

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

PÍSTOVÉ MOTORY LETADEL

AIRCRAFT PISTON ENGINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ONDŘEJ NEPRAŠ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADIM DUNDÁLEK, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ondřej Nepraš

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Pístové motory letadel

v anglickém jazyce:

Aircraft Piston Engines

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Osvojení základních pojmů zadaného tématu.

Cíle bakalářské práce:

Uvedení přehledu známých, netradičních nebo jinak zajímavých konstrukcí použitých u pístových leteckých motorů. Porovnání parametrů známých pohonných jednotek.

Seznam odborné literatury:

[1] VLK, František. Vozidlové spalovací motory. 1. vyd. Brno: Vlk, 2003. 580 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 22.10.2008

L.S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá přehledem pístových motorů letadel. Pozornost je věnována známým, netradičním nebo jinak zajímavým konstrukcím pístových leteckých motorů převážně z období druhé světové války. Před samotným popisem konkrétních pístových motorů je zařazena část, která pojednává o historickém vývoji a část o vrtulích. V další části je uvedeno rozdělení a hlavní požadavky na pístové motory letadel. Hlavní část práce tvoří vybrané pístové motory, jejich popis a technická data.

Klíčová slova

Pístový motor, vrtule, výkon, měrný výkon, hmotnost, kompresní poměr, turbodmychadlo, ventilový rozvod, konstrukce, vývoj, historie motorů

Annotation

This thesis is focused on the overview of aircraft piston engines. Attention is devoted to known, nontraditional or other interesting construction types of aircraft piston engines largely from period of Second World War. This paper looks at the historical development of aircraft engines and propellers, and is followed by a detailed description of the piston engine design. The detailed description will form the main focus of the thesis. This will cover the main requirements and differences of aircraft piston engines types. Particular engines were selected, described and technical data was given.

Key words

Piston engine, propeller, power output, specific power, weight, compression ratio, supercharger, valve train, construction, development, engines history

Bibliografická citace:

NEPRAŠ, O. *Pístové motory letadel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 57 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma "Pístové motory letadel" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Radima Dundálka, Ph.D. a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

V Brně dne :

.....

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Radimu Dundálkovi, Ph.D. za jeho odborné vedení při tvorbě této bakalářské práce, za jeho rady a cenné připomínky. Díky také patří mým rodičům: Ing. Tomášovi Neprašovi a Paedr. Daně Neprašové za podporu ve studiu na vysoké škole.

Obsah:

Obsah.....	- 10 -
Úvod.....	- 11 -
1 Historický vývoj letadlových motorů.....	- 12 -
2 Vrtule.....	- 14 -
3 Rozdělení pístových motorů letadel.....	- 16 -
4 Hlavní požadavky na pístové motory letadel.....	- 17 -
5 Motory hvězdicové.....	- 18 -
5.1 BMW 801.....	- 18 -
5.2 Junkers Jumo 222.....	- 20 -
5.3 Le Rhône.....	- 22 -
5.4 Nakajima Sakae.....	- 24 -
5.5 Švecov AŠ-82.....	- 26 -
6 Motory řadové.....	- 28 -
6.1 Daimler-Benz DB 603.....	- 28 -
6.2 Hispano-Suiza 12Y.....	- 30 -
6.3 Junkers Jumo 205.....	- 32 -
6.4 Junkers Jumo 213.....	- 34 -
6.5 Mikulin AM-38.....	- 36 -
6.6 Napier Sabre.....	- 38 -
6.7 Rolls-Royce Merlin.....	- 40 -
7 Závěr.....	- 42 -
8 Seznam použitých zdrojů a literatury:.....	- 43 -
9 Přílohy.....	- 45 -

Úvod

Tato práce je závěrečnou prací zakončující bakalářské studium na Fakultě strojínského inženýrství Vysokého učení technického v Brně. Proto byla vyvinuta maximální snaha, již dovolovaly okolnosti, pro svědomité vyhotovení tohoto projektu.

Cílem práce je zpracovat přehled pístových motorů letadel. Pozornost je převážně věnována známým, netradičním nebo jinak zajímavým konstrukcím pístových leteckých motorů a to z velké části motorům z období druhé světové války.

V první části je pozornost věnována historickému vývoji letadlových motorů a to od úplně prvních jako byl Flayer I až po ohromný rozvoj pístových motorů v období druhé světové války.

Dále je pozornost věnována vrtulím, jejich historickému vývoji, popisu a rozdělení na pevné a stavitelné. Hlavní část je věnována vysvětlení funkce vrtule a nechybí ani obrázky konkrétních vrtulí uspořádaných podle jejich vývoje.

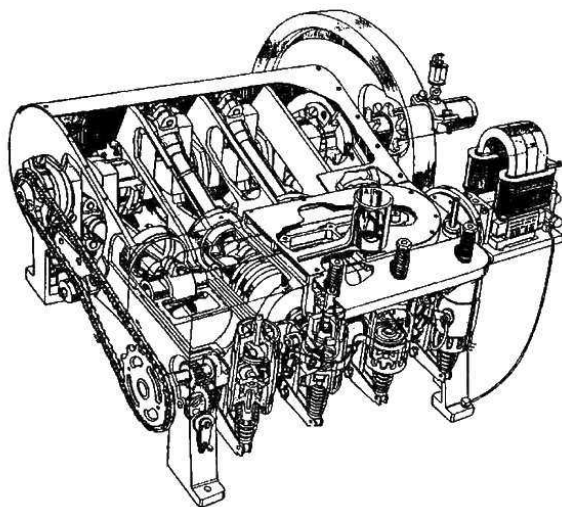
Poté následuje detailní popis rozdělení pístových motorů letadel a hlavní požadavky na pístové motory letadel. Nechybí ani obrázek uspořádání válců pístových motorů a graf vývoje motorů.

Následující a také hlavní kapitola uvádí samotný popis konkrétních pístových motorů. Je zde uveden jejich stručný popis, obrázek a samozřejmě technická data uvedených pohonných jednotek. Uvedeny jsou příklady hvězdicových motorů, jako jsou BMW 801, Švecov AŠ-82, Nakajima Sakae a Junkers Jumo 222. Jako zástupce hvězdicových rotačních motorů je uveden motor Le Rhône z období první světové války. Stojaté řadové motory zastupuje v této práci Rolls-Royce Merlin, Hispano-Suiza 12Y, Mikulin AM-38, Daimler-Benz DB 603 a Junkers Jumo 213. Samozřejmě nechybí ani příklad motoru na těžké palivo – motoru vznětového a to konkrétně proslulého naftového motoru Junkers Jumo 205 z období druhé světové války. Zástupcem velkoobjemových a vysokovýkonných motorů je v této práci Napier Sabre s uspořádáním válců do H.

1 Historický vývoj letadlových motorů

Motory letadel jsou v současném použití motory tepelnými, které jsou používány jako pohon letadel těžších než vzduch. U těchto motorů jsou používána paliva, která obsahují velké množství energie, která je uvolněna hořením a tím vyvíjí velké množství tepla. Motory rozdělujeme na různé typy podle způsobu, jakým vzniká tahová síla, která je v podstatě silou reakční. Při prvním motorovém letu byl použit motor pístový. Motorový pohon se v počátcích potýkal se spoustou problémů, dlouho chyběly údaje pro funkční profilování nosných ploch letadel a také zdroj mechanické energie, který by měl potřebnou nízkou hmotnost a tím byl poté hlavní problém při vyvozování tahové síly, která je potřebná k řízení letu. Na konci 19. století umožnil velký rozvoj přírodních věd značné zdokonalení tepelných strojů a tím využití při konstrukci pístových motorů, které jako první mohly být použity v letecké oblasti.

Prvenství v řízeném letu uskutečnil dne 24. 9. 1852 Henri Giffard ve své vzducholodi, kterou poháněl parní stroj o výkonu 2,2 kW a suché hmotnosti 150 kg. V některých prvních motorových letadlech těžších než vzduch byl zkoušen také parní stroj, ale výkony těchto parních strojů nepřesahovaly 15 kW a měly velkou hmotnost pro motorová letadla. Parní stroj byl před koncem 19. století už dlouhou dobu vyvíjen, než jak tomu bylo naopak u pístových spalovacích motorů a proto byl také dokonalejší. Na konci 19. a začátku 20. století, kdy došlo k bouřlivému rozvoji automobilového průmyslu, se však situace změnila a přišlo ohromné zdokonalení pístových spalovacích motorů. První opravdový řízený motorový let letadla těžšího než vzduch uskutečnili bratři Wilbur a Orville Wrightovi 17. prosince 1903. Let byl technicky zdokumentován a jeho délka byla 260 m a doba letu 59 sekund. Bratři Wrightovi si motor sami zkonstruovali a s pomocí mechanika Taylora i zajistili jeho výrobu. Letadlo jejich vlastní konstrukce se jménem Flayer I bylo poháněno řadovým, vodou chlazeným, čtyřválcovým motorem o výkonu 8,8 kW s hmotností 110 kg. Flayer I byl vybaven dvoulístými vrtulemi, které měly nový tvar připomínající nakroucené křídlo s průměrem 240 cm a dosahovaly maximálních otáček 350 ot·min⁻¹. [2]

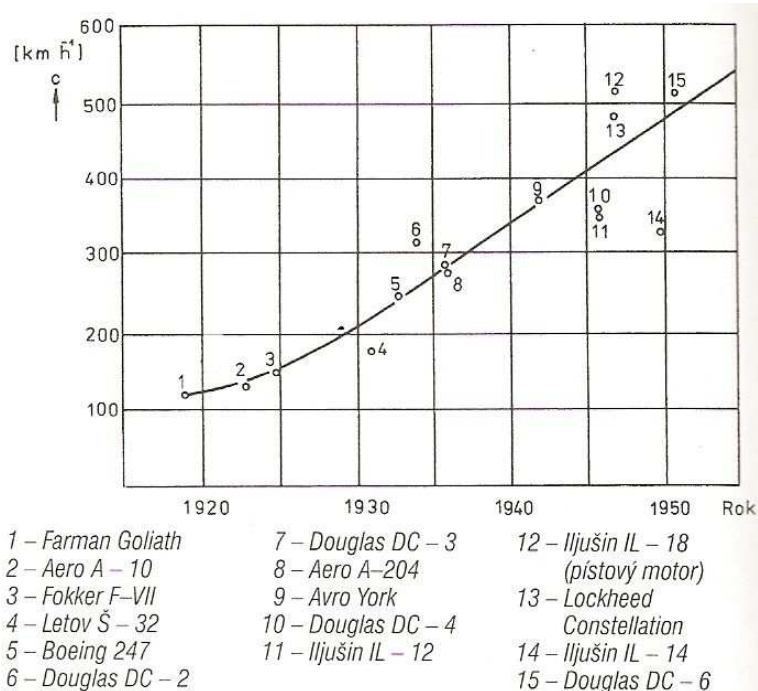


Obr. 1 motor letadla Flayer I [9]

Následující bouřlivý vývoj znamenal vznik mnoha pístových leteckých motorů s různým uspořádáním válců a rozdílným chlazením. Postupně, jak rostl výkon pístových motorů, tak se zvyšovala zároveň i jejich spolehlivost, měrná hmotnost, která vyjadřuje hmotnost motoru na jednotku výkonu, naopak klesala. Mezi prvními vznikla koncepce rotačního hvězdicového motoru, u kterého klikový hřídel stojí a skříň s připojenou vrtulí rotuje, aby se zlepšilo chlazení vzduchem. Technický vývoj vedl ke zvyšování výkonů a novým konstrukcím, a tak se rotační motory používaly převážně v první světové válce a to v letech 1914 až 1918. Ke konci první světové války byly rotační motory postupně nahrazovány motory s pevnými válci s výkonem kolem 200 až 300 kW.

