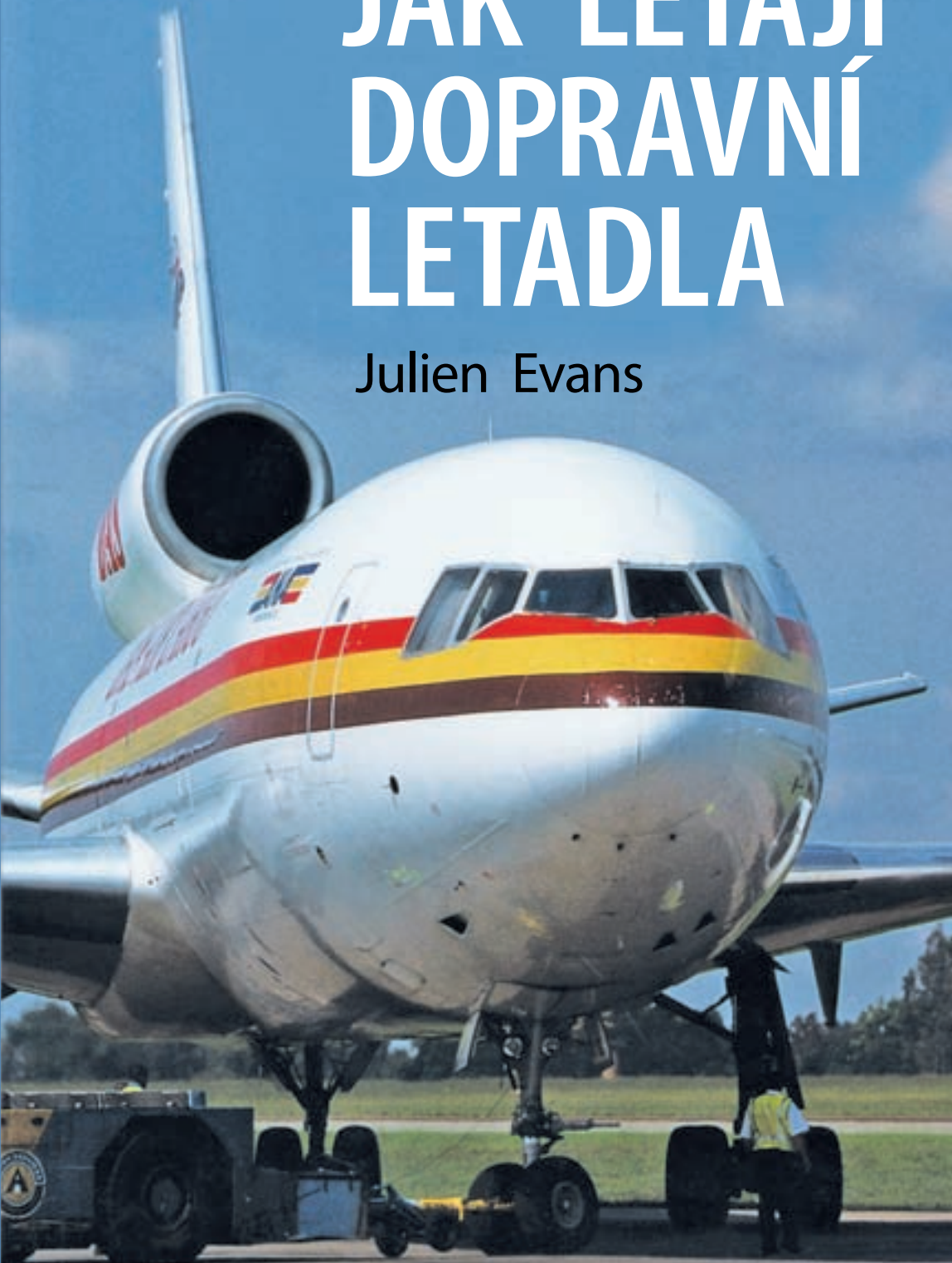


JAK LÉTAJÍ DOPRAVNÍ LETADLA

Julien Evans



pilotní kabina • navigace • motory • vzlet a přistání • řízení letadla
autopilot • počasí • nouzové situace • výcvik pilota

Pro Chris a Ali

Poděkování si zaslouží

Chris Blumenthal, Derek Gardner, Chris Joseph, Dave Lawrence,
Roger May, Geoff O'Connor, John Rathbone, Roger Setchfield

JAK LÉTAJÍ DOPRAVNÍ LETADLA



Julien Evans

Grada Publishing

*Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy
Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být
reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího
písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.*

Julien Evans

Jak létají dopravní letadla

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, Praha 7
obchod@grada.cz, www.grada.cz
tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400
jako svou 4883. publikaci

Odpovědná redaktorka Danuše Martinová
Přeložil Zbyněk Hruška

Sazba Q point
Počet stran 128
První vydání, Praha 2012
Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s.

