



73. díl – CISBoomDA, SBLT a další aneb nadzvukový let bez třesku (VI)

Pověstnými mílovými kroky se blíží doba, kdy na nebi spatříme následníka legendárního Concordu. Cesta, jež k němu vede, je přeplněna fascinujícími výzkumy, jejichž výsledky nezdědky přinášejí vskutku revoluční poznatky. V uplynulých letech jsme se na ně zde již několikrát důkladně podívali. A protože intenzita prací na novém dopravním supersoniku s umenšeným aerodynamickým třeskem neklesá, nastal opět čas shrnout nejnovější události v tomto odvětví uskutečněné.

Konkrétně se seznámíme se čtveřicí výzkumů, které podnikl americký Národní úřad pro letectví a kosmonautiku (NASA), také se podíváme na aktuální situaci kolem letového demonstrátoru tichého supersoniku, který připravuje NASA a Lockheed Martin, a shrneme si novinky v případě vývoje civilního supersoniku firmy Boom Technology. První z výzkumů nazvaný CISBoomDA ověřoval palubní zařízení vyvinuté pro okamžité zobrazení aerodynamického třesku, jak se projevuje na zemi. Projekt SonicBAT zkoumal aerodynamický třesk v turbulentních vrstvách atmosféry. Projekt SBLT rozšířil znalosti o nadzvukovém laminárním obtékání křídla a konečně čtvrtý výzkum ověřoval potenciál nových měřicích sond od firmy Eagle Aero, jež by měly umožnit ještě preciznější měření než doposud užívaná čidla. V případě firmy Boom Technology se novinky týkají zejména konkretizovaných parametrů zamýšleného letounu jakožto i nových informací ohledně zmenšeného demonstrátoru, jenž nese označení XB-1.

CISBoomDA: Je zkratka ze slov Cockpit Interactive Sonic Boom Display Avionics (interaktivní přístrojové vybavení zobrazující aerodynamický třesk; na úvodním obrázku). Jedná se o počítačový program, který osádce letounu či řídicímu středisku okamžitě na displeji zobrazuje, kde se na zemi

projevuje aerodynamický třesk letounu. Taková znalost je klíčová v situacích, kdy se provádí měření intenzity třesků a je potřeba, aby stroj letěl přesně nad měřicími aparaturami na zemi. Jádro programu tvoří algoritmus, který krátce před svou smrtí v roce 2015 vytvořil Kenneth J. Plotkin pracující ve Wyle Laboratories. Algoritmus v zásadě pracuje s množstvím dat, která NASA během dlouhých roků intenzivního studia aerodynamických třesků nasbíral, kdy na základě znalosti aktuální rychlosti, výšky a atmosférických podmínek vypočítává a následně vizualizuje podobu a polohu rázových vln. Testy se uskutečnily s letounem F/A-18. NASA rovněž poskytl tento algoritmus i dvěma komerčním subjektům, firmám Honeywell a Rockwell Collins. Ty na jeho základě vyvíjejí program, který bude na podkladě zadaných letových parametrů předpovídat, jak bude výsledný sonický třesk vypadat na zemi na plánované trati. Od tohoto programu se očekává, že umožní předem naplánovat trasu letu nadzvukových letounů tak, aby jejich hluková stopa na zemi zasáhla co nejméně obydlených oblastí, ideálně žádnou. Jedná se o nástroj, který lze označit za pomyslná zadní vrátka pro případ, že ani v blízké budoucnosti nedojde ke zrušení zákazu nadzvukových letů nad pevninou. Program má totiž za takových podmínek umožňovat vytěžit maximum z letů nad vodními plochami, neboť určí nejkratší možnou trasu například během letu podél pobřeží, aby aerodynamický třesk nedolehl nad pevninu, a přitom letoun letěl k pevnině jak nejbližší to jen jde. Očekává se ale také, že daný program se stane běžnou součástí avioniky i tichých supersoniků. Právě proto se zapojily výše zmíněné firmy, neboť je velmi pravděpodobné, že tato letadla budou mít avioniku právě od společnosti Honeywell, jež se řadí ke světově nejuznávanějším výrobcům přístrojového vybavení kabin dopravních letadel.