V období po první světové válce se dále úspěšně rozvíjí vývoj pístových leteckých motorů. Motory mají zvýšenou spolehlivost a prodlouženou životnost, jsou vyvinuty výškové motory, ve kterých je použit odstředivý kompresor, aby mohl být zvýšen plnicí tlak. Jsou zaváděny reduktory díky zvyšujícím se otáčkám motoru. V roce 1923 je vyvinuta první stavitelná vrtule a brzo je používána skoro ve všech letounech. Koncem třicátých let motory dosahují výkonů kolem 700 kW. Největší růst vývoje pístových leteckých motorů je zaznamenán v průběhu druhé světové války a to díky potřebě vyvíjet motory pro stíhací letouny a dálkové bombardéry. Po skončení války vývoj dále pokračuje a velkoobjemové motory s turbodmychadly dosahují výkonů až 3 MW, bohužel tyto motory jsou už příliš těžké, složité a rozměrné a proto se jejich výkon už dál nezvyšuje.

Po druhé světové válce nastávají pístovým motorům konkurovat motory turbínové a to díky dosažení vyšších letových rychlostí a jednodušší konstrukci. Po ohromném rozšíření turbínových motorů se pístové motory začaly používat jen pro pohon malých a lehkých letounů. V současné době zájem o tyto kategorie letadel stále trvá a to hlavně díky jejich hospodárnosti v oblasti malých výkonů. [2]



Obr. 2 Cestovní rychlost dopravních letadel s pístovými motory [1]

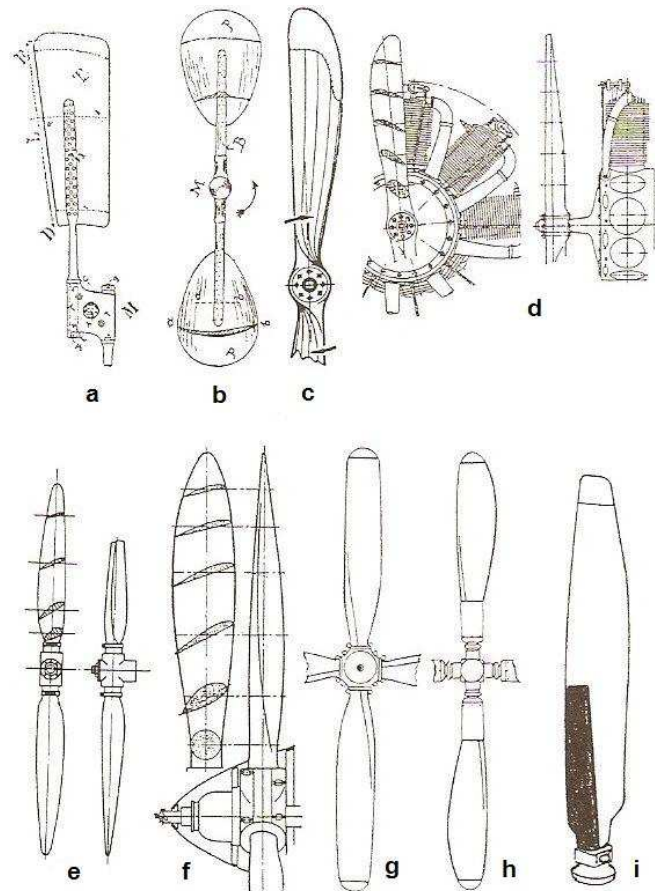
2 Vrtule

Letadlový motor je zdrojem mechanické energie a přeměnu této energie v tah zajišťuje vrtule. Vrtule je v podstatě technické zařízení, které umožňuje měnit energii rotačního pohybu a také naopak tah na rotační pohyb. V průběhu času stejně jako motory se vyvíjely také vrtule. Když ve vzduchu rotuje vrtule, tak na každý úsek vrtulového listu působí aerodynamická síla, podobně jako působí aerodynamická síla na křídle. Tah je tvořen složkou, která je ve směru letu přímá a odpor je tvořen složkou, která je na směr letu kolmá. Pokud vrtule rotuje, tak se každý její úsek pohybuje stejnou úhlovou rychlostí ω , ale díky vlivu rozdílného poloměru r jinou obvodovou rychlostí. Díky tomu se mění v závislosti podél listů i tažné síly a celkový tah vrtule je dán součtem všech místních tažných sil a podobně i součet všech odporů dává výsledný odpor. Moment tohoto odporu se musí rovnat momentu vyvozenému motorem, aby se udržely zvolené otáčky vrtule. Rychlost pohybu libovolného profilu listu vrtule vzhledem k okolnímu prostředí lze zjistit geometrickým součtem obvodové rychlosti profilu a rychlosti letu.

Vrtule může mít různý počet listů a existují i speciální vrtule pro rychlostní modely letadel, které mají jen jeden list. Nejstarší a nejjednodušší vrtule se vyráběly z jednoho bloku dřeva slepeného z několika vrstev. Nejmodernější vrtule jsou tvořeny z několika kovových nebo kompozitních listů, které jsou namontovány do hlavy vrtule, která obsahuje mechanismus k jejich natáčení opatřený aerodynamickým krytem. Vrtule může být připevněna přímo na klikovou hřídel motoru, nebo být připojena přes reduktor.

Rozdělení vrtulí:

1. *Pevné vrtule* – listy jsou nastaveny na pevný úhel nastavení, který je optimální pro jeden režim letu a to ten, při kterém vrtule pracuje na nejvyšší účinnost.
2. *Stavitelné vrtule* – jsou použity pro motory s vyšším výkonem a jsou schopny měnit úhel nastavení listů podle provozního režimu, tímto je tak celková účinnost vrtule výrazně zvýšena.
 - a) *Stavitelná na zemi* – listy vrtule jsou nastaveny do polohy předpokládaného režimu letu na zemi a za letu se poté chová jako vrtule pevná.
 - b) *Stavitelné za letu* – listy vrtule jsou nastaveny mechanickými, hydraulickými nebo elektrickými systémy a to buď automaticky, nebo zásahem pilota.



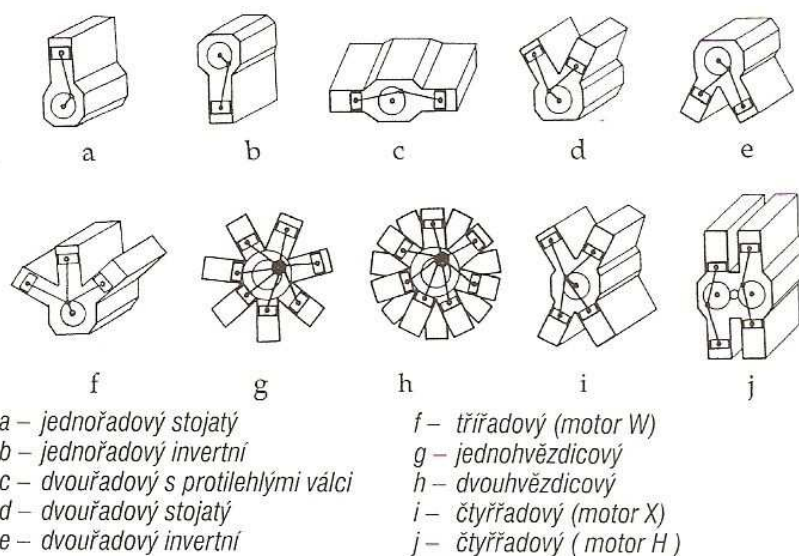
Obr. 3 Vývoj vrtulí [1]

- a – Voisin 1907*
 - b – Antoinette 1909*
 - c – Farman 1914*
 - d – vrtule spojená s rotačním motorem Le Rhône 1916*
 - e – vrtule s přestavitelnými listy 1930*
 - f – stavitelná vrtule 1940*
 - g – hydraulicky stavitelná vrtule 1950*
 - h – elektrická stavitelná vrtule*
 - i – kompozitní list současné vrtule*
- Vrtule nejsou kresleny v měřítku.*

3 Rozdělení pístových motorů letadel

Jak uvádí Kocáb a Adamec (2000) pístové motory letadel rozdělujeme podle hledisek:

1. druh paliva:
 - a) motory na lehké palivo – motory zážehové
 - b) motory na těžké palivo – motory vznětové
2. pracovní oběh:
 - a) motory čtyřdobé
 - b) motory dvoudobé
3. uspořádání válců:
 - a) motory řadové
 - jednořadové stojaté
 - jednořadové visuté (invertní)
 - dvouřadové stojaté (motor V)
 - dvouřadové visuté;
 - dvouřadové s protilehlými válci (ploché)
 - třířadové (motor W)
 - čtyřřadové (motor H nebo X)
 - b) motory hvězdicové
 - jednohvězdicové
 - několikahvězdicové
4. počet válců:
5. způsob chlazení:
 - a) motory chlazené vzduchem
 - b) motory chlazené kapalinou
6. změna výkonu s výškou:
 - a) motory výškové
 - b) motory nevýškové
7. účel a výkon:
 - a) motory malého výkonu
 - b) motory středního výkonu
 - c) motory velkého výkonu

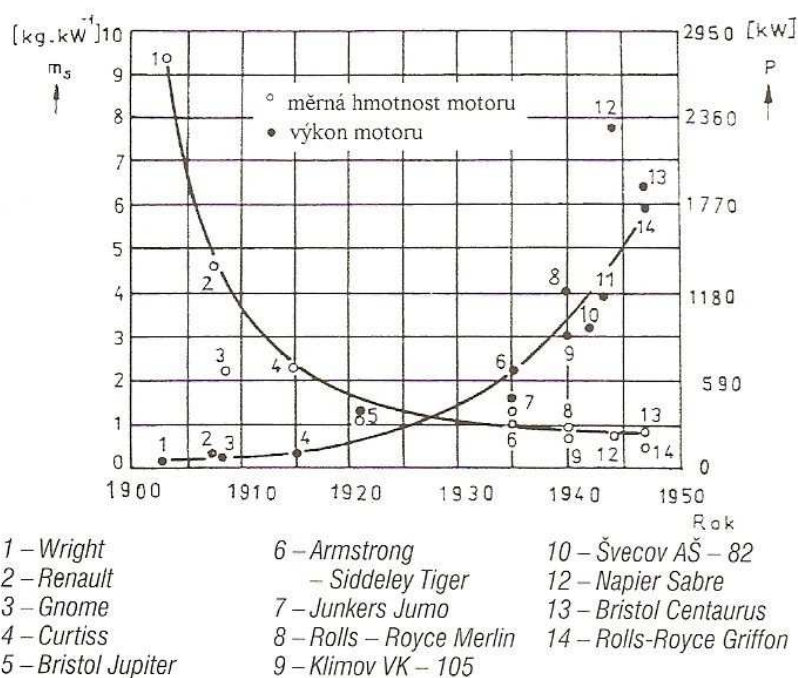


Obr. 4 Uspořádání válců letadlových pístových spalovacích motorů [1]

4 Hlavní požadavky na pístové motory letadel

Jak uvádí Kocáb a Adamec (2000) nejdůležitější požadavky určující konstrukci pístového motoru jsou:

- dostatečný výkon
- výškovou podle účelu letounu
- malá hmotnost
- co největší hospodárnost
- malé rozměry
- provozní spolehlivost při dostatečně dlouhé životnosti
- vyvážení
- snadný provoz a obsluha
- jednoduchost výroby

