



49. díl – Long-EZ PDE „Borealis“ aneb pulzně-detonační motor v praxi

Jakkoli se může zdát, že všechny druhy pohonu letadel již byly vyzkoušeny, stále existují možnosti, jak letadla pohánět, které jsou takřkajíc teprve v plenkách. A to jak buď ve fázi návrhu, případně laboratorních zkoušek, tak ve fázi prvotních letových testů. Jedním z těchto nových a potenciálně atraktivních druhů pohonu je takzvaný pulzně-detonační motor. V roce 2008 došlo k vůbec prvnímu letovému testu tohoto motoru, jenž poháněl stroj Long-EZ PDE v rámci programu Borealis.

Již svým názvem dává pulzně-detonační motor tušit, že existuje jistá spojitost s pulzačním motorem, jehož nejslavnějším nositelem je německá letounová střela Fieseler Fi 103 alias odvetná zbraň V-1. Na této střele byl používán pulzační motor Argus As 014 vyvinutý v průběhu třicátých let. Jedná se o mechanicky velice jednoduchý motor, který se skládá ze sací komory vybavené ventilem (existuje však i bezventilová verze), spalovací komory a výstupní trysky. Pracovní cyklus motoru začíná nasátím vzduchu sací komorou, poté je vstříknuto palivo do spalovací komory, kde se smísí se vzduchem, následuje uzavření ventilu, čímž se zabrání úniku směsi a uzavře se spalovací komora, v níž dojde k zažehnutí směsi jiskrou ze zapalovací svíčky a následnému odchodu spalin výstupní tryskou. Tento proces probíhá periodicky, v případě letounové střely Fi 103 tomu bylo 45krát za sekundu, díky čemuž získala svůj charakteristický bzučivý zvuk. V tomto typu motorů však dochází pouze k podzvukovému hoření, čímž se odlišují od motorů ukrytých pod zkratkou PDE.

Pulzně-detonační motor (Pulse Detonation Engine, PDE) má totiž sofistikovanější pracovní cyklus a vyznačuje se nadzvukovým spalováním. Cyklus začíná pročištěním trubice (spalovací komory), do které je vehnán vzduch, který vytlačí případné pozůstatky plynů po předchozí reakci (tedy dojde k odvzdušnění). Následně je do trubice vstříknuta předmíchaná směs vzduchu a paliva,

kteřou vzniká jiskra ze zapalovací svíčky. Tímto dojde k takzvané deflagraci (neboli podzvukovému spalování). Zde však podobnost s pulzačním motorem končí. Podstata pulzně-detonačního motoru pak spočívá v tom, že prostřednictvím vnitřní geometrie trubice je vzniklá podzvuková vlna urychlena na nadzvukovou rychlost (dojde k detonaci) a tato nadzvuková detonační vlna poté opustí trubici. O pohon se tedy starají rázové vlny vystupující z trubice. K urychlení vlny z podzvukové rychlosti na nadzvukovou se používá mechanických prvků jako jsou nejrůznější clony a další překážky uvnitř trubice. Ty v proudu spalované směsi vytvářejí turbulenci, čímž dochází k urychlování deflagračního plamene. Tento proces je znám jako přechod od deflagrace k detonaci (Deflagration to Detonation Transition, DDT).

Za projektem pulzně-detonačního motoru v programu Borealis stála Výzkumná laboratoř amerického letectva (Air Force Research Laboratory, AFRL), přičemž o návrh a konstrukci motoru samotného se postaral podnik Innovative Scientific Solutions Inc. (ISSI, Inovativní vědecká řešení). Počátek tohoto společného snažení lze vysledovat přinejmenším do roku 1998, kdy došlo k prvnímu úspěšnému ozkoušení navrženého pulzně-detonačního motoru v laboratoři. Cesta k letovým testům však byla ještě daleká. Schylovat se k nim začalo až o pět let později, kdy byl PDE zastavěn do osvědčeného letounu Rutan Model 61 Long-EZ. V rámci seriálu jsme se již seznámili se dvěma jinými modifikacemi tohoto oblíbeného stroje, a to verzí s raketovým pohonem (EZ-Rocket, 30. díl) a verzí s elektrickým pohonem (Long-ESA, 40. díl), což jistě svědčí o univerzálnosti Rutanovy konstrukce. Stroj vybavený pulzně-detonačním motorem, nově přeznačený jako Model 61PD, se poprvé veřejně představil na leteckém dni Vectren Dayton Air Show v Ohiu ve dnech 17. až 20. července 2003. Letoun ve fiktivním nátěru amerického letectva (s trupovým číslem 03-001) s dosud neviděnou rozměrnou aparaturou pod trupem a čtveřicí trubic na zádi budil zaslouženou pozornost. Další příležitost spatřit tento unikát měli o pár dní později návštěvníci EAA AirVenture v Oshkoshi konané od 29. července do 4. srpna 2003. Poté byl letoun přesunut na letiště v Mojave, kde prošel několika pozemními testy, jež měly sloužit coby předehra k následnému testu ve vzduchu.