SonicBAT: Zkratka pochází ze slov Sonic Boom in Atmospheric Turbulence (aerodynamický třesk v atmosférických turbulencích). Tento výzkum volně navázal na předchozí projekty SCAMP a FaINT, s nimiž sdílí velkou část použitých metod a prostředků. V tomto případě ale výzkumníky zajímala interakce mezi rázovými vlnami a turbulencemi v blízkosti zemského povrchu a v malých výškách. Tyto turbulence vznikají za horkých a suchých dní, kdy se vzduch ohřívá o rozehrátou zemi, čímž se vytvářejí nerovnoměrné stoupavé proudy. Z tohoto důvodu se testy uskutečnily během dvou posledních červencových týdnů roku 2016 v pouštním prostředí koridoru pro nadzvukové lety poblíž Edwardsovy letecké základny v Kalifornii, kde v dané době panují vysoké teploty. Letoun F/A-18 během nich vytvořil celkem 69 třesků při rychlosti Mach 1,38 ve výšce 9 753 metrů. Pod trasou letícího stroje byly rozmístěny tři řady mikrofónů, které poskytl jak NASA, tak i firmy Wyle Laboratories, Boeing a Gulfstream. První sada se skládala z 16 mikrofónů umístěných v řadě dlouhé 457 metrů. Ve vzdálenosti 2,2 km od ní se nacházela druhá sada mikrofónů, jichž bylo osm, vzájemně vzdálených 30 metrů. Konečně třetí sada totožná s předchozí byla o dalších 1,3 km dále. Aby mohli výzkumníci data získaná měřením zasadit do kontextu, další

sadu měřicích přístrojů měl na své palubě motorový větroň TG-14, jenž se pohyboval nad turbulentními vrstvami, a to ve výškách od 670 metrů do 3 048 metrů. Teprve díky tomu bylo možné odhalit přesný vliv turbulencí na intenzitu třesku. V současnosti výzkumný tým zajímá, jak se rázové vlny chovají v interakci s turbulentním ovzduším za horkých, ale vlhkých dní, kdy hlasitost třesků bude přirozeně vyšší. Z tohoto důvodu se plánují navazující zkušební lety na Floridě v prostoru Kennedyho vesmírného střediska. Velmi pravděpodobně k nim dojde již letos.

SBLT: Je zkratka ze slov Supersonic Boundary Layer Transition (přechod nadzvukové mezní vrstvy). Let nadzvukovou rychlostí doprovází mimořádně velký odpor, jehož význačnou složkou je odpor vzniklý třením. Pakliže by se podařilo toto tření snížit, odstranilo by se až padesát procent celkového odporu. Úměrně tomu by vzrostl dolet, neboť díky potřebě nižšího tahu dané snadnějším pronikáním vzduchem by letoun hospodárněji využíval palivo v nádržích, a také by klesl hluk. Ke vzniku tření dochází v takzvané mezní vrstvě, což je úzká vrstva vzduchu mezi povrchem křídla a rychle proudícím vzduchem obtékajícím profil křídla (mezní vrstva se samozřejmě tvoří i kolem trupu, což je důvod, proč mají některá letadla u otvoru, jímž vstupuje vzduch k motoru, takzvaný oddělovač mezní vrstvy, který tento proud vzduchu odvádí od motoru, kde by tropil neplechu). V oblasti náběžné hrany křídla a kousek za ní se vzduch v mezní vrstvě chová „spořádaně“, tedy křídlo obtéká plynule bez výraznějších porušení proudu. Tomuto obtékání se říká laminární proudění. Ovšem s pokračujícím povrchem křídla dochází k rozrušování proudu vzduchu, v důsledku čehož vznikají nerovnoměrnosti v obtékání, vzniká takzvané turbulentní proudění. A tím roste tření a odpor, což není žádoucí. Ideální by proto bylo, kdyby se laminární proudění udrželo na celém povrchu křídla. Anebo alespoň po jeho větší části.