First published in Great Britain in 1997 as
Is it on Autopilot
Second edition 2002

By: The Crowood Press Ltd, The Stable Block, Crowood Lane, Ramsbury,
Marlborough, Wiltshire, SN8 2HR

© Julien Evans 1997 and 2006
Czech language edition © Grada Publishing, a.s., 2012

Knihla byla přeložena z originálu **How Airliners Fly. A Passenger's Guide**,
vydaného nakladatelstvím The Crowood Press Ltd, Velká Británie.

Fotografie Julien Evans s výjimkou dále uvedených: strany 11 a 13 s laskavým svolením Airbus Industrie, strany 14, 31 nahoře, 36, 37, 38, 41, 46, 49, 56, 57 dole, 58, 104, 106 a 113 dole a přední strana obálky s laskavým svolením Keitha Gaskella, strany 60, 75 a 100 s laskavým svolením Detmara Härtera, strana 117 s laskavým svolením GECAT Flight Training; mapy na stranách 70 a 71 poskytla společnost Thales Avionics.

*Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami
nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.*

ISBN 978-80-247-3933-5 (tištěná verze)
ISBN 978-80-247-8169-3 (elektronická verze ve formátu PDF)
ISBN 978-80-247-8172-3 (elektronická verze ve formátu EPUB)

Obsah

Předmluva ke druhému vydání	6
Úvod	8
Předmluva k českému překladu	10
Hardware	11
Pilotní kabina	21
Jak to, že to letí?	29
Jak se letadlo řídí?	32
Výkony	52
Navigace	64
Autopilot	75
Pravidla vzdušného provozu	83
Radiokorespondence	88
Meteorologie	96
Předletová příprava	107
Pilotní výcvik	114
Když se něco pokazí	118
Budoucnost	124
Slovníček	126
Rejstřík	127

Předmluva ke druhému vydání

Vývoj dopravního letectví se během několika let, které uplynuly od prvního vydání této knihy (pod původním názvem „Letíme na autopilot?“), nezastavil. Piloti nyní odcítají údaje o letu z displejů místo z ciferníků původních elektromechanických přístrojů, které bylo možné najít v pilotních kabinách starších typů letadel. Přestože intenzita leteckého provozu roste, daří se uvolňovat vzdušný prostor, přičemž pro udržování standardních vertikálních rozestupů 1000 stop mezi letadly v horním i spodním vzdušném prostoru se s výhodou využívá přesnější zpracování letových údajů pomocí počítačů. Díky zlepšení výpočetní techniky pro řízení letového provozu a větší spolupráci mezi sousedními státy již většina letadel není omezena jen na vytyčené letové cesty; k dispozici je více přímých směrů, což zabraňuje hromadění provozu a šetří čas i palivo.

Podobně moderní navigační systémy odstranily nutnost měřit kursy vzhledem k magnetickému severu a v budoucnosti se může stát, že novým referenčním bodem bude zeměpisný sever; tím by zanikla komplikovaná potřeba zohledňovat rozdíly mezi magnetickým a zeměpisným severním pólem, které se mění v závislosti na zeměpisné poloze.

Je však s podivem, že v tak technickém oboru, jako je letectví, dosud nebyly sjednoceny měrové jednotky. Vzdálenost je stále udávána ve stopách, metrech, kilometrech a námořních mílích (a v některých státech ve statutárních mílích). Rychlosti jsou v uzlech (námořní míle za hodinu) nebo v metrech za sekundu (v některých zemích se tak udává rychlost větru). Hmotnosti pak najdete v kilogramech nebo v librách a tlak vzduchu v hektopascálech (milibarech) anebo v palcích rtuťového sloupce. Jedinou výjimkou v této směsici jednotek tvoří teplota, která se jednotně udává ve stupních Celsia. V budoucnosti letectví snad přejde na výlučné používání metrických jednotek, čímž bude odbourána nutnost konverzí – které jsou vždy možným zdrojem chyb lidského činitele. Rychlost se bude uvádět v kilometrech za hodinu a vertikální rozestupy v metrech. Současný standardní vertikální rozestup mezi letadly, který činí 1000 stop, se změní na téměř stejný rozestup 300 metrů.

Se vstupem letecké dopravy do druhého století její existence vrhly na její budoucnost stín dvě nejistoty – zranitelnost teroristickými útoky a dopad na životní prostředí. Řešení obou problémů je především v odpovědnosti politických činitelů celého světa, ale svou roli tu mohou sehrát i technici. Současná dopravní letadla jsou mnohem úspornější než jejich předchůdci, a pokud letí s plně obsazenými sedadly, mohou směle soupeřit s ostatními

druhy dopravy o to, kdo méně poškozuje naši křehkou planetu. Ale může se stát, že laciný a snadno vyrobiteľný kerosin bude jako pohonná hmota pro letadla jednou nepřijatelný. Existují alternativy, o nichž je řeč v poslední kapitole této knihy, ale náklady na jejich zavedení ponese cestující veřejnost.

Doufejme však, že tyto problémy jsou řešitelné a že budoucí generace pilotů a cestujících se stále bude moci těšit z výhod létání.

