



## 24. díl – Shaped Sonic Boom Demonstrator aneb nadzvukový let bez třesku (I)

Když 26. listopadu 2003 naposledy přistál Concorde, uzavřela se krátká, leč naprosto fascinující éra nadzvukové civilní přepravy. Od té doby můžeme tyto technologické triumfy obdivovat již pouze v muzeích, zatímco oblohu s cestujícími brázdí podzvukové letouny. Do dnešních dní jsme se žádného nástupce slavného Concordu nedočkali, a na první pohled se zdá, že se ani žádnému neblížíme. To ale naštěstí platí opravdu jen na první pohled. V průběhu druhých sta let létání se totiž uskutečnilo hned několik projektů, jejichž cílem bylo vyzrát na patrně největší překážku, která je úzce spjata s nadzvukovým letem a stojí v cestě za realizací efektivní nadzvukové civilní přepravy – aerodynamický třesk.

Za hlavní důvod, který ukončil přibližně třicetiletý provoz nadzvukových Concorďů na pravidelných linkách, se obecně označuje jejich neekonomičnost. Ta byla největší měrou dána omezenou skladbou destinací a tras, na kterých mohly tyto elegantní stroje létat. Kvůli aerodynamickému třesku, tj. nadměrnému hluku, který doprovází let rychlostí větší než je rychlost zvuku, byly Concorde nasazovány prakticky výhradně na lety nad vodními plochami, příkladně přes Atlantský oceán, což dost ubíralo z jejich potenciálu rychle spojovat prakticky všechna místa na planetě. Pakliže bychom chtěli smysluplně přemýšlet o ekonomicky udržitelném nadzvukovém letounu pro cestující, musí takový stroj v první řadě velice zásadně snížit intenzitu aerodynamického třesku, aby mohl létat nadzvukově i nad pevninou.

A přesně na tuto problematiku se v posledním desetiletí aktivně zaměřuje v rámci celé řady výzkumných programů hned několik institucí. První dva z těchto experimentů se skrývají za zkratkami SSBD a SSBE. V prvním případě jde o zkratku ze slov Shaped Sonic Boom Demonstration (zkouška tvarování aerodynamického třesku), ve druhém pak o Shaped Sonic Boom Experiment (pokus s tvarováním aerodynamického třesku). V obou případech ke zkouškám sloužil upravený stroj Northrop F-5E Tiger II, který nesl přívlastek Shaped Sonic Boom Demonstrator

(demonstrátor sloužící k tvarování aerodynamického třesku). Jak již sám název napovídá, cílem bylo experimentálně ověřit, je-li možné cíleně ovlivňovat intenzitu aerodynamického třesku prostřednictvím tvarů letadla.

V letectví se pohybujeme na velice široké škále rychlostí. Od subsonických (podzvukových), což je označení pro rychlosti menší než 980 km/h (Mach 0,8), přes transonické, které se nacházejí v oblasti blízké rychlosti zvuku, tedy od 980 km/h do 1407 km/h (Mach 0,8 až Mach 1,15), supersonické, což jsou rychlosti od 1407 km/h po 6150 km/h (Mach 1,15 až Mach 5), až po rychlosti hypersonické, které přesahují 6150 km/h (neboli vyšší než Mach 5). Rychlost zvuku je proměnlivá a závisí především na teplotě, proto se její hodnota v různých výškách mění. Standardně se jako rychlost zvuku u hladiny moře při teplotě 20 °C uvádí hodnota 1225 km/h (340 m/s), neboli Mach 1. S klesající teplotou se pak hodnota rychlosti zvuku snižuje. Při teplotě -56 °C je rychlost zvuku 1062 km/h (295 m/s). Pohybuje-li se letadlo rychlostí větší než je rychlost zvuku v dané výšce, hovoříme o nadzvukovém letu.