S křídly s laminárním obtékáním začal NASA experimentovat v 30. letech, tehdy ještě jako NACA (National Advisory Committee for Aeronautics, Národní poradní výbor pro letectví). Laminární profily se totiž jevily velice perspektivně, což během druhé světové války předvedl stíhací letoun North American P-51 Mustang, jehož křídlo bylo od samého počátku navrhováno jako laminární. To se odrazilo v letových výkonech, jimiž letoun převyšoval všechna soudobá vrtulová letadla, i když v bojových podmínkách nebyl potenciál křídla využit naplno. Především tehdejší úroveň výroby křídel a jejich povrchu nezanedbatelně snižovala efekt laminárního proudění. Ale i tak se přednosti křídla jasně projeví. V 90. letech podnikal NASA sérii rozsáhlých letových testů s dvojicí výrazně modifikovaných letounů General Dynamics F-16XL (jednomístný F-16XL-1, N849NA, dvoumístný F-16XL-2, N848NA), jejichž cílem bylo co nejpodrobněji zkoumat laminární obtékání při nadzvukových rychlostech. Stroje mimo jiné obdržely speciálně navrženou část křídla, jež sestávala z vrstveného titanového potahu, v němž se nacházelo na 12 milionů mikroskopických otvorů, jimiž kompresor umístěný v trupu letounu odsával z mezní

vrstvy turbulentní proudy vzduchu, čímž dovoloval lepší šíření laminárního proudění na křídle. Výsledky zkoušek prokázaly, že tímto způsobem lze dosáhnout laminárního obtékání křídla během nadzvukových rychlostí po téměř celé ploše křídla.

Protože na křídlo s laminárním obtékáním sází firma Aerion vyvíjející nadzvukový bizjet označovaný jako AS2 (dříve SBJ), navázal NASA ve spolupráci s touto firmou na dřívější výzkumy sérií nových projektů. Spolupráce mezi těmito dvěma institucemi vznikla proto, že firma Aerion nedisponuje prostředky, jež by jí umožnily letové zkoušky navrženého křídla při nadzvukových rychlostech, NASA naproti tomu provozuje rozmanitý letadlový park, v němž mají místo i letouny schopné dosahovat rychlostí daleko za hranicí rychlosti zvuku, přičemž získaná data by rozšířila již tak bohatou studnici poznatků. Takže ze spolupráce vyplynul přínos pro obě strany. Vůbec první experimenty proběhly již v letech 1999 až 2002, kdy se uskutečnil program nazvaný SSNLF neboli SuperSonic Natural Laminar Flow (přirozené nadzvukové laminární proudění). Během něj létal letoun F-15B s malým testovacím segmentem napodobujícím křídlo zavěšeným pod trupem až do rychlosti Mach 1,8, zatímco infrakamery pořizovaly záběry ohřevu povrchu zkoušeného profilu, čímž zviditelňovaly jeho obtékání.

Navazujícím projektem se stal program SBLT, v jehož rámci vznikl v roce 2009 nový testovací segment pro ověřování laminárního proudění. Pro jeho letové zkoušky navrhl NASA ve spolupráci s firmou Aerion speciální závěsník, jenž dostal označení CLIP (CenterLine Instrumented Pylon, podtrupový závěsník vybavený měřicími přístroji). Ten se upevňuje pod trup letounu F-15B. Závěsník, jak název napovídá, je vybavený měřicími aparaturami, ale taktéž slouží jako ochrana nosného letounu před případnými oscilacemi či vibracemi neseného zkušebního aparátu, jež by za běžných podmínek mohly letoun poškodit. V neposlední řadě zabráňuje mezní vrstvě pod trupem letounu ovlivňovat měřené zařízení, neboť svým tvarem mezní vrstvu „odřezává“.

První série letových testů programu SBLT proběhla v červenci a srpnu 2010. Na podtrupovém závěsníku CLIP pod letounem F-15B byl podvěšený měřicí aparát v podobě obdélníkové desky osazené senzory, jejímž smyslem bylo zaznamenat proudění pod trupem letounu, a to až do rychlosti Mach 2. Kromě tlakových a dalších senzorů nesl letoun opět i kamerový systém, jenž prostřednictvím infrakamery zaznamenával tření na povrchu obtékaného zkušebního segmentu. Na tomto podkladě výzkumníci zapracovali naměřené údaje do výpočetních modelů, s nimiž doposud pracovali, čímž je zpřesnili a přiblížili co nejvíce realitě. Posléze mohli díky tomu navrhnout testovací segment v podobě části křídla zamýšleného nadzvukového bizjetu. To se mělo stát středem zájmu v druhé fázi letových zkoušek označovaných jako SBLT-II. Během roku 2011 probíhala výroba a pozemní testy nového zkušebního segmentu o délce 203 cm a výšce 102 cm. Následně v roce 2012 přišla ke slovu druhá fáze, jejímž cílem bylo studium vlivu nedokonalostí