Úvod

Milióny lidí denně cestují vzduchem. Pro mnohé z nich je jedinou starostí, zda včas odletí, zda let bude pohodlný a zda bezpečně dorazí do cíle. Nijak se netrápí technickými detaily letu a rychlost a pohodlí považují za samozřejmost. A proč by také neměli? Letecká doprava je vyspělým průmyslem a očekávání pasažérů jsou vysoká.

Ale pro mnoho lidí je letectví něco víc než jen druh dopravy. Fascinuje je a těší let jakéhokoliv letadla. Žasnou nad tím, že stroj o hmotnosti okolo 400 tun se vznese do vzduchu a pohybuje se v něm rychlostí přes 800 km za hodinu. A pokud v nějakém takovém stroji sedí, jejich zájem je může dovést až k žádosti o svolení navštívit pilotní kabinu, a když mají štěstí – a předpisy to umožní – dostanou jej.

Co potom zvědavý návštěvník v kabině uvidí? Dvě, případně tři osoby, na první pohled ne příliš zaměstnané, zato obklopené ohromujícím počtem různých obrazovek, spínačů a ovládačů. Bude mít dojem, že letadlo letí samo, neboť téměř určitě nikoho neuvidí držet „volant“. A pokud bude vidět na zem, bude se návštěvníkovi zdát, že se letadlo téměř nepohybuje. Piloti mu vysvětlí, že vnímání rychlosti mu chybí z toho důvodu, že poblíž letadla letícího několik kilometrů nad zemským povrchem není nic, s čím by se rychlost dala porovnat. V oblačnosti, nad mořem anebo v noci se návštěvník přirozeně zeptá, jak piloti vědí, kam letí. Dostane samozřejmou odpověď, že je až tak nezajímá, kolik je toho z kabiny vidět, protože všechny potřebné informace mají zobrazeny na displejích před sebou.

Návštěvník se může ptát dál. Jak jsme vysoko? Jak rychle letíme? Jak si můžete pamatovat, k čemu jsou všechny ty spínače? Co se stane, když se zastaví motory? Jak dlouho to trvá, než se člověk stane pilotem? Kolik paliva letadlo potřebuje? Co se stane, když vletíme do bouřky?

Tato kniha si klade za cíl zodpovědět srozumitelným jazykem tyto a podobné otázky. Letectví je samozřejmě vysoce odborné téma, ale většina lidí zjistí, že základním principům bez větších potíží porozumí. Fandové sice mohou žasnout nad schopnostmi létajících strojů, od závěsných kluzáků až po nadzvukové stíhačky a velké dopravní letouny, ale pravdou je, že žádná magie v tom není. Letadla se nedrží ve vzduchu nijakým kouzlem, ale díky přírodním zákonům.

Letecký jazyk je s ohledem na technickou podstatu letectví prošpikován akronymy a zkratkami, ani ne tak pro efekt, jako pro usnadnění komunikace mezi těmi, kdo se tímto oborem zabývají. V této knize jsem zkratky omezil na minimum, a pokud už se objeví, pro připomenutí čas od času

opakuji plné znění. Pro větší komfort je také připojen významový slovníček. Pro větší srozumitelnost textu jsem místy velmi zjednodušil některé technické detaily a dopustil se mírných odchylek od vědecké přesnosti. Doufám, že čtenáři zběhlí v oboru se tím nebudou cítit dotčeni.

Pokud jsou v textu uvedeny technické údaje letounu Boeing 767, týkají se verze 767-300 poháněné motory General Electric CF6 80C2.

Slovo „pilot“ v této knize znamená jak kapitána, tak druhého pilota; v textu jsou postupně vysvětleny jejich různé role. S ohledem na téma knihy je pochopitelné, že o pilotech je řeč mnohem častěji než o ostatních lidech v tomto oboru, ale piloti sami by byli první, kdo by podotkl, že žádné dopravní letadlo by ani nevzlétlo bez přispění ostatních. Mnozí se na provozu letadel podílejí přímo, ať již jako palubní personál, technici anebo řídicí letového provozu (letoví dispečerři). Mnoho jiných plní nepřímé úlohy, včetně manažerů, provozního personálu a pozemní obsluhy letadla. A je potřeba přiznat, že jejich úsilí není o nic méně důležité než činnost mužů a žen, kteří sedí v pilotní kabině.

Nakonec je nutno dodat, že piloti by nesouhlasili s tvrzením, že v letectví není nic magického. Koneckonců, právě kouzlo létání bylo to, co je přivedlo ke kariéře v oblacích. Snad tato kniha v některém ze čtenářů zažehne podobnou jiskru a nasměruje jej stejným směrem. Kdož ví, třeba se jednou octnou za řízením proudového dopravního letadla a v kabině uslyší otázku zvědavé návštěvy: „Letíme na autopilot?“

Předmluva k českému překladu

Čeština je v jistém ohledu záludný jazyk – zejména zájmena mohou být zrádná. Abych se vyhnul neustálému opakování slov „pilot nebo pilotka“ nebo ještě ošklivější konstrukci „on/ona“, „jeho/její“ a tak podobně, dovolil jsem si psát téměř výhradně v mužském rodu. Prosím proto za prominutí všechny slečny a dámy, které se objevují v pilotní kabině, zvláště pak ty, které na náramenících bílých košil nosí čtyři kapitánské pásky. Opravdu to není snaha o vaši diskriminaci, k tomuto *modu scribendi* mne vedla výlučně snaha o zachování jednoduchosti textu.