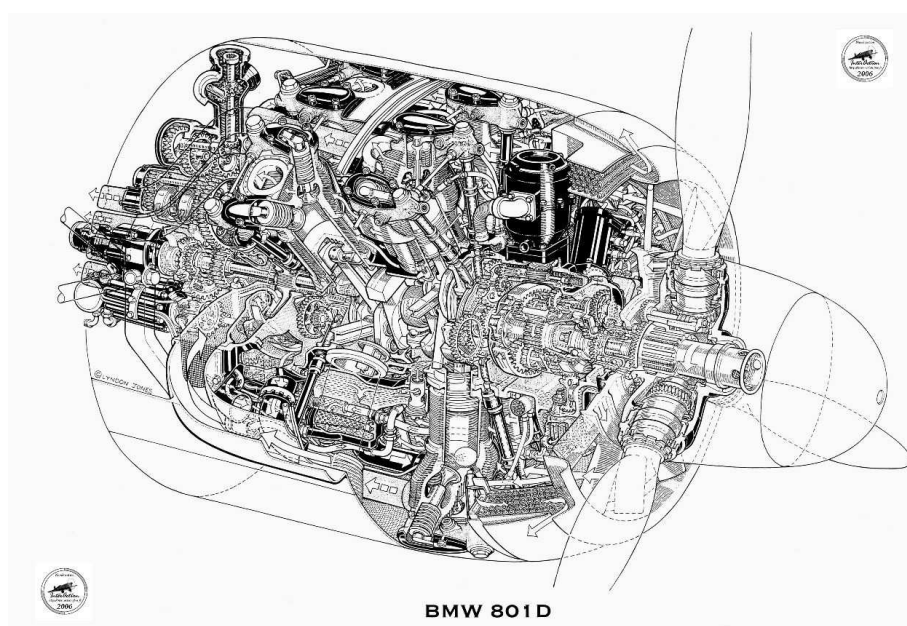


Obr. 5 Vývoj letadlových pístových motorů [1]

5 Motory hvězdicové

5.1 BMW 801

BMW 801 byl silný německý hvězdicový vzduchem chlazený letadlový motor zkonstruovaný firmou BMW a užívaný v několika typech německých armádních letadel ve druhé světové válce. Válce motoru byly uspořádány ve dvou řadách po sedmi válcích v každé řadě. Vrtání a zdvih byl obojí 156 mm, což dává celkovou kapacitu 41,74 litrů. Motor měl výkon mezi 1150 a 1470 kW. Váha motoru byla kolem 1250 kg. Motor byl poprvé použit v roce 1939 a bylo vyrobeno přes 61 000 kusů.



Obr. 6 BMW 801D [3]

Chlazení motoru bylo podpořeno pomocí 12ti a později 14ti lopatkového větráku, který byl umístěn před přední hvězdí. Na počátku se motor neprezentoval nijak vysokou spolehlivostí, především vlivem přehřívání docházelo víceméně často k vysazení, nebo i požáru. Postupně byla zaváděna různá řada změn, které tento problém do značné míry eliminovaly.

Klikový hřídel motoru byl strojně opracovaným odlitkem sestávajícím se ze dvou částí. Byl uložen na třech místech klikové skříně. V samotném klikovém hřídeli byly vyvrtány 4 vyvažovací otvory, které byly vyplněny patřičným množstvím olova a napomáhaly hladkému chodu motoru bez výrazných vibrací. Ojnice motoru byly zhotoveny z oceli s bronzovými pouzdry. Na každou z dvojice hlavních bylo napojeno šest vedlejších ojnic z obou motorových hvězd. V zadní části klikového hřídele byl napojen kompresor. Vlevo od kompresoru bylo připevněno palivové a olejové čerpadlo a to včetně tlakoměrů a teploměrů. Za kompresorem se nacházel startér. Do každého z 14ti válců vedl jeden sací a jeden výfukový ventil, ovládání bylo řešeno pomocí vahadla, rozvodové tyče a vaček umístěných v přední a zadní části klikové skříně pohánějící ventily příslušné hvězdice. Zapalování bylo provedeno díky dvojitému magnetu Bosch ZM 14 CR-10, v každém válci byla dvojice svíček Bosch DW 240 ET7,

nebo Siemens 32 FU 14. V předním úseku motoru se nacházel reduktor a také převodový mechanismus ventilátoru, který se otáčel 1,72x rychleji než motor. Vrtule byla třílistá stavitelná o průměru 3300 mm a byla poháněna motorem přes reduktor. Poměr otáček vrtule k otáčkám motoru činil 0,54:1. Za motorem se nacházel filtr oleje, filtr paliva a Kommandogerät (elektricko-hydraulická řídicí jednotka), který automaticky reguloval přípuť paliva, bohatost směsi, časování zážehu ve válcích a přepínal stupeň kompresoru v závislosti na výšce. Olejová nádrž tvořila prstenec a byla chráněna pancířem, protože se nacházela před motorem. Plnila se na 43-55 litrů (minimální množství, aby byl motor schopen spolehlivě fungovat, bylo 20-25 l). [4]

Technická data motoru BMW 801 C-2

- Typ: 14ti válec přeplňovaný dvouřadý hvězdicový motor
- Vrtání: 156 mm
- Zdvih: 156 mm
- Objem: 41,8 litrů
- Délka: 2006 mm
- Průměr: 1290 mm
- Suchá váha: 1055 kg

Součásti:

- Ventily: 1 sací a 1 sodíkem chlazený výfukový ventil na válec
- Turbodmychadlo: pohon ozubenými koly jednostupňové dvourychlostní
- Palivový systém: vstřikování
- Chladicí soustava: vzduchem chlazený

Výkon:

- Výkon: 1147 kW při 2700 ot·min⁻¹ (vzlet)
- Měrný výkon: 28,1 kW/l
- Kompresní poměr: 6,5:1
- Měrná spotřeba paliva: 0,308 kg/(kW·h)
- Poměr výkon/hmotnost: 1,11 kW/kg

Varianty:

- BMW 801 A, B, C: 1147 kW (1539 hp)
- BMW 801 D, G, H: 1250 kW (1677 hp)
- BMW 801 E, S: 1471 kW (1973 hp)
- BMW 801 F: 1765 kW (2367 hp)

Použití:

- Focke-Wulf Fw 190
- Junkers Ju 88
- Junkers Ju 188
- Junkers Ju 290
- Junkers Ju 388
- Junkers Ju 390
- Messerschmitt Me 264
- Dornier Do 217
- Blohm & Voss BV 144

5.2 Junkers Jumo 222

Junkers Jumo 222 byl vysoce výkonný letadlový motor od německého výrobce letadel Junkers. Motor se skládal z šesti řad po čtyřech válcích s uspořádáním do hvězdy, což v součtu dělalo 24 válců uspořádaných kolem centrálního klikového hřídele. Junkers Jumo 222 sice vypadal jako motor hvězdicový, ale vnitřní konstrukce se spíše podobala uspořádáním do V s kapalinovým chlazením jako u většiny řadových motorů.

Válce byly uspořádány tak, že sousední řada válců měla sací a výfukové ventily vedle sebe navzájem, což mělo za následek jednodušší potrubí ze zadu umístěného turbodmychadla a ve výsledku jen tři řady výfuků. Každý válec měl dva sací a jeden sodíkem chlazený výfukový ventil. Mezi sacími ventily byl umístěn vysokotlaký vstřikovač paliva a dvě zapalovací svíčky.

Při vrtání a zdvihu 135 mm měl motor objem 46,6 litru s kompresním poměrem 6,5:1 vzhledem k nízko-oktanovému palivům, která byla v té době v Německu k dispozici. Motor měl výkon kolem 1850 kW při 3200 ot·min⁻¹ při vzletu. Jednou z nevýhod bylo jednoduché jednostupňové dvourychlostní turbodmychadlo, které odebíralo kolem 220 kW. Junkers Jumo 222 byl zkonstruován v roce 1939 a bylo vyrobeno necelých 300 kusů.



Obr. 7 Junkers Jumo 222E [11]

Technická data motoru Junkers Jumo 222 A

- Typ: hvězdicový 24-válec s 6 řadami po 4 válcích
- Vrtání: 135 mm
- Zdvih: 135 mm
- Objem: 46,38 litrů
- Délka: 2400 mm
- Průměr: 1160 mm
- Suchá váha: 1088 kg

Součásti:

- Palivový systém: vstřikování paliva
- Chladicí soustava: kapalinou chlazený
- Ventily: 2 sací a 1 sodíkem chlazený výfukový ventil na válec
- Turbodmychadlo: jednostupňové dvourychlostní odstředivé

Výkon:

- Výkon: 1838 kW při 3200 ot·min⁻¹
- Měrný výkon: 39,5 kW/l
- Kompresní poměr: 6,5:1
- Měrná spotřeba paliva: 0,29 kg/(kW·h)
- Poměr výkon/hmotnost: 1,69 kW/kg

Varianty:

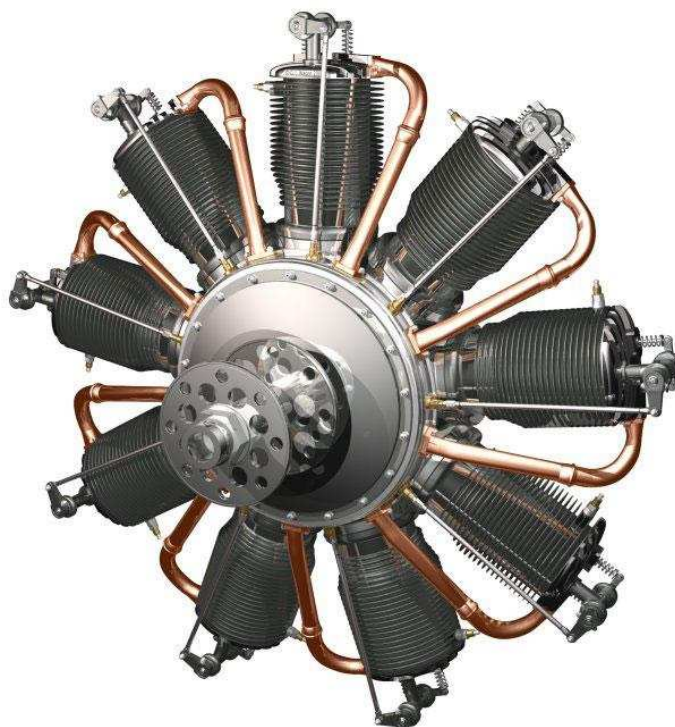
- Junkers Jumo 222 A, A-2
- Junkers Jumo 222 B, B-2
- Junkers Jumo 222 C 2200 kW
- Junkers Jumo 222 D 2200 kW
- Junkers Jumo 222 E dvoustupňové turbodmychadlo
- Junkers Jumo 222 F dvoustupňové turbodmychadlo
- Junkers Jumo 222 G pouze prototyp
- Junkers Jumo 222 H pouze prototyp

Použití:

- Focke-Wulf Fw 191

5.3 Le Rhône

Le Rhône byl pístový letecký vzduchem chlazený 9ti válcový rotační motor o výkonu 82 kW zkonstruovaný francouzskou firmou Société des Moteurs Gnome et Rh  ne vyr  b  n   během první světové války. Na z  ch  tku první světové války byl Le Rh  ne stěžejním leteck  m motorem, kter   byl montován do řady stíhacích letounů. Licen  n   byly motory Le Rh  ne 9C vyráběny např. ve Velké Británii, Itálii, Rusku a USA. Mezi letouny, kter   l  taly s motory Le Rh  ne 9C, patřily např. Nieuport a Fokker Dr.I. Motor Le Rh  ne byl vyráběn od roku 1914.



Obr. 8 Le Rh  ne [16]

Le Rh  ne měl tradi  n  n   sac  n   systém a neobvyklou metodu spojování ojnic k hlavní ojnici. V motoru směs vzduchu s palivem řla nejdříve k prstencov   komoře v zadní části klikov   skř  n   a odtamtud, přes leřt  n   m  d  n   trubky, do konvenčních sacích kanálů a k v  čkou ovl  dan  m ventilům v hlavách válců.

Motor pouř  val neobvyklou metodu ovládání ventilů. Jedin   vahadlo ventilu na   pu blízko jeho středu bylo zkonstruováno k tomu, aby ovládalo oba ventily, jak v  fukov   ventil, tak i sací ventil. Tařen  m dolů se otevřel sací ventil a tla  en  m nahoru se otevřel v  fukov   ventil. Díky tomu vahadlo ventilu muselo být ovládáno souměrnou t    i namísto obvykl   tla  n   t    e.

