kompresní poměr	10,5:1
Zapalování	DUCATI double CDI
Hmotnost s reduktorem	56,6 kg



Motory ROTAX



Performance and manifold data for ROTAX® 912 ULS/S

Odkazy

- ▶ http://www.airspace.cz/akademie_letectvi/2012/03/co-by-se-mohlo-ale-spise-melo-vedet-o-vrtulich/

Testy LAA

- ▶ <https://zkouseni.laacr.cz/Zkouseni/index.html?page=volnytest>
- ▶ <https://www.aeroweb.cz/testy/>