Dovolte mi ještě jednu poznámku: V českém odborném názvosloví je letadlo každé zařízení, které je schopné pohybovat se v atmosféře nezávisle na zemském povrchu. Letadlem je tedy například vrtulník, větroň, vzducholoď či konvertoplán – a řada dalších zařízení. Stroje popisované v této knize jsou letouny (letoun je dle definice motorové letadlo těžší než vzduch, u něhož vztlak potřebný k letu vytvářejí aerodynamické síly na nosných plochách v dané konfiguraci vůči letadlu nepohyblivých); přesto jsem pro jejich označení většinou použil známější (a hezčí) slovní spojení „dopravní letadlo“.

Zbyněk Hruška

1

Hardware

Drak letadla

Moderní dopravní letadla se staví převážně z duralu, hliníkové slitiny, která je pevná a zároveň lehká. V nynější době mohou být některé části konstrukce letadel vyrobeny i z nekovových materiálů, například z kompozitu s uhlíkovými vlákny, který je stejně pevný jako dural, ale ještě lehčí. Letadlo bez motorů se nazývá **drak**.

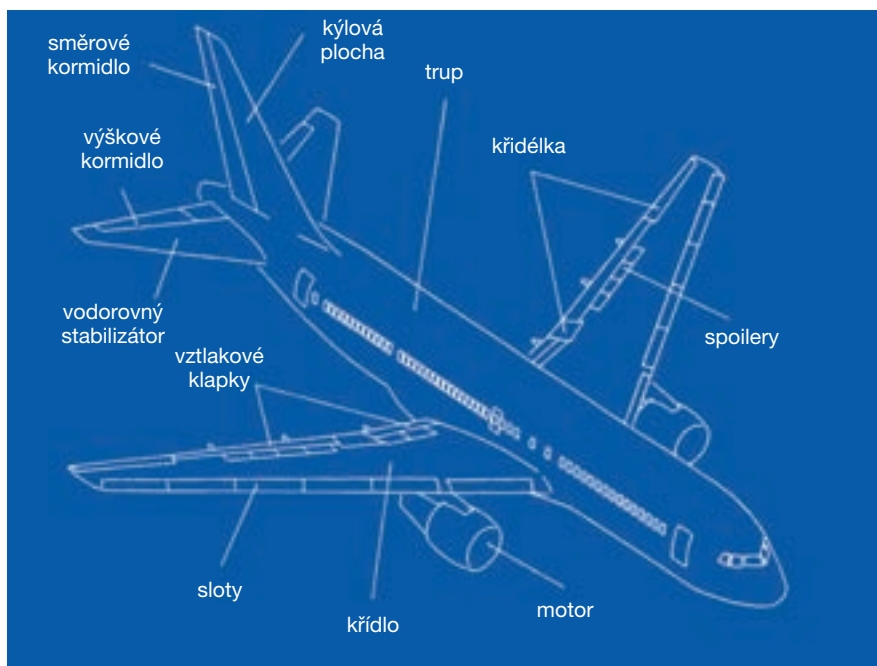
Vnější tvar dopravního letadla určuje aerodynamika čili nauka o chování objektů při pohybu vzduchem. Co tedy potřebujeme k tomu, abychom přepravili osoby a náklad (neboli užitečné zatížení) po obloze? Užitečné zatížení samozřejmě musíme ze všeho nejdříve někam uložit. Schránka na náklad se nazývá **trup** a zpravidla má válcovitý tvar. Předek trupu se nazývá **příd**, zadní konec **zád**.

Pohled na moderní montážní linku s modulární stavbou letounu A320 v Toulouse. Každé letadlo je na lince zkompletováno včetně instalace motorů a teprve pak je převezeno do samostatného oddělení, kde dostane vybavení kabiny.



Jak dostaneme trup i s nákladem do vzduchu? To je účelem **křídla**, které při obtékání proudem vzduchu vytváří vztlakovou sílu. Na zádi trupu jsou pak **ocasní plochy**, které se velmi podobají křídélkům šípů anebo šipky. Ve skutečnosti mají stejnou funkci, totiž udržovat trup ve směru letu. Ocasní plochy se skládají ze **svislé ocasní plochy** a **vodorovné ocasní plochy**.