První pokus o vzlet stroje registrovaného jako N90EZ byl naplánován na rok 2004, avšak poměrně velký a nijak nezakrytovaný motor pod trupem vytvářel takový odpor, že let byl nerealizovatelný. U firmy Scaled Composites proto navrhli a postavili aerodynamický kryt, který výrazně snížil odpor letounu. Zároveň inženýři ISSI ještě zapracovali na drobných změnách na motoru. Výsledný pulzně-detonační motor je postavený na základě běžného automobilového zážehového motoru, k jehož čtyřem válcům jsou připevněny trubice coby spalovací komory. Tyto trubice mají délku přibližně 1,2 metru a průměr 5 centimetrů. Frekvence výbuchů je 20 Hz, tedy 20 výbuchů za sekundu, celkově tak motor vyprodukuje 80 pulzů za sekundu. Celkový tah tohoto

konkrétního motoru je 0,880 kN. Vzhledem k tomu, že rázové vlny opouštějící trubice se pohybují rychlostí až Mach 5, je hluk motorem produkovaný opravdu enormní. V laboratorních podmínkách to nemusí být překážkou, ale za letu by se poměrně závažné problémy objevit mohly. Koncem roku 2007 již vše bylo plně přichystané na uskutečnění zkušební letu. Jeho cíl byl jediný. Ověřit, zda nebude pulzně-detonační motor (respektive vibrace a hluk jím produkované) působit negativně na konstrukci letadla a pilota sedícího uvnitř.

K prvnímu (a zároveň poslednímu) letu došlo 31. ledna 2008 na letišti Mojave (KMHV/MHV) v Kalifornii. Za řízení usedl Peter Siebold, zkušební pilot firmy Scaled Composites, který pro jistotu dostal i speciálně navržené špunty do uší, neboť se v kabině očekával hluk převyšující 130 decibelů. Vzlet se uskutečnil z dráhy 12, která má délku 3 811 metrů, přičemž k samotnému vzletu posloužil malý proudový motor, neboť pulzně-detonační motor by sám o sobě neposkytl dostatečný tah, aby dostal letoun do vzduchu. Po nastoupení do výšky 20 metrů a při rychlosti 190 km/h Siebold proudový motor vypnul a aktivoval motor pulzně-detonační. Ten běžel deset sekund. Poré jej vypnul a již bez pohonu přistál po celkem půl minuty dlouhém letu, aby včas zastavil před koncem dráhy. Zpět na stojánku pak pojížděl s pomocným konvenčním proudovým motorem. Očití svědci svorně prohlašují, že něco tak hlučného jako pulzně-detonační motor ještě nikdy neslyšeli. Z popisu je vidět, že se jednalo jen o skok, přesto šlo bez jakýchkoli pochybností o ohromný úspěch. Kromě toho, že se jednalo o vůbec první letový test tohoto typu motoru, poletové rozbory ukázaly, že navzdory extrémní hlučnosti nezpůsobil pohon žádné poškození konstrukce ani nijak neublížil pilotovi. Ještě téhož roku byl Long-EZ PDE darován do Muzea amerického letectva v Daytonu v Ohiu. V současnosti je však tato expozice uzavřena z důvodu probíhající rekonstrukce a přístavby nové výstavní budovy, znovu by měl být tento a další letouny k vidění od června letošního roku.