Hlavním zádrhelem, který komplikuje život letadlům létajícím rychleji než zvuk, je takzvaný aerodynamický třesk (též sonický třesk). Jednoduše řečeno jde o to, že letadlo, které se pohybuje rychleji než zvuk, před sebou tlačí molekuly vzduchu, které se na sebe hromadí, neboť již nemohou kvůli své menší rychlosti uhýbat pohybujícímu se předmětu, a tím vzniká přetlak vůči okolnímu prostředí. Těmto zhuštěním vzduchu se říká rázové vlny. Hlavní zásluhu na jejich tvorbě má pochopitelně před letounu, vstupy vzduchu k motorům a náběžné hrany křídel. Rázové vlny se šíří všemi směry a utváří kolem letadla kužel, v jehož vrcholu se stroj nachází. Za oblastí s vyšším tlakem, kterou vytváří přední část letounu, dochází k prudkému propadu tlaku hluboko pod výchozí stav, obvykle na úrovni zadní části stroje, aby se následně za letadlem tlak vrátil na svou původní hodnotu, tedy opět zvýšil. Toto dvojí zvýšení okolního tlaku se projevuje jako aerodynamický třesk. Protože je letadlo objekt poměrně velký, bývá mezi oběma výkyvy dostatečně dlouhý časový rozestup (větší než jedna desetina sekundy), díky čemuž je lze sluchově rozlišit jako dvě po sobě rychle jdoucí rány (výborně slyšitelné na přiloženém videu dole). Výkyv v tlaku okolo letounu dostal podle svého charakteru označení N-vlna, neboť je-li vizualizován, písmeno N velice připomíná. Tlaková změna se vyjadřuje v Pascalech (neboli Newton na metr čtvereční), případně v librách na čtvereční stopu (psf). Ještě se sluší poznamenat, že jako první popsal problematiku rázových vln v roce 1877 rakouský fyzik a filozof, rodák z brněnských Chrlic, Ernst Mach.

Po prolomení zvukové bariéry 14. října 1947 se nadzvukový let stal v letectví předmětem zájmu číslo jedna. Státy a jejich letectva v něm pochopitelně viděly cestu k udržení nadvlády nad zájmovým vzdušným prostorem, a proto se v tomto směru začaly vynakládat ohromné finance a na tuto problematiku se zaměřovala pozornost značného množství inženýrů a konstruktérů. Vývoj

nových nadzvukových letounů šel ruku v ruce se studiem všech aspektů spojených s fyzikou nadzvukového letu. Pokrok byl v tomto směru rychlý, a tak netrvalo dlouho, aby z panujícího nadšení vznikl nápad vytvořit i nadzvukový stroj pro cestující. Jak víme, v tomto úsilí slavil úspěch pouze Sovětský svaz se svým Tupolevem Tu-144 a společný podnik Velké Británie a Francie, který dal světu Concorde. Ve Spojených státech, kolébkce nadzvukového létání, vznikl projekt označovaný jako Boeing 2707, který byl ale natolik ambiciózní, že se velmi záhy ukázal jako v dané době nerealizovatelný. V souvislosti s ním ale probíhaly velice zajímavé experimenty, například ty, jejichž cílem bylo zjistit, jak lidé na zemi snášejí třesk. Patrně nejznámější je v tomto směru operace Bongo II, kdy v roce 1964 nad městem Oklahoma City ve státě Oklahoma létala letadla nadzvukovou rychlostí, která tak během půl roku „obšťastnila“ obyvatele tohoto města celkem 1253 třesky. Výsledky byly vcelku potěšující, většina obyvatel totiž odpověděla, že by dokázala s těmito rušivými zvuky žít, přinejmenším pokud by byly důsledkem letů stíhaček chránících vzdušný prostor země. Postupem času se ale začaly na Federálním leteckém úřadu (FAA, Federal Aviation Administration) hromadit stížnosti proti hluku třesků vojenských letadel, a také se začalo na testech s třímachovým bombardérem North American XB-70A Valkyrie ukazovat, že intenzita aerodynamických třesků u civilních letadel obdobné velikosti by byla velmi zásadně vyšší než u malých stíhaček, což vyústilo dne 27. dubna 1973 (s platností od 30. září 1973) v zákaz veškerých nadzvukových letů civilních strojů nad pevninou Spojených států amerických a výsostnými vodami. Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO, International Civil Aviation Organization) posléze zakázala nadzvukové lety nad pevninou, pokud aerodynamický třesk dosáhne zemského povrchu.