Některé části konstrukce nejsou uchyceny pevně, ale jsou pohyblivé. Podél přední hrany křídla, která se nazývá **náběžná hrana**, jsou pohyblivé **sloty**. Podél zadní strany křídla, tedy **odtokové hrany**, se nacházejí **vztlakové klapky** a **křídélka**. Na horní straně křídla, přímo před vztlakovými klapkami, jsou **spoilery**. Pohyblivá část svislé ocasní plochy je **směrové kormidlo** a na obou polovinách vodorovné ocasní plochy **výškové kormidlo** (též výškovka). Souhrnně se všechny tyto pohyblivé části nazývají **řídící plochy**. Jak napovídá jejich název, umožňují pilotovi řídit pohyb letadla, čehož dosahují změnou proudu vzduchu obtékajícího letadlo.



Obr. 1 Dopravní letadlo

Dále potřebujeme něco, na čem bude letadlo spočívat na zemi – to je účelem **přistávacího zařízení** (zjednodušeně **podvozku**). Nejběžnější je **tříbodové** uspořádání; dvě podvozkové nohy tvoří **hlavní podvozek**, jedna pak **příďový podvozek**. Každá noha hlavního podvozku je uchycena v místě

spojení křídla s trupem a nese dvě nebo čtyři kola. Kola hlavního podvozku jsou vybavena protismykovými brzdami. Jak název napovídá, je příďový podvozek na přídi trupu a zpravidla nese dvě kola. Téměř celou hmotnost letounu nesou hlavní podvozkové nohy. Velké dopravní letouny mají ještě další, pomocné podvozkové nohy. Například Airbus A340 má jednu pomocnou podvozkovou nohu mezi oběma hlavními a Boeing 747 má pomocné podvozkové nohy dokonce dvě. Pomocné podvozky pomáhají lépe rozložit zatížení na vzletové a pojížděcí dráhy, na nichž se letoun pohybuje.

Přistávací zařízení je zatahovací, což znamená, že může být ukryto dovnitř draku letadla, jakmile se stroj vznese do vzduchu. Podvozek se zpravidla zatahuje ihned po vzletu a opět vysouvá během přiblížení na přistání.

Aby letadla byla lépe viditelná i pro ostatní účastníky letového provozu, jsou vybavena červenými a bílými zábleskovými světly na trupu a na koncích křídla. Na podvozku a na křídle jsou výkonné **přistávací reflektory**, které osvětlují přistávací dráhu a pojížděcí dráhy v noci. Předpisy pro provoz v noci také vyžadují, aby letadlo bylo opatřeno dalším vnějším osvětlením – polohovými světly – červeným na levé polovině křídla, zeleným na pravé polovině a bílým světlem směrem dozadu.

Prototyp A319, vyfotografovaný v červnu 1995 v Hamburku během montáže ocasních ploch. Nápis na svislé ocasní ploše nenechává nikoho na pochybách o původu nového letounu. První let proběhl v srpnu 1995, v předstihu před plánem.



Motory

Když zkusíte držet ruku vysunutou z okna rychle jedoucího auta, sami se můžete přesvědčit o tom, že vzduch působí silou proti pohybu těles. Aerodynamika nazývá tuto sílu **odpor**. To je důvod, proč se podvozek po vzletu zatahuje, neboť se tím eliminuje jeho odpor. Letoun k překonání zbývajících odporů potřebuje nějaký způsob pohonu, jehož pomocí se bude pohybovat vzduchem a křídlo bude vytvářet vztlak. Potřebnou pohonnou sílu vytvářejí motory. Ale jak je tedy možné, že se ve vzduchu udrží větroň, přestože žádné motory nemá? A navíc – může dopravní letoun pokračovat v letu, i když se všechny motory zastaví? Dostaneme se k tomu později; pro tuto chvíli vás může uklidnit, že odpověď na druhou otázku je, že za běžných podmínek ano.

Velké dopravní letouny jsou poháněny proudovými motory. Základní princip funkce tohoto motoru je ten, že velké dmyhadlo uložené uvnitř krytu v přední části motoru nasává okolní vzduch a stlačuje jej. Proud stlačeného vzduchu pak žene směrem dozadu, podobně jako domácí elektrický ventilátor. Na motor samotný působí stejně velká síla opačného směru, což je v podstatě tah motoru, který směřuje dopředu a pohání letadlo. Část stlačeného vzduchu poté proudí do spalovací komory, kam se vstříkuje také palivo, které po zapálení hoří. Spalováním paliva vzniká teplo, které ještě více zvyšuje tlak vzduchu. Takto stlačený vzduch proudí ven ze zadní části

Dmyhadlo je namontováno na předním konci nízkotlakého hřídele.