V motoru ur  en  m pro vysok   výkon a rychlost se sací ventil z  ch  n   otevírat před v  fukov  m ventilem, kter   je jeřt   v t   chvíli zcela zavř  n  , ale v motoru Le Rh  ne vahadlo ventilu muselo nejdříve uvolnit v  fukov   ventil předtím, neř mohl kontaktovat sací ventil a proto byl t  mto limitován výstupní výkon.

Technická data motoru Le Rhône 9J

- Typ: rotační hvězdicový 9ti válec
- Vrtání: 112 mm
- Zdvih: 170 mm
- Objem: 15,08 litrů
- Suchá váha: 149 kg

Součásti:

- Chladicí soustava: vzduchem chlazený
- Ventily: OHV, 1 sací a 1 výfukový ventil na válec

Výkon:

- Výkon: 82 kW při 1200 ot·min⁻¹
- Měrný výkon: 5,43 kW/l
- Kompresní poměr: 4,5:1
- Poměr výkon/hmotnost: 0,55 kW/kg

Varianty:

- Le Rhône 7C 45 kW
- Le Rhône 9C 60 kW
- Le Rhône 9J 82 kW
- Le Rhône 9R 135 kW
- Le Rhône 14D 90 kW

Použití:

- Airco DH 5
- Avro 504
- Bristol M.1
- Bristol Scout
- Caudron G.3
- Caudron G.4
- Hanriot HD.1
- La Cierva C-6
- Morane-Saulnier N
- Nieuport 11
- Nieuport 17
- Nieuport 27
- Sopwith Camel
- Sopwith Pup
- Standard E-1
- Thomas-Morse S-4C
- Fokker Dr.I

5.4 Nakajima Sakae

Nakajima Sakae (japonsky „blahobyt“) byl japonský hvězdicový, dvouřadý, vzduchem chlazený čtrnácti válec používaný v japonských bojových letounech v průběhu druhé světové války. Byl navržen a zkonstruován firmou Nakajima poté, co získali licenci na francouzský Gnome-Rhone 14K. Sakae byl námořní označení, armáda nazvala první sérii Ha 25 a pozdější verze byly označeny jako Ha 105 a Ha 115. Námořní označení bylo NK1 Sakae 10, 20 a 30. Celkem bylo vyrobeno 21 166 firmou Nakajima a 9 067 bylo vyrobeno jinými firmami.



Obr. 9 a 10 Nakajima NK1C Sakae 12 [5]

Technická data motoru Nakajima NK1F Sakae 21

- Typ: 14ti válec dvouřadý hvězdicový motor
- Vrtání: 130 mm
- Zdvih: 150 mm
- Objem: 27,87 litrů
- Délka: 1425 mm
- Průměr: 1115 mm

Součásti:

- Chladicí soustava: vzduchem chlazený

Výkon:

- Výkon: 843 kW
- Měrný výkon: 30,2 kW/l

Varianty:

- NK1C Sakae 12 940 hp (701 kW)
- NK1D Sakae 11 985 hp (735 kW)
- NK1F Sakae 21 1130 hp (843 kW)
- NK1F Sakae 31 1130 hp (843 kW)

Použití:

- Kawasaki Ki-48
- Mitsubishi A6M
- Mitsubishi C5M
- Mitsubishi Ki-15
- Nakajima B5N
- Nakajima J1N
- Nakajima Ki-43
- Nakajima Ki-115

5.5 Švecov AŠ-82

Švecov AŠ-82 (M-82) byl vzduchem chlazený čtrnácti válcový dvouřadý hvězdicový motor vyvinutý konstrukční kanceláří Arkadiya Dmitrieviče Švecova. Ten předtím pracoval na licenční výrobě motoru Wright R-1820 Cyclone, v Rusku vyráběného pod označením M-25 a dále vyvíjeného jako M-62 a M-63. A. D. Švecov snížil zdvih, rozměry a váhu motoru Wright R-1820 Cyclone a tím dovolil, aby mohl motor být použit v lehčím letadle, kam by se R-1820 nedal umístit. AŠ-82 (M-82) byl používán v mnoha typech sovětských letadel. Poháněl bombardéry Tupolev Tu-2 a Petljakov Pe-8 a slavné a neméně úspěšné stíhací letouny Lavočkin La-5 a Lavočkin La-7 a také dopravní letadlo Iljušin Il-14, dokonce Lavočkin LaGG-3 byl upraven, aby mohl být poháněn AŠ-82 namísto původního řadového motoru. Celkem bylo vyrobeno více než 70 000 kusů AŠ-82 a poprvé použit v roce 1940.



Obr. 11 Švecov AŠ-82 [7]

Technická data motoru Švecov AŠ-82

- Typ: 14ti válec dvouřadý hvězdicový motor
- Vrtání: 155,5 mm
- Zdvih: 155 mm
- Objem: 41,218 litrů
- Průměr: 1260 mm
- Suchá váha: 868 kg

Součásti:

- Ventily: 1 sací a 1 sodíkem chlazený výfukový ventil na válec
- Turbodmychadlo: jednostupňové se dvěma rychlostmi
- Palivový systém: karburátory (v prvních verzích), vstřikování
- Chladicí soustava: vzduchem chlazený

Výkon:

- Výkon: 1268 kW při 2600 ot·min⁻¹ (vzlet)
- Měrný výkon: 30,8 kW/l
- Kompresní poměr: 6,9:1
- Měrná spotřeba paliva: 0,381 kg/(kW·h)
- Poměr výkon/hmotnost: 1,46 kW/kg

Varianty:

- AŠ-82-111 (M-82-111) karburátorová verze
- AŠ-82-112 (M-82-112) karburátorová verze
- AŠ-82F (M-82F)
- AŠ-82FN (M-82FN)
- AŠ-82FNU (M-82FNU)
- AŠ-82T (M-82T)
- AŠ-82V (M-82V)

Použití:

- Iljušin Il-12
- Iljušin Il-14
- Lavočkin La-5
- Lavočkin La-7
- Lavočkin La-9
- Lavočkin La-11
- MiG-5
- Petljakov Pe-2
- Petljakov Pe-8
- Suchoj Su-2
- Suchoj Su-7
- Suchoj Su-12
- Tupolev Tu-2

6 Motory řadové

6.1 Daimler-Benz DB 603

Daimler-Benz DB 603 byl německý letecký motor používaný během druhé světové války, který vycházel z konstrukce motoru Daimler-Benz DB 600. Jednalo se o kapalinou chlazený čtyřtákní vidlicový invertní dvanácti válec s válci do V, jejichž vrtání bylo 162 mm a zdvih 180 mm, což nám dává objem motoru 44.5 l. Zvláštností je, že se kompresní poměr v obou řadách válců lišil, u levé řady dosahoval 7,5:1 a v pravé 7,3:1 (směru letu). Další zajímavostí je, že s tímto letadlovým motorem byl navržen i automobil Mercedes T80.



Obr. 12 Daimler-Benz DB 603 E [13]

Jako palivo v motoru sloužil benzín s oktanovým číslem 87, který do válců vstříkovaly trysky firmy Bosch, kde došlo pomocí dvojice svíček Bosch k zážehu směsi. Mazání zajišťoval olej a jeho oběh umožňovala zubová čerpadla vyrobená firmou Daimler-Benz. Olej, který se dostal do motoru, se ohřál při běžném režimu na přibližně 125 °C a při maximálním výkonu až na 135 °C. Motor ho spotřeboval asi 10,5 l/hod při normálním chodu a dokonce až 14 l/hod při startování a bojovém chodu.

Chlazení bylo zajišťováno směsí glykolu a vody a to v poměru 1:1 s příměsí antikoročního prostředku. Chladičí kapalina vstupovala do motoru o teplotě kolem 60°C a ven byla odváděna zahřátá podle výšky letu a to až na 103°C. Krátkodobě mohla být i vyšší maximálně na 10 minut s vrchní mezí však činila ve výšce do 2500 m 115 °C, ve 4000 m 112 °C a v 10000 m pouze 103 °C.

Motor Daimler-Benz DB 603A poháněl vrtuli VDM s maximálním výkonem 1287 kW při 2700 ot·min⁻¹ přes reduktor s převodovým poměrem 1:1,93 a otáčela se ve směru letu doprava. [4]

Technická data motoru Daimler-Benz DB 603A

- Typ: řadový invertní stojatý 12ti válec do V
- Vrtání: 162 mm
- Zdvih: 180 mm
- Objem: 44,5 litrů
- Délka: 2610,5 mm
- Suchá váha: 920 kg

Součásti:

- Ventily: OHC, 2 sací a 2 výfukové ventily na válec
- Turbodmychadlo: odstředivé poháněné přes ozubená kola
- Palivový systém: vstřikování paliva
- Chladicí soustava: kapalinou chlazený

Výkon:

- Výkon: 1287 kW při 2700 ot·min⁻¹ (vzlet)
- Měrný výkon: 26,7 kW/l
- Kompresní poměr: 7,5:1 levá řada, 7,3:1 pravá řada
- Měrná spotřeba paliva: 0,288 kg/(kW·h)
- Poměr výkon/hmotnost: 1,29 kW/kg

Varianty:

- DB 603A 1 287 kW při 2 700 ot·min⁻¹
- DB 603AA 1231 kW při 2 700 ot·min⁻¹
- DB 603E 1 327 kW při 2 700 ot·min⁻¹
- DB 603G 1 395 kW při 2 700 ot·min⁻¹
- DB 603L/LA 1 470 kW
- DB 603N 2 060 kW při 3 000 ot·min⁻¹
- DB 603S DB 603A s pokusným turbokompresorem TK-11

Použití:

- Blohm & Voss BV 155
- Dornier Do 217
- Dornier Do 335
- Focke-Wulf Ta 152
- Heinkel He 219
- Messerschmitt Me 410

6.2 Hispano-Suiza 12Y

Hispano-Suiza 12Y byl francouzský pístový letecký motor vyrobený společností Hispano-Suiza v období před druhou světovou válkou. Byl vyvinut z dřívějšího a menšího Hispano-Suiza 12X a stal se jedním z nejvýznamnějších francouzských motorů s výkonem kolem 750 kW. Byl použit v řadě známých stíhacích letounů té doby jako byly Morane Saulnier M.S.406 a Dewoitine D.520. Konstrukce motoru Hispano-Suiza 12Y byla široce využívána a licenčně vyráběna i v jiných zemích jako bylo Československo, Švýcarsko a Sovětský svaz, kde byl licenčně vyráběn například jako Klimov VK-105. Motor Hispano-Suiza 12Y byl dále vyvíjen a upravován, aby vznikl modernější a výrazně výkonnější typ Hispano-Suiza 12Z, který ale nebyl nikdy zcela dokončen a zaveden do sériové výroby díky německé okupaci Francie.



Obr. 13 Hispano-Suiza 12Y [14]

Hispano-Suiza 12Y měl poměrně tradiční konstrukci, jednalo se o kapalinou chlazený čtyřtákní vidlicový zážehový dvanácti válec s válci do V s úhlem 60° ve dvou řadách, které byly lité hliníkové odlitky.

Hlavními změnami od předešlého modelu Hispano-Suiza 12X se 12Y lišil v tom, že používal odlišné ojnice a ventilový rozvod SOHC s dvěma ventily na válec a to jedním sacím a jedním výfukovým ventilem, který byl chlazen sodíkem.

Motor byl přepínaný jednostupňovým jednorychlostním odstředivým kompresorem a to s pohonem od klikové hřídele. Zapalování bylo zdvojené, mazání motoru bylo oběžné tlakové se suchou klikovou skříní. Přípravu palivové směsi do válců zajišťovalo šest karburátorů francouzské značky Solex. Vrtule byla pravotočivá, poháněná přes reduktor motorem.