Takovýto krok byl nožem do zad civilní nadzvukové přepravě, v daném případě Concordu, výhledově ale jakémukoli dalšímu pokusu o zkonstruování podobného stroje. Zájem výzkumníků se proto začal zaměřovat směrem, jakým způsobem lze zmírnit aerodynamický třesk. To, zda je to vůbec možné, již zodpovězeno měli, neboť věděli, že vliv na intenzitu třesku má velikost stroje. Průkopníky v této oblasti se stali Richard Seebass a Albert George, kteří vypracovali teorii s rozsáhlým matematickým aparátem, která popisovala a předpovídala, co a jak ovlivňuje intenzitu aerodynamického třesku. A tedy i to, jak ji zmírnit. Později teorii rozvinula Christine Dardenová a vytvořila i užitečné počítačové programy a modely, které chování aerodynamického třesku předpovídaly ještě precizněji. To všechno ale zatím byly „jen“ modely a předpovědi. Jak to bude fungovat v reálném světě bylo teprve třeba ověřit. Na rozřešení jsme museli počkat až na začátek 21. století, kdy byly učiněny první kroky k praktické realizaci poznatků získaných touto trojicí výzkumníků.

V únoru roku 2000 zahájila DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency, Agentura pro

výzkum pokročilých obranných projektů) program, který od října onoho roku vešel ve známost pod zkratkou QSP neboli Quiet Supersonic Platform (základ pro tichý nadzvukový stroj). Jeho cílem mělo být vyvinout technologie pro nadzvukový letoun vyznačující se sníženou intenzitou aerodynamického třesku, vysokým doletem a nízkou hlučností během vzletu a přistání. O měsíc později již získaly kontrakt tři firmy, jmenovitě Integrated Systems Sector společnosti Northrop Grumman, Skunk Works společnosti Lockheed Martin a Phantom Works společnosti Boeing, aby vytvořily svůj návrh, který by splňoval výchozí požadavky. Každá z účastnících se firem si přizvala ke spolupráci další společnosti, od akademických institucí přes motorářské až po další konstruktérské. Jako první představil předběžný návrh Northrop Grumman začátkem roku 2001, načež byl vyzván k jeho dopracování, aby se mohlo rozhodnout o jeho následné realizaci. Zbývající dvě společnosti se rozhodly spolupracovat na tomto projektu. Tímto byla skončena první fáze projektu QSP a přistoupilo se k druhé, kde již návrh nabýval konkrétních obrysů. Především se ujasňovalo, jaký konkrétní stroj by byl pro testy ideální. Původně se jevil nadějně malý bezpilotní stroj Ryan BQM-34E Firebee, ale po důkladnějším zvážení vyvstala obava, že vzhledem ke své relativně malé velikosti by bylo měření N-vlny zbytečně náročné a komplikované. Jako vhodnější se proto jevil stroj Northrop F-5E Tiger II, se kterým byly jednak bohaté zkušenosti, neboť šlo o stroj „z vlastní stáje“, a jednak existovalo několik verzí daného typu, které se od sebe vzájemně odlišovaly tvarem příďe. Nabízela se tedy možnost porovnat intenzitu aerodynamických třesků těchto strojů, ale výpočty rychle ukázaly, že by rozdíl nebyl prakticky žádný. Proto je třeba vyrobit příď zcela novou na základě předpovědí vycházejících z teorie. Northrop Grumman tedy tuto druhou fázi zdárně dokončil v prosinci 2001, načež v květnu 2002 mohl přistoupit ke třetí fázi a prvním praktickým krokům, kterými měly být testy v aerodynamickém tunelu a vlastní stavba letového exempláře.

V této fázi ale začalo docházet ke zdržením a práce již nešla tak plynule, jako v předcházejících dvou etapách. Jedním z problémů bylo vlastní obstarání pokusného stroje. Ukázalo se, že ačkoli letoun F-5E pochází z dílen firmy Northrop Grumman, ta v dané době neměla ve svém vlastnictví jediný kus. Úkolem číslo jedno tedy bylo nějaký letoun získat. Největší podíl na jeho získání měl Roy Martin, zkušební pilot firmy Northrop Grumman, veterán z války ve Vietnamu a především hlavní pilot, který měl se strojem SSBD létat. Tomu se díky kontaktům podařilo oslovit klíčové osoby, které měly vliv na uvolnění stroje z flotily amerického námořního letectva (U. S. NAVY), které je s velkou oblibou využívá jako takzvané stroje agresorů k simulaci letadel protivníka při výcviku svých pilotů (známý Top gun). 10. prosince 2002 od námořního letectva přišla příjemná zpráva, neboť vyhovělo žádosti o zapůjčení jednoho ze svých strojů F-5E pro zkoušky v rámci programu SSBD. Konkrétně šlo o letoun výrobního čísla 74-1519. Stroj byl již zralý pro generální

opravu, ale Navair (Naval Air Systems Command, Námořní velitelství leteckých systémů) vydalo prodloužení letové způsobilosti na dalších 50 hodin, což mělo pro plánované testy dostačovat. Po skončení zkoušek měl být stroj přestaven do původní podoby, aby mohl projít opravou a vrátil se zpět do služby.