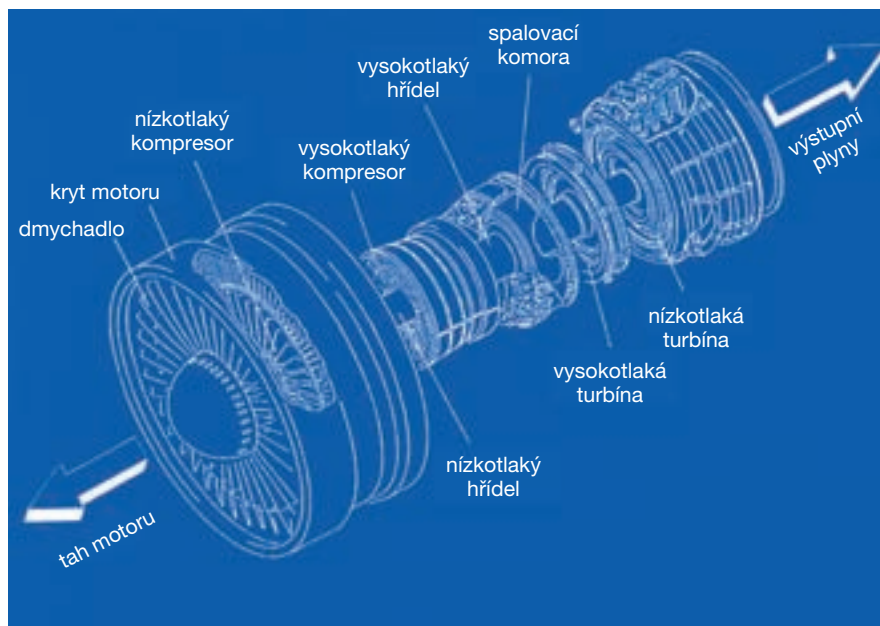


Pokud je nutná údržba, je možné kryt motoru snadno otevřít a dostat se k vnitřním částem motoru.

motoru, přidává se k proudu vzduchu od dmyhadla a ještě zvyšuje celkový tah motoru.

Detailnější pohled na typický proudový motor prozradí, že stlačený horký vzduch ze spalovací komory ještě předtím, než opustí motor, roztáčí turbínu. Turbína je další lopatkové kolo, které se podobá dmyhadlu. Je namontována na stejném hřídeli, na kterém je v přední části motoru nasazen také kompresor a dmyhadlo. Jakmile motor pracuje, pak turbína otáčí kompresorem.

Při ještě podrobnějším pohledu uvidíme, že v motoru jsou zpravidla dva kompresory a dvě turbíny. Jejich pořadí zepředu dozadu je následující: nízkotlaký kompresor (jehož součástí je dmyhadlo), vysokotlaký kompresor, vysokotlaká turbína a nízkotlaká turbína. Nízkotlaký kompresor pohání nízkotlaká turbína uložená na společném hřídeli. Vysokotlaký kompresor pohání vysokotlaká turbína; obě součásti jsou namontovány na jednom hřídeli, který je dutý a prochází jím nízkotlaký hřídel.



Obr. 2 Proudový motor

Další zařízením na motoru je **obraceč tahu**. Pokud je aktivován, štítový obraceč tahu blokuje výstup vzduchu a směřují tahu do stran a dopředu. Obracče tahu se používají během přistání, kdy pomáhají zpomalit letadlo po dosednutí.

Spouštěč motoru je samostatná malá turbína. Při spouštění motorů stlačený vzduch z externího zdroje roztáčí spouštěč, který je prostřednictvím ozubených kol spojen s vysokotlakým hřídelem. Otáčením vysokotlakého hřídele vznikne v motoru proud vzduchu, který vyvolá otáčení nízkotlakého hřídele. Jakmile otáčky vysokotlakého hřídele dosáhnou startovní úrovně, vstříkne se do spalovací komory palivo, které zapálí svíčka podobná svíčke v automobilových motorech. Když oba hřídele dosáhnou volnoběžných otáček, spouštěč se odpojí a zapalovací svíčka vypne. Palivo, které se teď přivádí do spalovací komory, je zapáleno již hořícím palivem. Po letu se motory vypínají jednoduše uzavřením přívodu paliva.

Většina dopravních letadel je poháněna dvěma motory, které jsou zpravidla uchyceny na pylonech pod náběžnou hranou křídla poblíž trupu. Jiné obvyklé uložení motorů je po obou stranách trupu u ocasních ploch. Větší letadla mohou mít tři anebo čtyři motory.

Hlavním úkolem motorů je pohánět letadlo, ale, jak ještě uvidíme později, kromě toho také dodávají energii pro různé letadlové soustavy. Jako palivo se v proudových motorech používá kerosin (letecký petrolej), kapa-