Technická data motoru Hispano-Suiza 12Ycrs

- Typ: řadový stojatý 12ti válec s uspořádáním válců do V (60°)
- Vrtání: 150 mm
- Zdvih: 170 mm
- Objem: 36,05 litrů
- Délka: 1722 mm
- Šířka: 764 mm
- Výška: 935 mm
- Suchá váha: 465 kg

Součásti:

- Ventily: SOHC, 1 sací a 1 výfukový ventil na válec
- Turbodmychadlo: odstředivé jednostupňové s jednou rychlostí
- Palivový systém: šest karburátorů Solex
- Chladicí soustava: kapalinou chlazený

Výkon:

- Výkon: 615 kW při 2400 ot·min⁻¹ (vzlet)
- Měrný výkon: 17,08 kW/l
- Kompresní poměr: 5,8:1
- Měrná spotřeba paliva: 0,328 kg/(kW·h)
- Měrná spotřeba oleje: 0,011 kg/(kW·h)
- Poměr výkon/hmotnost: 1,32 kW/kg

Varianty:

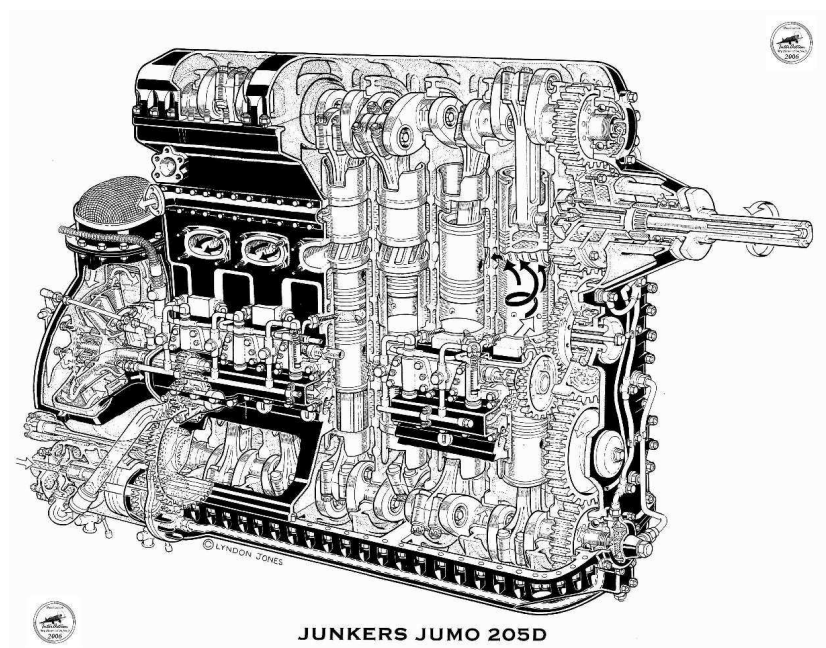
- 12Ydrs 567 kW
- 12Ycrs 615 kW
- 12Y-29 679 kW
- 12Y-45 679 kW
- 12Y-43 694 kW
- 12Y-37 783 kW
- 12Y-51 809 kW

Použití:

- Amiot 370
- Arsenal VB 10
- Dewoitine D.520
- Farman NC.223.3
- Latécoère 298
- Morane-Saulnier M.S.406
- Avia B-534
- EKW C-35
- Lavochkin LaGG-3
- Petlyakov Pe-2
- Yakovlev Yak-9
- Yermolayev Yer-2

6.3 Junkers Jumo 205

Junkers Jumo 205 byl velice proslulý pístový letecký naftový motor, který byl první a také po půl století jediný úspěšný letecký naftový motor. Byl zkonstruován z předchozí série Jumo 204 a vývoj pokračoval sériemi Jumo 206, Jumo 207 a Jumo 208. Rozdíly v těchto sériích byly hlavně ve vrtání a zdvihu válců a mechanismu přeplňování. Junkers Jumo 205 byl zkonstruován v roce 1932 a bylo vyrobeno více než 900 kusů tohoto motoru.



Obr. 14 Junkers Jumo 205D [10]

Ve všech sériích se jednalo o dvoudobý naftový motor se 6ti válci a 12ti písty v uspořádání pístů naproti sobě s dvěma klikovými hřídelemi, jedna na spodu bloku motoru a druhou nahoře, které byly spojeny pomocí jednoduchého systému ozubených kol. Motor byl plněn dvěma vačkou řízenými vstřikovacími čerpadly na válec, každé s 2 tryskami což v součtu dělalo 4 trysky na válec.

Jak je typické pro dvoudobou konstrukci motoru, Junkers Jumo používal pevné sací a výfukové kanály namísto ventilů, které se odkryly, jakmile válec dosáhl určeného bodu zdvihu. Taková konstrukce má v normálním případě špatnou objemovou účinnost, protože oba kanály jsou otevřeny a zavřeny ve stejný čas. Toto vede, ke špatnému vypláchnutí směsi což znamená menší účinnost a více zplodin.

Jumo vyřešil tento problém díky chytrému uspořádání kanálů. Sací kanál byl umístěn pod spodním pístem, zatímco výfukový kanál byl umístěn pod horním pístem. Spodní kliková hřídel běžela o jedenáct stupňů za horní, což znamenalo, že se výfukový kanál otevřel dříve a umožnil tím lepší vypláchnutí válce. Tento systém dvoudobého motoru Jumo byl téměř tak efektivní jako čtyřtaktní konstrukce motoru s ventily, ale se značně menší složitostí.

Technická data motoru Junkers Jumo 205 A

- Typ: 6ti válec s 12 protiběžnými písty, dvoutakt, diesel
- Vrtání: 105 mm
- Zdvih: 160 mm
- Objem: 16,62 litrů
- Délka: 1934 mm
- Šířka: 547 mm
- Výška: 1325 mm
- Suchá váha: 595 kg

Součásti:

- Palivový systém: vstřikování paliva
- Palivo: diesel
- Olejový systém: nucený jednotlaký s 2 čerpadly
- Chladicí soustava: kapalinou chlazený

Výkon:

- Výkon: 647 kW při 2800 ot·min⁻¹
- Měrný výkon: 39 kW/l
- Kompresní poměr: 17:1
- Poměr výkon/hmotnost: 1,09 kW/kg

Varianty:

- Junkers Jumo 205 A
- Junkers Jumo 205 B
- Junkers Jumo 205 C
- Junkers Jumo 205 D

Použití:

- Blohm & Voss BV 138
- Blohm & Voss Ha 139
- Dornier Do 18
- Dornier Do 26
- Junkers Ju 86

6.4 Junkers Jumo 213

Junkers Jumo 213 byl za druhé světové války řadový stojatý dvanáctiválcový kapalinou chlazený pístový letecký motor o objemu 34,97 litrů vyrobený firmou Junkers z dřívější konstrukce Jumo 211. Konstrukce byla vylepšena hlavně o vysokotlakové chlazení kapalinou, které vyžadovalo podstatně méně chladicí kapaliny, což umožnilo, aby měl motor menší rozměry a nižší váhu. Další řada vylepšení umožnila, aby motor mohl běžet ve vyšších otáčkách. Ačkoliv se tyto změny zdají málo významné, zvětšily výkon motoru o 500 koní a učinily z něho jednu z nejvyhledávanějších konstrukcí motoru v pozdní době války. Junkers Jumo 213 byl zkonstruován v roce 1940 a bylo vyrobeno kolem 9000 kusů.



Obr. 15 Junkers Jumo 213 [12]

Motor měl automatické regulování plnění a automatickou dvojstupňovou převodovku pro změnu pracovního režimu jednorychlostního kompresoru pro malé a velké výšky. Vstřikování do válců zajišťovaly trysky firmy Junkers. Ve válcích se směs zapalovala dvojicí svíček Bosch nebo Beru.

Olejová nádrž byla na levé straně motoru těsně za náběžnou hranou křídla. Olej směl dosáhnout maximální teploty 130°C a jeho okamžitý objem v motoru činil přibližně 20 l. Chladicí kapalina byla směsí vody a glykolu v poměru 1:1 a její okamžitý objem v motoru činil přibližně 26 l, procházela čelním prstencovým chladičem, který letadlu dodával vzhled strojů s hvězdicovým motorem. Reduktor měl poměr otáček 2,4:1, přes který motor poháněl třílistou vrtuli. [4]

Technická data motoru Junkers Jumo 213 E

- Typ: řadový stojatý 12ti válec s uspořádáním válců do V
- Vrtání: 150 mm
- Zdvih: 165 mm
- Objem: 34,97 litrů
- Délka: 2266 mm
- Suchá váha: 940 kg

Součásti:

- Ventily: 2 sací a 1 výfukový ventil na válec
- Turbodmychadlo: odstředivé dvoustupňové se třemi rychlostmi
- Palivový systém: vstřikování paliva
- Chladicí soustava: kapalinou chlazený

Výkon:

- Výkon: 1287 kW při 3250 ot·min⁻¹ (vzlet)
- Měrný výkon: 36,8 kW/l
- Kompresní poměr: 6,5:1
- Poměr výkon/hmotnost: 1,37 kW/kg

Varianty:

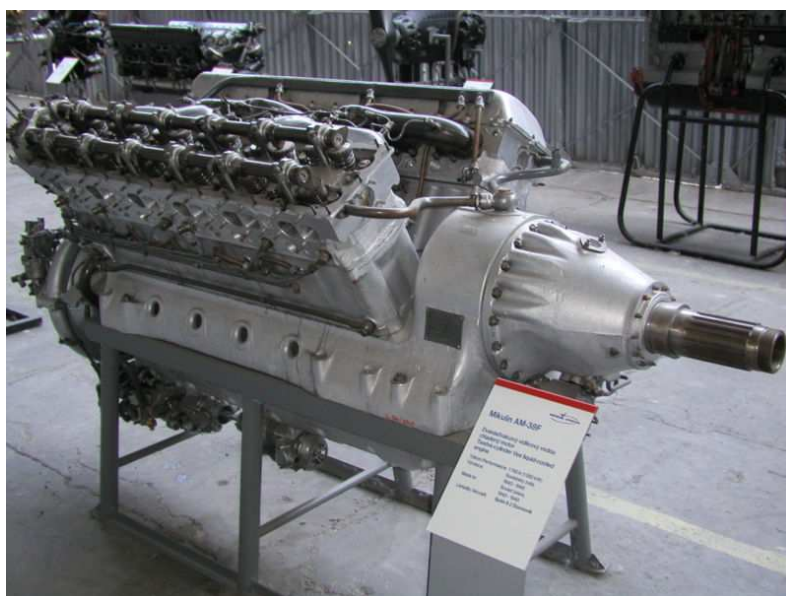
- 213A: vzletový výkon 1 750 k
- 213B: vzletový výkon až 2 000 k
- 213C: montáž kanónu střílejšího dutým hřídelem
- 213D: nový třírychlostní kompresor
- 213E: nový kompresorem s mezichladičem
- 213F: stejný jako 213E, ale bez mezichladiče

Použití:

- Heinkel on 111
- Junkers Ju 188
- Junkers Ju 388
- Focke-Wulf Fw 190
- Focke-Wulf Ta 152
- Focke-Wulf Ta 154
- Messerschmitt Me 209-II
- Messerschmitt Me 410
- Nord Noroit

6.5 Mikulin AM-38

Mikulin AM-38 byl sovětský letecký pístový motor zkonstruovaný sovětským inženýrem Alexandrem Alexandrovičem Mikulinem. Jednalo se o řadový stojatý dvanácti válec s uspořádáním válců do V o úhlu 60° a chlazený kapalinou. Jednalo se o vylepšený motor Mikulin AM-35. Hlavní použití AM-38 bylo ve známém bitevním letounu Iljušin Il-2 Šturmovik, motor byl také instalován do stíhacího letounu MiG-3 jako polní modifikace pro zlepšení rychlosti a výkonu. Verze AM-38F (označení F za číslem motoru znamená forsážovaný) oproti AM-38 měla ve výškách nad 1500 m nižší výkon, avšak výkon ve vzletovém režimu měl zesílený o 74,6 kW (100 hp) a současně jeho konstrukce umožňovala pracovat ve vzletovém režimu až po dobu 10 minut v rozsahu výšek od 0 do 1500 m. Motory Mikulin AM-38 byly poprvé použity v roce 1941 a bylo vyrobeno 36 163 kusů.