Mezitím ale členové pracovní skupiny neotáleli a pracovali na přípravě přídě. Aby byl její tvar co nejvhodnější, potřebovali ještě získat aktuální přesná data o charakteru rázových vln a aerodynamickém třesku u běžného stroje F-5E. Obvlášť je zajímalo, jak se projevují rázové vlny vznikající na vstupních otvorech vzduchu k motorům, aby mohli zpřesnit svá data a počítačový model byl co nejbližší realitě. K tomu sloužil předstupeň programu SSBD v podobě dvoudenního výzkumu ISSM (Inlet Spillage Shock Measurement, měření rozlití rázových vln na vstupech vzduchu). Testy proběhly ve dnech 12. a 13. února 2002 v koridoru pro nadzvukové lety u Edwardsovy letecké základny (KEDW/EDW) v Kalifornii, kde při rychlosti Mach 1,4 létal F-5E námořního letectva následován strojem F-15B NASA s měřicí aparaturou na přídi. Celkem bylo získáno 56 záznamů rázových vln ze vzdáleností od 18 do 413 metrů. Získaná data byla následně začleněna do počítačových modelů určených k modelování přídě pro SSBD.

Postupně navrhli inženýři 23 různých typů tvaru přídě. Připočtou-li se k tomu drobné úpravy těchto hlavních verzí, bylo navrženo celkem 60 potenciálních tvarů. Jako nejvhodnější byla zvolena verze nesoucí označení SSBD-24b, což byla drobně modifikovaná verze 24. Tu výzkumníci podrobili testům v aerodynamickém tunelu, kdy využili malý pětiprocentní model F-5E, který našli ve skladu, na nějž připevnili nově navrženou přídě. Ukázalo se ale, že nešlo o nejšťastnější volbu, protože se jednalo o model pouze přední části letadla, kde zcela chyběly ocasní plochy, což se negativně projevilo na naměřených výsledcích. Přesto část získaných dat použitelná byla, čehož využili při malých změnách tvarů přídě, takže nakonec byla vyrobena a na stroji použita verze označovaná jako SSBD-24b4. Pro finální ověření chování této úpravy v aerodynamickém tunelu si raději postavili model zcela nový, který byl větší (deset procent skutečného stroje) a především byl zcela kompletní. Tentokrát již naměřená data zcela odpovídala těm, které predikoval počítačový model. Velikost nově navržené přídě byla zvolena tak, aby její délka i šířka odpovídala rozměrům přídě stroje F-5F, aby nebylo narušeno zejména proudění vzduchu k motorům a stabilita letounu. Na první pohled viditelnou změnou tak tedy byla především výška přídě, která plynule přecházela v těleso procházející pod trupem až zhruba na úroveň začátku svislé ocasní plochy.

Přestože měly testy probíhat v Kalifornii, k přestavbě letounu došlo na Floridě, neboť pro ni zde byly nejvhodnější podmínky díky zkušeným pracovníkům v renovačních dílnách firmy Northrop Grumman. Stroj 74-1519 docestoval na Floridu necelý týden po tom, co námořní letectvo oznámilo zapůjčení stroje. Do vzduchu se s tímto zatím neupraveným letounem Roy Martin vydal na krátké