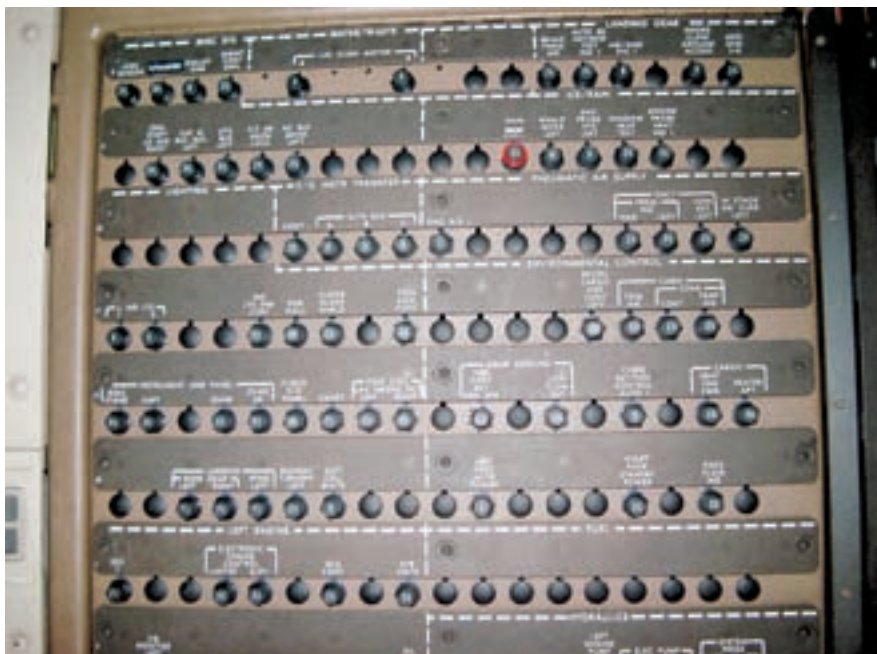
Dmychadlo vytváří větší část celkového tahu motoru.

lina méně těkává než benzín, vlastnostmi podobná petroleji pro domácí použití. Palivo je uloženo v nádržích v kostře křídla a do motorů je dodáváno pomocí palivových čerpadel. Zplodiny ze spalování kerosinu jsou především oxid uhličitý a vodní pára. Vodní pára ve studených horních vrstvách atmosféry okamžitě mrzne a vytváří ledové krystalky, které jsou vidět jako tzv. **kondenzační sledy** za motory.

Elektrická soustava

Každý motor pohání elektrický generátor, funkcí velmi podobný alternátoru v automobilových motorech. Kromě toho jsou letadla vybavena **pomocnou energetickou jednotkou** (APU, auxiliary power unit). APU je malá turbína, která se funkcí podobá proudovému motoru, zpravidla je uložena v zadní části trupu, kde pohání samostatný generátor. Při normálním provozu se o napájení různých letadlových systémů elektrickou energií dělí generátory obou motorů a APU je vypnutá.

V případě poruchy jednoho z generátorů se spouští APU, jejíž generátor nahradí ten poškozený. Pokud selže i druhý generátor, elektrická soustava se přestaví tak, že sama odpojí méně důležité prvky, takže zbývající generátor



Jističe (CB) chrání jednotlivé prvky elektrické soustavy.

zvládne napájet ty důležité části elektrické soustavy. Pokud selžou všechny generátory, dojde k další rekonfiguraci a nejdůležitější elektrické prvky jsou napájeny z akumulátorů.

Každý elektrický prvek je chráněn **jističi** (CB, circuit breaker). Jističe detekují jakoukoliv poruchu, která by způsobila nadměrnou dodávku elektrického proudu, a rozpojí se podobně jako domácí jističe. Přerušením obvodu je vadná součástka izolována a zamezí se přehřátí.

Hydraulická soustava

Na malých letadlech může pilot ovládat řídicí plochy přímo pomocí řídicí páky, která je mechanicky propojena s kormidly. Pohybovat kormidlem proti silám, kterými se proud vzduchu snaží kormidlo vrátit, není těžké, neboť plocha kormidla není velká.

Kormidla dopravního letadla jsou však příliš velká na to, aby je člověk mohl ovládat jen silou svých svalů. Proto se pilotova činnost z řídicího pultu převádí k **posilovači**, který je připojen ke každé ovládané ploše. Pohybem řídicího pultu se ovládají ventily servomotoru posilovače, které řídí přívod tlakové hydraulické kapaliny. Ve skutečnosti se tedy ovládaná plocha pohybuje díky tlaku

hydraulické kapaliny. Pověly od řídicího se k ventilům přivádějí buď mechanickým převodem (pomocí lan nebo táhel), anebo, v některých moderních konstrukcích, elektricky. Tento systém řízení se nazývá elektroimpulzní řízení (ale také „řízení po drátě“ nebo prostě „fly-by-wire“).

Podobně jako v elektrické soustavě je i v soustavě řízení velká pozornost věnována zálohování pro případ poruchy hydraulické soustavy. Dopravní letadlo má zpravidla tři nezávislé hydraulické okruhy. Hlavní soustava řízení, tedy výškové kormidlo, křídélka a směrové kormidlo mají po třech servomotech, které jsou napájeny jednotlivými okruhy. Takže i v případě selhání dvou okruhů má pilot stále plnou kontrolu nad letounem.

Kromě řídicích ploch (včetně slotů, vztlačkových klapků a spoilerů) ovládá hydraulická soustava také mechanismus zatahování podvozku (na jehož vrub padají mechanické zvuky, které jsou v kabině slyšet během vzletu a přistání) a brzdy. Na některých letadlech také otevírá a zavírá obraceče tahu.