Obr. 16 Mikulin AM-38F [6]

Technická data motoru Mikulin AM-38F

- Typ: řadový stojatý 12ti válec s uspořádáním válců do V (60°)
- Vrtání: 160 mm
- Zdvih: 190 mm
- Objem: 46.66 litrů
- Suchá váha: 880 kg

Součásti:

- Turbodmychadlo: odstředivé jedno rychlostní
- Chladicí soustava: kapalinou chlazený

Výkon:

- Výkon: 1270 kW (1700hp) při 2350 ot·min⁻¹
- Měrný výkon: 27,2 kW/l
- Kompresní poměr: 6,0:1
- Poměr výkon/hmotnost: 1,53 kW/kg

Varianty:

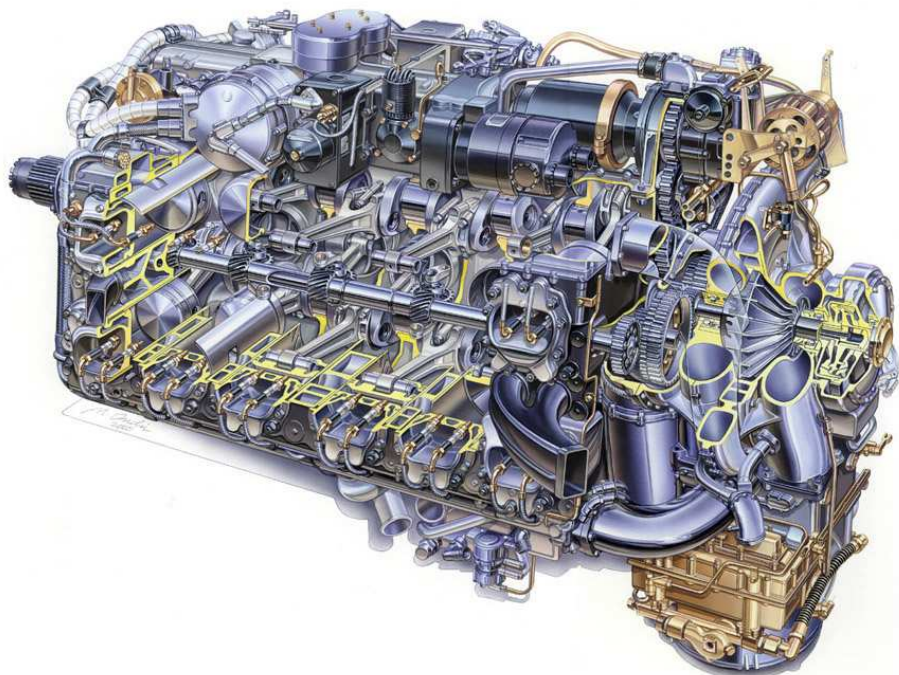
- AM-38F – nízko výšková verze s větším výkonem při vzletu a 10 minutovou forsází

Použití:

- Iljušin Il-2
- Iljušin Il-10

6.6 Napier Sabre

Napier Sabre byl kapalinou chlazený čtyřtaktní 24 válec s uspořádáním válců do H, který používal šoupátkový rozvod a byl navržen Frankem Bernardem Halfordem a zkonstruován britskou firmou D. Napier & Son Limited v průběhu druhé světové války. Byl to jeden z nejvýkonnějších pístových řadových motorů té doby. Napier Sabre byl zkonstruován v roce 1938.



© Makoto Ouchi / www.khulsey.com

Obr. 17 Napier Sabre [15]

Problémy s motorem se začaly objevovat hned po jeho zavedení do výroby. Převážně šoupátkové rozvody měly tendenci často selhat. V té době britská firma Bristol používala lepší výrobní postupy při konstrukci šoupátkového rozvodu pro své motory Bristol Taurus. Bohužel Bristol odmítal spolupracovat se společností Napier, ale pod neustálým tlakem od ministerstva letectví byla nakonec spolupráce zahájena a problémy se šoupátkovým rozvodem zmizely po zavedení výrobních postupů společnosti Bristol.

Kontrola jakosti se ukázala také jako závažný problém. Motory byly často dodávány se špatně očištěnými odlitky a poškozenými pístními kroužky. Při chladném počasí v noci musel být motor spouštěn každé dvě hodiny, aby motorový olej neztuhnul a bylo možné letadlo příští den nastartovat. Díky těmto problémům motor získal špatnou pověst, což bylo ještě zhoršeno nesprávnou manipulací s motorem neseznámených mechaniků a pilotů s povahou motoru.

Společnost Napier se převážně zabývala dalším vývojem více výkonných motorů než řešením stávajících problémů motoru Napier Sabre.

Technická data motoru Napier Sabre V

- Typ: čtyřřadý 24 válec s uspořádáním válců do H
- Vrtání: 127 mm
- Zdvih: 121 mm
- Objem: 36,681 litrů
- Délka: 2089 mm
- Šířka: 1016 mm
- Výška: 1168 mm
- Suchá váha: 1070 kg

Součásti:

- Ventily: šoupátkový rozvod
- Turbodmychadlo: odstředivé jednostupňové dvourychlostí
- Palivový systém: karburátory Claudel-Hobson
- Chladicí soustava: kapalinou chlazený

Výkon:

- Výkon: 2065 kW při 3800 ot·min⁻¹ (vzlet)
- Měrný výkon: 59,9 kW/l
- Kompresní poměr: 7:1
- Poměr výkon/hmotnost: 2,06 kW/kg

Varianty:

- Napier Sabre I 1500 kW
- Napier Sabre II 1625 kW
- Napier Sabre III
- Napier Sabre IV
- Napier Sabre V 2065 kW
- Napier Sabre VI
- Napier Sabre VII 2600 kW

Použití:

- Hawker Tempest
- Hawker Typhoon
- Hawker Fury
- Martin-Baker MB 3
- Napier-Heston Racer

6.7 Rolls-Royce Merlin

Rolls-Royce Merlin byl řadový stojatý dvanáctiválcový (s válci svírajícími úhel 60°) kapalinou chlazený pístový letecký motor o objemu 27 litrů, který byl proslaven a vyráběn během druhé světové války britskou firmou Rolls-Royce Ltd. a v licenci americkou automobilkou Packard jako V-1650. Motor Rolls-Royce Merlin je široce považován za jednu z nejúspěšnějších a nejzdařilejších konstrukcí leteckého pístového motoru, které vznikly v průběhu druhé světové války. Celkem bylo vyrobeno více než 149 600 kusů motoru Merlin a poprvé byl použit v roce 1935.

Prototyp motoru pod prvním názvem PV 12 (*Private Venture* česky: osobní riskantní podnik, 12 znamenalo dvanáctiválec) Rolls-Royce zahájil jako vlastní vývoj motoru bez jakéhokoli oficiálního zájmu a tím pádem také bez jakékoli státní dotace a to zcela ve vlastní režii. Budoucnost proslaveného Merlinu začala jeho prvním letem a to 21. února 1935 v letadle Hawker Hart.

Jméno motoru Merlin dostal podle druhu sokola a to dřemlíka tundrového (latinsky *Falco columbarius*), což bylo typické pro motory firmy Rolls-Royce s dalšími jmény pístových leteckých motorů jako Falcon, Hawk, Condor, Kestrel, Goshawk, Vulture, Griffon a Eagle.



Obr. 18 Rolls-Royce Merlin [8]

Technická data motoru Rolls-Royce Merlin II

- Typ: řadový stojatý 12ti válec s uspořádáním válců do V (60°)
- Vrtání: 137,2 mm
- Zdvih: 152,4 mm
- Objem: 27,04 litrů
- Délka: 1753 mm
- Šířka: 757 mm
- Výška: 1046 mm
- Suchá váha: 623,7 kg

Součásti:

- Ventily: OHC, 2 sací a 2 sodíkem chlazené výfukové ventily na válec
- Turbodmychadlo: odstředivé dvoustupňové se dvěma rychlostmi
- Palivový systém: karburátory s automatickým řízením směsi
- Chladicí soustava: kapalinou chlazený

Výkon:

- Výkon: 656 kW při 3000 ot·min⁻¹ (vzlet)
- Měrný výkon: 42,9 kW/l
- Kompresní poměr: 6,0:1
- Měrná spotřeba paliva: 0,382 kg/(kW·h)
- Poměr výkon/hmotnost: 1,86 kW/kg

Varianty:

- Merlin I, II, III, VIII, X, XII
- Merlin 21 – 85
- Merlin 224, 225, 266

Použití:

- Armstrong Whitworth Whitley
- Avro Lancaster, Lincoln, Tudor, York
- Boulton Paul Defiant
- Bristol Beaufighter
- Canadair North Star
- Curtis P-40 Kittyhawk
- de Havilland Mosquito, Hornet
- Fairey Barracuda, Battle, Fulmar
- Handley Page Halifax
- Hawker Hurricane and Sea Hurricane
- Hispano Aviación HA-1112
- North American Mustang X
- Short Sturgeon
- Supermarine Seafire
- Supermarine Spitfire
- Vickers Wellington
- Westland Welkin

7 Závěr

V této práci byl zpracován přehled pístových motorů letadel. Tato nejrozsáhlejší část je, jak už bylo patrné z úvodu, věnována známým, netradičním nebo jinak zajímavým konstrukcím pístových leteckých motorů a to z velké části motorům z období druhé světové války. Přehled dává možnost porovnání parametrů jednotlivých uvedených motorů. Z čistě odborného pohledu je sice přehled neúplný, nicméně plně použitelný. Zahrnout do této práce všechny typy a samostatně je popsat by znamenalo značně překročit standardní rozsah práce tohoto typu.

I přes ohromný vývoj turbínových motorů po skončení druhé světové války, zůstávají pístové motory pro své vlastnosti hlavními pohonnými jednotkami malých letadel. I přesto, že základy některých konstrukčních řešení jsou známy již mnoho desítek let, tak se v modernizovaném a upraveném provedení nadále používají v dnešní době. V poslední době roste poptávka po pístových motorech letadel, která s sebou přináší snahu výrobců těchto motorů inovovat své pístové motory tak, aby byly konkurence schopné. Pístové motory letadel se co do celkového počtu vyráběných kusů nemohou bohužel srovnávat s motory z automobilového průmyslu. Z tohoto faktu tedy vyplývá, že vývoj a konstrukce spalovacích motorů používaných v automobilovém průmyslu je proti leteckým motorům mnohem pokrokovější. Toto je stanoveno především ekonomickým ohledem, který podstatně brzdí vývoj pístových motorů letadel. Jedna z hlavních možností, jak usnadnit vývoj pístových leteckých motorů, je získání zkušeností nabytých při vývoji automobilových motorů. Konstrukteři a návrháři leteckých motorů jsou omezováni certifikacemi nových motorů, protože letecké pohonné jednotky musí splňovat především dostatečnou spolehlivost, která je v leteckém odvětví mnohem vyšší než v automobilovém průmyslu. V leteckém průmyslu je kladen velký důraz na dosažení co možná nejlehčí konstrukce leteckých motorů. Lehčí pohonné jednotky lze dosáhnout několika způsoby, jednou z možností je použití moderních lehkých materiálů pro výrobu motorů a druhá spočívá v jiném konstrukčním řešení pístového motoru.