lety z Regionálního letiště severovýchodní Floridy (KSGJ/UST) u města St. Augustine ve dnech 17. a 18. prosince 2002. Na tomto letišti proběhla přestavba letounu, ale první zkušební lety upraveného stroje před přeletem do Kalifornie se uskutečnily z nedalekého letiště Cecil Airport (KVQQ/VQQ) u města Jacksonville, neboť toto letiště disponuje o více než kilometr delší drahou, což bylo žádoucí z hlediska bezpečnosti, protože rozměrnější přídě měla i větší odpor, a tak pilot nechtěl nic podcenit. 9. ledna 2003 byl letoun přetažen do dílen, aby prošel demilitarizací a dalšími úpravami a byl tak připraven pro instalaci nové přídě a podtrupové části. O měsíc později dorazila další dobrá zpráva, a to, že zapůjčený stroj není třeba uvádět do původní podoby, protože se námořnímu letectvu podařilo získat několik letadel z přebytku švýcarských vzdušných sil, takže tento exemplář poslouží už jen jako zdroj náhradních dílů. 17. března byla nová část trupu vyrobena v pobočce Northrop Grumman ve městě El Segundo v Kalifornii, odkud byla odeslána na Floridu. Kostra přídě i podtrupové části je vyrobena z hliníku, potah potom z uhlíkových kompozitů. Uchycení těchto nových částí k draku letounu bylo navrženo na základě výrobní dokumentace typu F-5E, ale ukázalo se, že stroj v průběhu své téměř třicetileté služby prošel mnoha opravami a úpravami, takže dost částí nesedělo tak, jak bylo zamýšleno. Nešlo ale o nic, s čím by si technici neporadili. Úpravami prošel i kokpit, kam přibyly zejména nové GPS jednotky, které byly nezbytně nutné pro přesné dodržování tras během blížících se letů nad měřicími aparaturami, a také různé záznamníky dat a několik videokamer.

Po dokončení přestavby 28. dubna byl letoun ještě opatřen celobílým nátěrem a na obě strany trupu pak obdržel dvojici barevných křivek. Jejich tvar není nahodilý a má svůj smysl. Křivky představují dvojici N-vln, přičemž spodní červená zobrazuje tradiční N-vlnu, kterou se vyznačují standardní letadla letící rychleji než zvuk, zatímco horní modrá představuje modifikovanou N-vlnu, jakou by podle předpovědí na základě teoretických modelů měl produkovat upravený stroj SSBD. Modifikovaná přídě letounu by měla vést ke zploštění první „nožičky“ v písmenu N, tedy ke zmenšení prvního výkyvu v okolním tlaku. Dále byl letoun polepen několika nálepkami, jmenovitě logy NASA, DARPA, Northrop Grumman, Navair a QSP.

Předzvěsti prvního letu Pelikána, jak bylo stroji interně, byť neoficiálně přezdíváno, byly pojížděcí zkoušky. Během jejich příprav 8. června se nicméně objevil problém s dvířky příďového podvozku, které se ukázaly být příliš volnými a nedržely na svém místě. To odložilo plánované zahájení letových zkoušek, ale na pojížděcí zkoušky to žádný dopad nemělo, takže hned následující den uskutečnil Roy Martin rozjezd po dráze až do rychlosti těsně pod vzletovou, což opakoval ještě 23. července, kdy byl problém s dvířky odstraněn a proběhl poslední z pozemních testů. Poté již bylo vše plně připraveno, aby se letoun mohl poprvé vydat do vzduchu. První let upraveného F-5E nyní nově s přídomkem SSBD proběhl 24. července 2003, kdy jej Martin přelétl z KSGJ na KVQQ.

Let nesl označení QSP-1. Ve dnech 27. a 28. července proběhly lety QSP-2 a QSP-3, které sloužily k rozšíření letové obálky upraveného stroje, včetně prvního nadzvukového letu. Ještě téhož dne, 28. července, se Martin s doprovodným strojem Northrop T-38 Talon vydal na první dva úseky přeletu do Kalifornie, kde se měly uskutečnit všechny letové zkoušky programu SSBD. První mezipřistání bylo na mezinárodním letišti v Huntsville (KHSV/HSV) v Alabamě, druhé pak na Tinkerově letecké základně (KTIK/TIK) v Oklahomě, kde i přenocovali. Následující den pokračovali přes letiště v Roswellu (KROW/ROW) v Novém Mexiku a tehdejší letiště Williams Gateway (KIWA/AZA) v Arizoně na letiště Palmdale (KPMD/PMD) v Kalifornii, odkud se uskutečnily všechny lety.