V hydraulických soustavách se používá speciální olej vyrobený pro tento účel. Každý okruh má vlastní nádrž, ze které tlakové čerpadlo dodává olej k jednotlivým prvkům. Čerpadla jsou poháněna z několika zdrojů, včetně samotných motorů a elektrické soustavy. Díky tomuto rozdělení zdrojů energie zůstane hydraulická soustava funkční i při výpadku jednoho z jejích čerpadel.

Přetlaková a klimatizační soustava

Letadlové motory také dodávají stlačený vzduch do kabiny. Proudová dopravní letadla létají ve výškách mezi 30 000 až 45 000 stopami (9000 až 13 700 m), kde je hustota a teplota okolního vzduchu tak nízká, že znemožňuje normální dýchání. Pomocí ohřátého a stlačeného vzduchu od motorů se v kabině udržuje takový přetlak, aby byly zachovány normální podmínky. Tlak v kabině se zpravidla udržuje na úrovni výšky 6000 stop (1800 m) nad mořem, kde je možné normálně dýchat.

K přetlakové soustavě jsou připojeny agregáty palubní klimatizace. Vzduch dodávaný od motorů prochází těmito agregáty, které řídí jeho teplotu před vstupem do kabiny. Na zemi s vypnutými motory dodává vzduch do klimatizačních agregátů pomocná energetická jednotka, takže i v horkém podnebí lze teplotu v kabině udržovat na komfortní úrovni. Tento zdroj vzduchu slouží také pro vzduchové spouštěče motorů, jejichž činnost byla popsána výše.

Tak jako jiné letadlové soustavy, o kterých již byla řeč, je i klimatizační a výšková soustava pro případ poruchy zálohována. Kdyby například selhal

jeden z klimatizačních agregátů, mohou tlak v kabině udržet na normální hodnotě i ty zbývající. Pokud ale tlak v kabině poklesne z jakýchkoli jiných příčin, má každý cestující a člen posádky zajištěnu dodávku kyslíku pomocí individuálních dýchacích masek. Masky automaticky vypadnou z úložných schránek, jakmile tlak klesne pod stanovenou hodnotu.

Horký vzduch od motorů je dodáván také do odmrazovací soustavy. Jestliže letoun letí v oblačnosti v podmínkách vzniku námrazy, horký vzduch, který je rozváděn k tomu určeným potrubím, rozehřívá led vytvářející se na krytech motorů a na křídle.

2

Pilotní kabina

V pilotní kabině jsou sedadla pro dva piloty (a v některých starších konstrukcích pro palubního inženýra, který sedí mezi nimi). Na levém sedadle zpravidla sedí kapitán, na pravém pak druhý pilot. Okolo pilotních sedadel je rozmístěna řada ovládačů pro řízení letadla a ovládání jeho soustav a řada displejů a ukazatelů (neboli **přístrojů**), které informují piloty o činnosti letadla a všech jeho částí.

Řízení

Před každým pilotem je ruční **volantové řízení** (piloty často nazývané „berany“), které vypadá jako spodní polovina automobilového volantu na sloupku. Volantem lze otáčet vlevo a vpravo, celý sloupek pak přitáhnout k sobě a potlačit. Pohyb vlevo nebo vpravo se převádí k servomotorům křídílek a spoilerů. Přitažení anebo potlačení celého sloupku je převedeno k servomotorům výškového kormidla. Obě řídicíidla jsou vzájemně propojena tak, že se pohybují stejně bez ohledu na to, který z pilotů právě řídí.

Firma Airbus u svých novějších typů dopravních letadel nahradila volantové řízení **postranními řídicími pákami** (též „joysticky“), jedna se nachází nalevo od levého sedadla, druhá je vpravo od pravého sedadla. Výchylky páky do stran mají stejný účinek jako již popsané otáčení volantu. Pohyby dopředu a dozadu pak mají tentýž efekt jako potlačení nebo přitažení celého sloupku volantového řízení.

U nohou obou pilotů jsou **pedály nožního řízení**, pro každého pilota dva. Při vyšlápnutí levého pedálu dopředu se pravý pohybuje dozadu a obráceně. Signál od pedálů je přiveden k servomotorům směrového kormidla. I pedály jsou vzájemně propojeny stejně jako ruční řízení.

Mezi pilotními sedadly se nachází **střední pult**, na němž je několik dalších ovládačů. Jedním z nich je **ovládací páka vztlakových klapek**. Ta je uchycena na segmentu s několika zarážkami, mezi nimiž se může pohybovat. Páka je propojena se servomotory vztlakových klapek a slotů. Pro případ selhání soustavy ovládání klapek a slotů je k dispozici záložní soustava.

Na každém volantu je tlačítko, které lze palcem vychýlit nahoru nebo dolů. Signál z tohoto **ovládače vyvažování výškovky** se přivádí k servomotorům v zádi letadla, které mění úhel nastavení vodorovné ocasní plochy. Pro případ selhání tohoto ovládače je na středním pultu k dispozici záložní ovládání.