Naděje se do PDE vkládají z několika důvodů. Pulzně-detonační motor má takřka ideální vlastnosti pro využití ve vysokorychlostních stíhacích letounech, protože může bezproblémově fungovat od podzvukových až do spodní oblasti hypersonických (Mach 5) rychlostí. Žádný z dosud používaných motorů, snad vyjma raketových, které se ale pro tento účel nějak zvlášť nehodí, nedokáže v takovém rozsahu rychlostí uspokojivě pracovat. Uvažuje-li se proto letoun pro tyto rychlosti, návrhy vesměs počítají s nějakou kombinací proudového a náporového motoru (ramjet či scramjet), kdy by proudový motor pracoval od vzletu do rychlostí Mach 2 až 3, načež by přišel ke slovu náporový motor, který by se staral o pohon stroje při rychlostech Mach 4 až 5. Takové řešení je ale vachrlaté a postrádá eleganci jednoduchosti, takže není divu, že existují snahy vyvinout motor takový, který by v sobě sdružoval vlastnosti obou těchto pohonů. Tím by mohl být právě PDE. Za další z kladných stránek pulzně-detonačních motorů se uvádí menší spotřeba paliva oproti konkurenčním druhům pohonu. A to z prostého důvodu. Ke spalování paliva nedochází kontinuálně,

jako se tomu děje ve spalovacích komorách třeba proudových motorů, ale periodicky, během jednotlivých výbuchů (pulzů).

Pro úplnost ještě stojí za to doplnit, že se tento konkrétní letoun stal vděčným tématem mnoha spekulací mezi leteckou obcí. Již více než dvě desítky let se v leteckých kruzích diskutuje existence či neexistence projektu Aurora, což má být přísně utajovaný (takzvaný černý) projekt, v jehož rámci vzniká letadlo vyznačující se radarovou nezjistitelností, rychlostí až Mach 6 a pravděpodobně také pulzně-detonačním motorem. Mělo by tak jít o jakéhosi pokračovatele slavného stroje Lockheed SR-71 Blackbird. Od devadesátých let se jednou za čas objevují lidé, kteří o sobě prohlašují, že na vlastní oči toto letadlo viděli. Internetem proto kolují nejdivočejší spekulace, „zaručené“ zprávy o pozorování, smyšlená typová označení a samozřejmě i libivé vizualizace. Nepřekvapí proto, že projekt letadla poháněného pulzně-detonačním motorem tyto dohady oživil a značně přivil už jen svým názvem, neboť Borealis je druhou částí jména „Aurora Borealis“ pro polární záři. Spojitost s projektem Aurora se tedy zdá být nasnadě. Pravděpodobněji se však jeví, že americké letectvo název zvolilo, aby dalo najevo svůj smysl pro humor. A dle reakcí se šprým vskutku vydařil. Dosažený úspěch v podobě letu letadla poháněného pulzně-detonačním motorem je však třeba brát se vši vážností, neboť se jedná o nezpochybnitelnou historickou událost.

Kam dál?

Pulzně-detonační motor v laboratoři (1 detonace za sekundu): <https://youtu.be/IBjLx2AvxrM>

Pulzně-detonační motor v laboratoři (5 detonací za sekundu): https://youtu.be/CV5bo_bgBJg

Pulzně-detonační motor v laboratoři (10 detonací za sekundu): <https://youtu.be/1MTnI6FMF7g>

Pulzně-detonační motor zastavěný v letounu Long-EZ PDE:

<http://www.hksy.org/uploadfile/2014/0909/20140909032615705.jpg>

Detail na část s válci a spalovacími komorami:

<http://media.defense.gov/2008/Aug/21/2000685178/-1/-1/0/080821-F-1234S-002.JPG>

Long-EZ PDE v muzeu: <http://www.airliners.net/photo/Rutan-61-Long-EZ/1463976/L/>

360stupňový snímek kabiny Long-EZ PDE: <http://www.nmusafvirtualtour.com/media/088/Long-EZ%20Cockpit.html>

Díl věnovaný stroji EZ-Rocket: http://airspotter.eu/Download/Rocket_Racer.pdf

Díl věnovaný stroji Long-ESA: <http://airspotter.eu/Download/Long-ESA.pdf>

Marek Vanžura

(Photo © U. S. Air Force)