Zahájení letových zkoušek se datuje k 2. srpnu 2003, kdy Martin uskutečnil lety QSP-4 a QSP-5, v obou případech šlo opět o rozšiřování letové obálky, ve druhém případě pak již létal, zatím jen podzvukově, nad vyhrazeným koridorem, kde byly umístěny měřicí přístroje, a byly prováděny první pokusy s pozemním měřením. S rozmístováním pozemních aparatur se pojí veselá věc, neboť letový koridor vede nad oblastí, kde žijí chráněné pouštní želvy. Pohyb v této oblasti má velice striktní pravidla, mimo jiné se vozidla nesmí pohybovat mimo cesty a s želvami se nesmí jakkoli manipulovat. To přinášelo drobná úskalí, když se technici vydali k měřicím zařízením a cestou natrefili na želvu uprostřed silnice, museli počkat, dokud ona sama neuvolní průjezd. Let QSP-6 následoval 4. srpna, tentokrát ale za řízením usedl Darryl „Spike“ Long, který se s Martinem v pilotování střídal. QSP-7 se uskutečnil 15. srpna s Martinem v kabině, přičemž zatím vše probíhalo podle předchozího scénáře. K prvnímu měření provedenému během nadzvukového letu QSP-8 došlo 25. srpna, kdy pilotoval Long, nejvyšší dosažená rychlost byla Mach 1,36 a s měřicí sondou na přídě jej následoval F-15B. Jako problém se ale ukázaly nezvykle vysoké teploty, které byly překážkou v dosažení plánované rychlosti Mach 1,4 během průletů nad měřeným úsekem. Padaly i návrhy odložit testy na chladnější období roku, ale celý program byl už tak oproti původnímu plánu ve skluzu, a tak se v testech pokračovalo. K vůbec prvnímu měření tvarovaného aerodynamického třesku došlo až 27. srpna 2003 během letu QSP-9, kdy Martinův SSBD prolétal rychlostí Mach 1,36 ve výšce 9750 metrů měřeným koridorem a za ním s odstupem pětáctyřiceti sekund následoval neupravený F-5E. Díky tomu byla získána první data, která mohli výzkumníci porovnat. Měřicí aparatury zaznamenaly v případě SSBD přetlak 39,36 Pa (0,82 psf), v případě klasického F-5E pak 57,46 Pa (1,2 psf). Následná analýza dat ukázala, že průběh N-vlny byl přesně takový, jaký predikoval model, tedy zaznamenaná křivka svým zploštěním přesně odpovídala modré křivce, kterou SSBD nese namalovanou na trupu. Poprvé v historii se podařilo cíleně tvarovat rázové vlny a snížit tak intenzitu aerodynamického třesku. Technici na zemi, kteří obsluhovali měřicí zařízení, navíc uváděli, že rozdíl v intenzitě třesků byl jasně slyšitelný.

Za necelé dvě hodiny totéž během QSP-10 potvrdil Long, který vše zopakoval, tentokrát při rychlosti Mach 1,38. Kvůli získání dalších dat se uskutečnily ještě dva lety 28. srpna (QSP-11, pilotoval Martin) a 29. srpna (QSP-12, pilotoval Long). Společnost Northrop Grumman, která tyto letové zkoušky vedla, byla se získanými daty spokojená, takže již další nepotřebovala provádět. Zde ke slovu přišel NASA (National Aeronautics and Space Administration, Národní úřad pro letectví a kosmonautiku), který měl zájem tento mimořádně unikátní stroj využít co možná nejvíce a získat maximum možných dat, což dalo vzniknout programu SSBE.

SSBE byl obzvláště pozoruhodný, neboť se povedlo odlétat 21 misí během pouhých deseti dnů. Navíc ve všech případech pilotoval Martin, neboť Long pár dní předtím onemocněl. Povaha zkušebních letů během SSBE se prakticky shodovala s těmi během SSBD, hlavní novinkou bylo letové měření z paluby větroně L-23 Super Blaník, který letěl v koridoru pod F-5E SSBD a umožňoval tak díky svému tichému letu precizně měřit rázové vlny mezi letounem a zemí, stejně tak i jejich odraz od země, což přineslo další neocenitelná data. Hektické dny začaly 12. ledna 2004, když Martin nejprve prolétl nad L-23 rychlostí Mach 1,4 ve výšce 9750 metrů (QSP-13), aby provedl ještě tentýž den to stejné (QSP-14), tentokrát navíc následován F-15B s měřicí sondou na přídi. Toto měření ale muselo být předčasně přerušeno z důvodu závady na doprovodném letadle. Následující den, 13. ledna, se uskutečnily celkem tři zkušební lety (QSP-15 až 17). Ve všech třech případech letěl SSBD rychlostí Mach 1,4 ve výšce 9750 metrů a za ním v závěsu neupravený F-5E. Pod nimi zároveň prováděl měření L-23. Další den byl odpočinkový, neboť na program byly jen dva lety (QSP-18 a 19), během nichž se opakoval včerejší scénář, jen s tím rozdílem, že nejprve byla rychlost Mach 1,35 a podruhé Mach 1,43. 15. leden byl dalším z těch dnů, kdy byly na pořadu tři lety (QSP-20 až 22). Šlo o poslední příležitost využít ke zkouškám neupravený F-5E, protože ten se musel po skončení testů tohoto dne vrátit zpět na svoji domovskou námořní leteckou základnu Fallon v Nevadě. Další den byl vyloženě rekreační, protože se konal pouze jediný let (QSP-23), kdy SSBD letěl bez jakéhokoli doprovodu nad Super Blaníkem. Zato 17. leden se nesl opět v duchu tří letů (QSP-24 až 26), přičemž při prvním z nich se Martin pokoušel vytvořit cílený třesk prostřednictvím manévru, při dalších dvou letech pak letěl sám pouze nad pozemními přístroji. Pak přišel zasloužený den volna a ve zkouškách se pokračovalo až 19. ledna (QSP-27 až 29). Nejprve letěl sám a opět se snažil o cílený třesk, poté s L-23 pod sebou, což se opakovalo i při třetím letu, kdy stihl podniknout dvojici nadzvukových průletů nad větroněm. Tímto se zkoušky již pomalu blížily ke svému konci, a tak se 21. ledna uskutečnil pouhý jeden let (QSP-30), během kterého Martin podnikl dva nadzvukové průlety koridorem a v závěsu za ním F-15B s měřicí aparaturou. Posledním dnem letových testů byl 22. leden, který se nesl v duchu tří letů (QSP-31 až 33), které měly stejný charakter jako předchozí den. Tímto se uzavřela historická etapa prvních pokusů