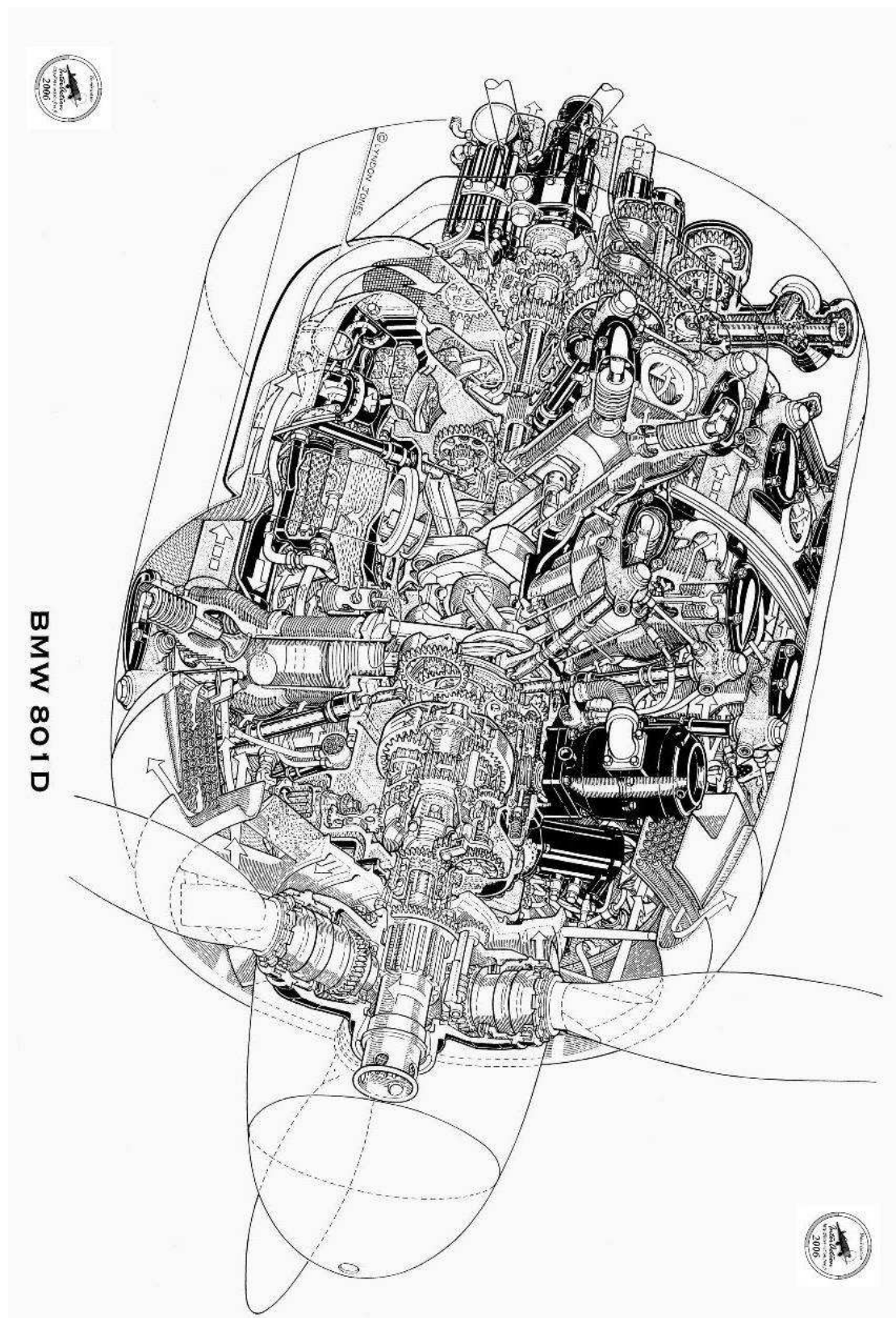
8 Seznam použitých zdrojů a literatury:

- [1] ADAMEC, Josef, KOCÁB, Jindřich. *Letadlové motory*. 1. vyd. Praha : KANT cz s.r.o., 2000. 176 s. ISBN 80-902914-0-6.
- [2] DRAXLER, Karel, MARŠÁLEK, Josef. *Pohon : Učební texty dle předpisu JAR-66*. 2005. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2005. 176 s. ISBN 80-7204-368-4.
- [3] *Association de Sauvetage Créatif du Savoir Aérotechnique* [online]. 15.3.2000 [cit. 2008-03-09]. Dostupný z WWW: <<http://inter.action.free.fr/images/affiches/bmw801d.jpg>>.
- [4] VRBACKÝ, Filip. *Filip Vrbacký : Homepage* [online]. [2004] [cit. 2009-01-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.vrbacky.com/Fw190/Motory.html>>.
- [5] *Pima Air & Space Museum* [online]. 2006 [cit. 2009-01-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.pimaair.org/collection-detail.php?cid=325>>.
- [6] *Wikipedia : The free encyclopedia* [online]. 2001 [cit. 2009-02-13]. Dostupný z WWW: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9d/Mikulin_AM-38F.jpg/800px-Mikulin_AM-38F.jpg>.
- [7] *Wikipedia : The free encyclopedia* [online]. 2001 [cit. 2009-02-15]. Dostupný z WWW: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/ASh-82_Kbely.JPG>.
- [8] *Wikipedia : The free encyclopedia* [online]. 2001 [cit. 2009-02-18]. Dostupný z WWW: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/Rolls-Royce_Merlin.jpg>.
- [9] *U.S. Centennial of Flight Home Page* [online]. 2003 [cit. 2009-02-20]. Dostupný z WWW: <http://www.centennialofflight.gov/essay/Wright_Bros/1903_Before_Flight/WR5G9.htm>.
- [10] *Association de Sauvetage Créatif du Savoir Aérotechnique* [online]. 15.3.2000 [cit. 2008-02-22]. Dostupný z WWW: <<http://inter.action.free.fr/images/affiches/junkers-jumo.gif>>.
- [11] *Wikipedia : The free encyclopedia* [online]. 2001 [cit. 2009-02-25]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jumo_222E_2.jpg>.
- [12] *Junkers Aircraft on Display* [online]. 1996 [cit. 2009-03-03]. Dostupný z WWW: <http://www.geocities.com/museum_ju/jumo213_dm.jpg>.

- [13] *Wikipedia : The free encyclopedia* [online]. 2001 [cit. 2009-03-5].
Dostupný z WWW: < http://en.wikipedia.org/wiki/File:DB_603_E.jpg>.
- [14] *he Aircraft Engine Historical Society* [online]. 2002 [cit. 2009-03-07].
Dostupný z WWW:
<<http://www.enginehistory.org/Museums/SNECMA/157%20%20H-S%2012Y.jpg>>.
- [15] *KEVIN HULSEY ILLUSTRATION, INC* [online]. 1994 [cit. 2009-03-13].
Dostupný z WWW:
<http://www.khulsey.com/makoto_ouchi_napier_sabre.html>.
- [16] *Caligari Corporation* [online]. 2008 [cit. 2009-03-15]. Dostupný z WWW:
<<http://www.caligari.com/Gallery/OneManShow/GriffWason/images/Le-Rhone-80hp.jpg>>.

9 Přílohy

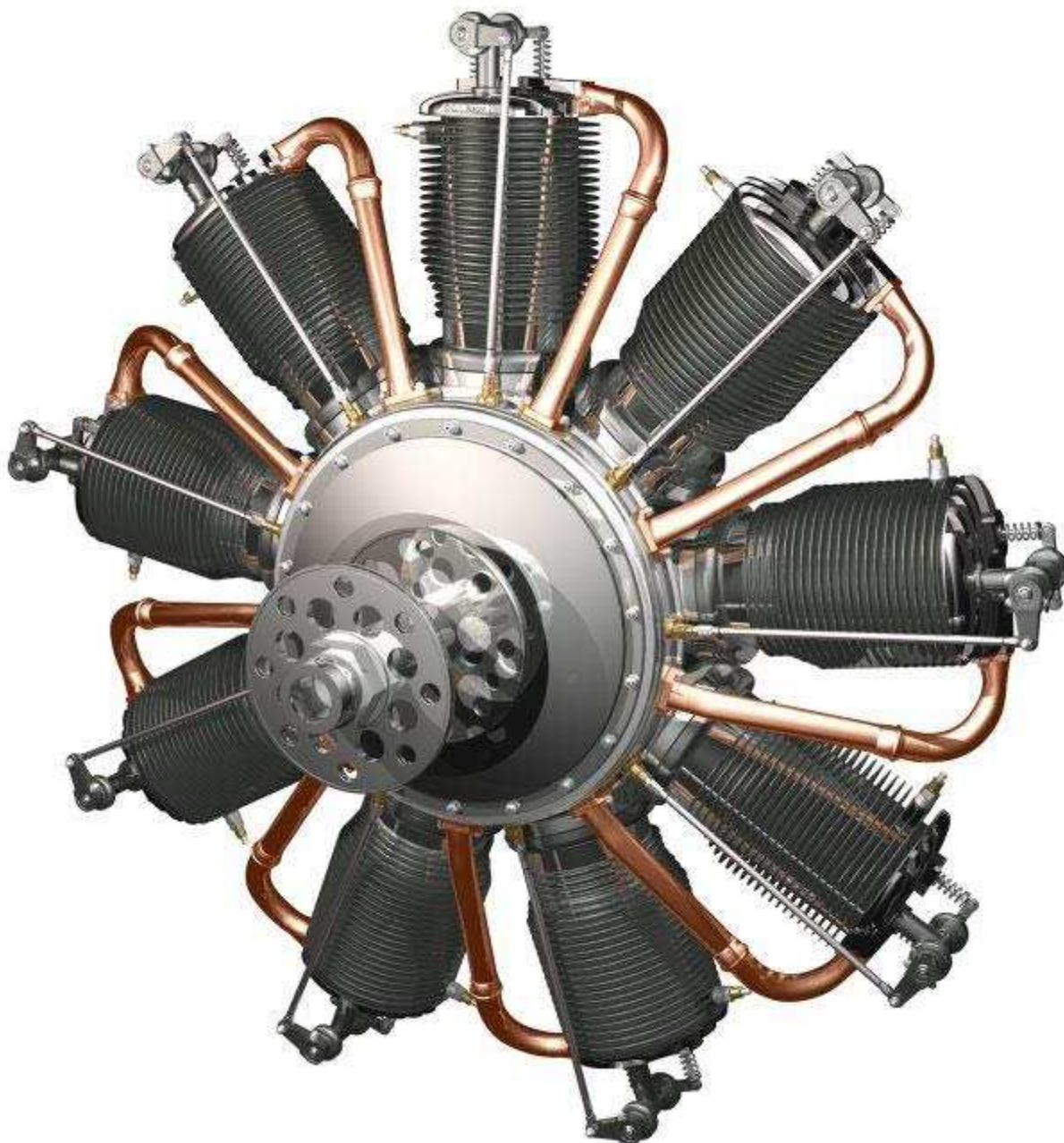
Příloha 1 BMW 801D	-46-
Příloha 2 Junkers Jumo 222E	-47-
Příloha 3 Le Rhône	-48-
Příloha 4 Nakajima NK1C Sakae 12	-49-
Příloha 5 Švecov AŠ-82	-50-
Příloha 6 Daimler-Benz DB 603 E	-51-
Příloha 7 Hispano-Suiza 12Y	-52-
Příloha 8 Junkers Jumo 205D	-53-
Příloha 9 Junkers Jumo 213	-54-
Příloha 10 Mikulin AM-38F	-55-
Příloha 11 Napier Sabre	-56-
Příloha 12 Rolls-Royce Merlin	-57-



Příloha 1 BMW 801D [3]



Příloha 2 Junkers Jumo 222E [11]