s tvarováním rázových vln. Námořní letectvo následně nazvalo, že SSBD je důležitou částí historie letectví, a tak by nebylo důstojné tento letoun rozebrat na náhradní díly, takže na jeho navrácení již více netrvalo. Díky tomu mohl být stroj zachován a věnován do muzea. Hned 23. ledna SSBD zamířil z Palmdale přes mezinárodní letiště v Albuquerque (KABQ/ABQ) v Novém Mexiku na Tinkerovu leteckou základnu v Oklahomě, kde přenocoval. Další den pokračoval na letiště v Birminghamu (KBHM/BHM) v Alabamě. Zde byl nucen kvůli počasí několik dní setrvat, aby 27. ledna přelétl na KSGJ, své pomyslné rodiště, kde byl letoun před necelým rokem modifikován.

V současné době je F-5E SSBD vystavený v muzeu Valiant Air Command Warbird v Titusville na Floridě, jen pár kilometrů od známého Kennedyho vesmírného střediska, kam byl předán v srpnu roku 2004. Vystavený je zde od června 2006.

Délka F-5E SSBD je 15,1 metru, výška 4 metry, rozpětí 8,1 metru. Maximální vzletová hmotnost činí 6800 kg. Nejvyšší schválená rychlost upraveného stroje byla certifikována na Mach 1,45.

F-5E SSBD ukázal, že je možné cíleně pracovat s rázovými vlnami a tím i ovlivnit aerodynamický třesk. Zcela odstranit jej samozřejmě nelze, ale umenšit na úroveň, kdy by byl akceptovatelný (podobně jako dnes hluk přelétávajících podzvukových letadel) velmi pravděpodobně půjde. Otevřely se tak dveře pro zcela novou generaci nadzvukových letadel, mezi nimiž by mohl být i novodobý Concorde. To je, myslím, zásluha, jejíž význam lze jen stěží přecenit.

Protože je výzkumů zabývajících se problematikou snižování intenzity aerodynamického třesku a obecně tichého nadzvukového letu velice mnoho, budeme v seznamování s nimi pokračovat a v příštím díle se podíváme na další z nich.

## **Kam dál?**

Několik fotografií stroje F-5E SSBD z muzea v Titusville: <http://airspotter.eu/titusville.html>

Fotogalerie detailů neboli takzvaná „procházka okolo“ F-5E SSBD:

[http://www.primeportal.net/hangar/howard\\_mason2/ssbd\\_f-5e/](http://www.primeportal.net/hangar/howard_mason2/ssbd_f-5e/)

Videozáznam aerodynamického třesku během nadzvukového letu Concorde (v čase 0:15):

<http://youtu.be/annkM6z1-FE>

Krásný videozáznam zachycující zážitek z letu Concordem (v angličtině):

<http://youtu.be/YeEB2Lxbfa4>

*Marek Vanžura*

*(Photo © Marek Vanžura)*