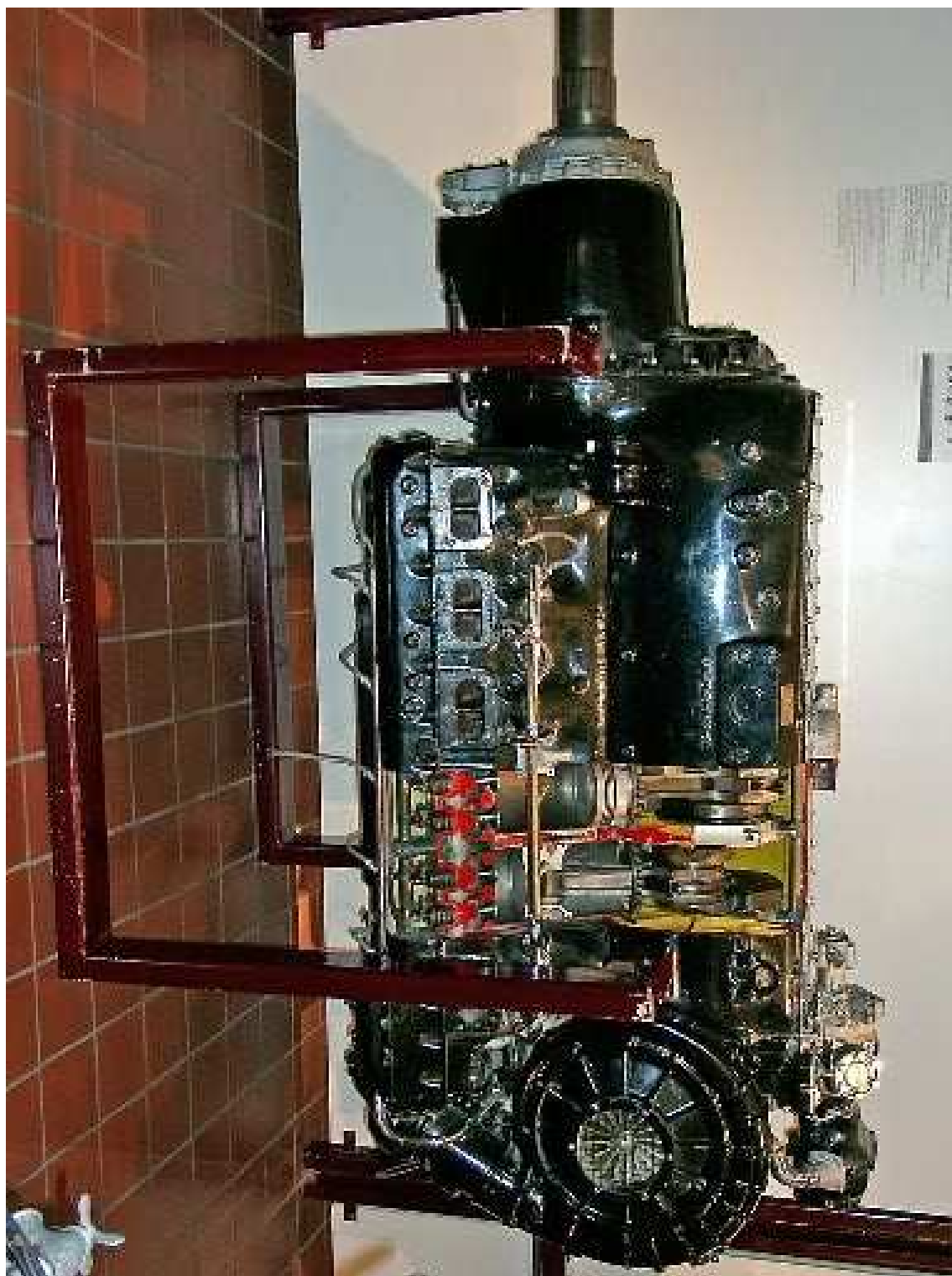
Příloha 3 Le Rhône [16]



Příloha 4 Nakajima NK1C Sakae 12 [5]



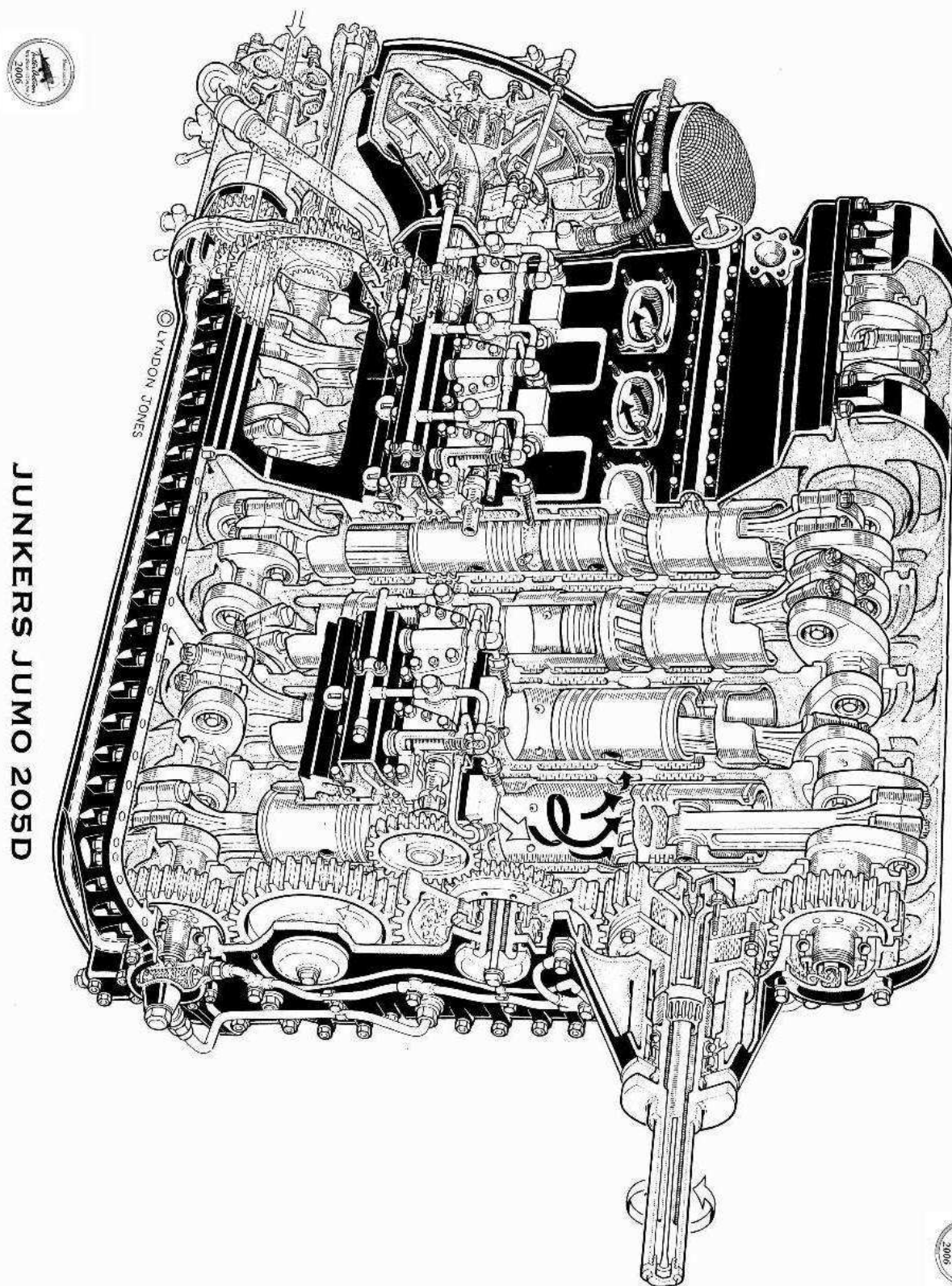
Příloha 5 Švecov AŠ-82 [7]



Příloha 6 Daimler-Benz DB 603 E [13]



Příloha 7 Hispano-Suiza 12Y [14]



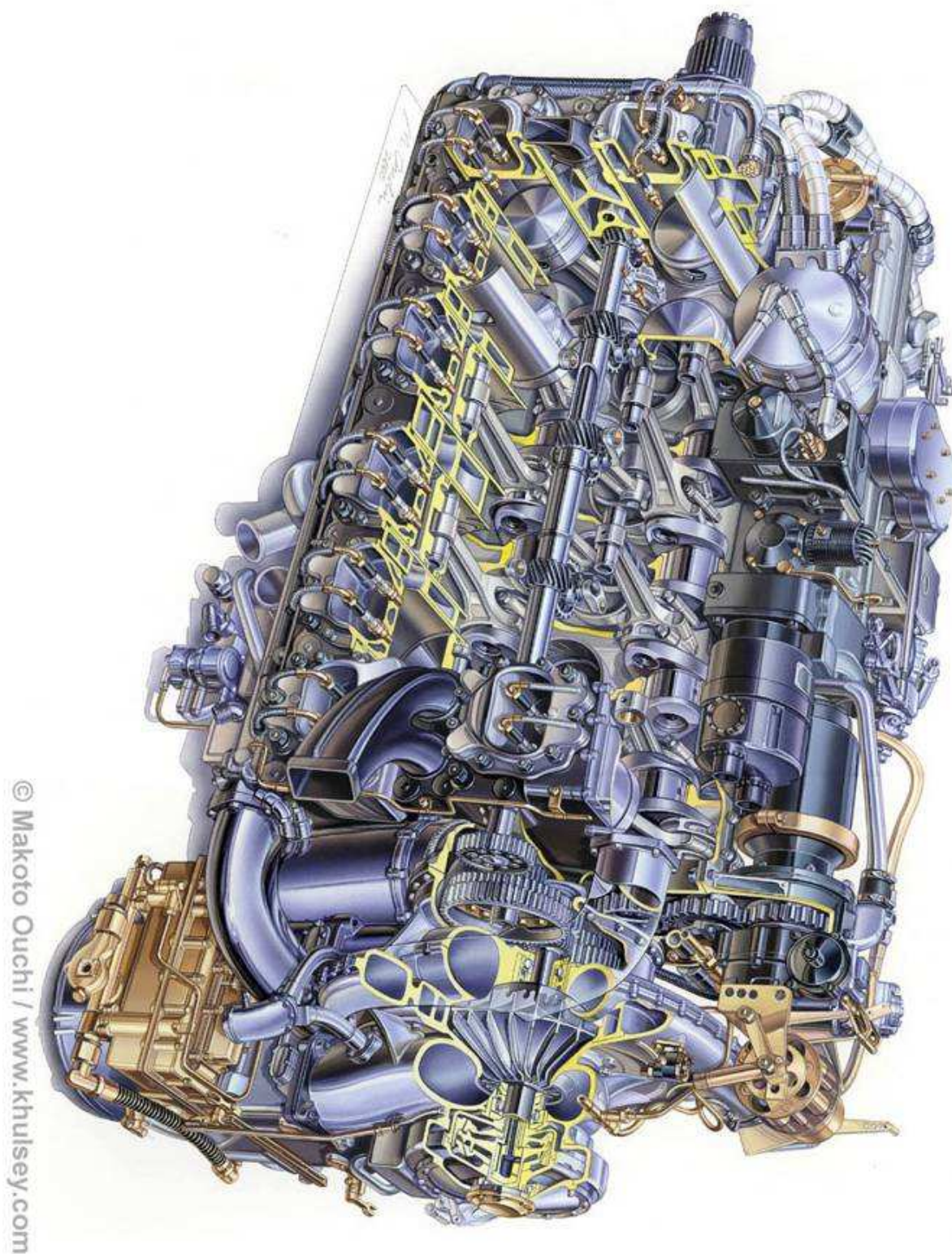
Příloha 8 Junkers Jumo 205D [10]



Příloha 9 Junkers Jumo 213 [12]



Пříloha 10 Mikulin AM-38F [6]



Příloha 11 Napier Sabre [15]



Příloha 12 Rolls-Royce Merlin [8]