povrchu křídla na charakter jeho obtékání. Proběhlo 11 letů, při nichž letoun realizoval dva letové profily. Během prvního z nich plynule zrychloval ve výšce 12 802 metrů až do maximální rychlosti Mach 2, poté plynule zpomalil zpět do podzvukové rychlosti. Při druhém letovém profilu letoun plynule zrychloval ve výšce 12 802 metrů do rychlosti Mach 1,3, načež při této konstantní rychlosti vystoupal do výšky 15 087 metrů, kde dále zrychloval až na rychlost Mach 1,7. Následné klesání se svými parametry lišilo podle měřených veličin. Zkoušky prokázaly možnost dosažení laminárního obtékání až na 88 procentech plochy křídla, což by v reálném provozu na nadzvukovém bizjetu mělo snížit tření natolik, že by se dolet zvýšil až o 48 procent.

Na tento výzkum naváže projekt takřkájící vonící novotou, jehož zahájení bylo plánováno na letošní březen. Nese pracovní název Swept Wing Laminar Flow (SWLF) neboli laminární obtékání šípového křídla. Cílem je nalezení nejvhodnějšího rozmístění nerovností na povrchu křídla za účelem dosažení co největší míry laminárního obtékání. Nerovnosti či vířiče slouží k odklánění „škodlivých“ proudů vzduchu, které narušují hladké proudění v mezní vrstvě. Díky tomu se pak daří udržovat laminární proudění na větší ploše křídla.

Eagle Aero Probe: Kvalita veškerých měření je podmíněna kvalitou měřicích aparatur. Takže jakkoli sofistikované experimenty mohou být, jsou-li nedokonalé senzory, získaná data nebudou mít dostatečnou vypovídací hodnotu a degradují uskutečněné úsilí. Z tohoto důvodu se pozornost klade i na zlepšování měřicích zařízení. V tomto případě sond, které snímají rázové vlny. Novou generaci sond navrhla firma Eagle Aeronautics, o jejich následnou výrobu se postarala firma Triumph Aerospace System. Největší slabinou doposud používaných sond je, že snímač změny tlaku se nachází přibližně 38 cm za vstupním otvorem snímací trubice. Nově vyvinuté sondy naproti tomu mají snímač pouhých deset centimetrů za vstupním otvorem. Jejich preciznost je tedy výrazně větší. Po absolvování úvodních testů v aerodynamickém tunelu se přešlo ke zkouškám letovým, k jejichž první sérii došlo v roce 2011. I v tomto případě se role mateřského letounu zhostil F-15B, který nesl celou měřicí aparaturu s prototypem sond na podtrupovém závěsníku CLIP. Kromě ověřování skutečné citlivosti a přesnosti sond se rovněž zjišťovala například jejich odolnost. Během této první série zkoušek se projevíly určité nedostatky, jako například kolísající teplota snímače, což mělo negativní dopad na kvalitu měření. NASA na základě výsledků zkoušek provedl na sondách drobné úpravy, takže se závada se podařilo odstranit, zařízení si již udržuje konstantní teplotu 65,5 °C. O rok později následovaly analogické srovnávací lety s běžně používanými sondami. Druhá série testů s novými sondami následovala v roce 2014 a třetí série proběhla v roce 2016. Zatím všechny letové zkoušky se uskutečnily se sondami umístěnými na závěsníku pod trupem, ale počítá se s tím, že před jejich použitím k ostrému měření ještě projdou zkouškami na přídi letounu, kde mají být standardně umístěny. Poté by již měly nahradit sondy doposud užívané, takže se očekává, že letová

měření demonstrátoru tichého supersoniku již proběhnou prostřednictvím nich.

QueSST a LBFD: V předchozím pojednání (viz 55. díl) jsme se seznámili s projektem QueSST (Quiet Super Sonic Technology, technologie tichého supersoniku), který je předvojem reálného tichého supersoniku. Ve zkratce, po více než dekádě intenzivních experimentů s umenšováním aerodynamického třesku měl NASA v rukou dostatek dat pro návrh zcela nového experimentálního stroje, jenž by sloužil k ověřování reálných vlastností tichých supersoniků, takže vypsal kontrakt na projekt letového demonstrátoru s umenšeným třeskem. Konkrétní podobu stroje podstoupily firmy Boeing a Lockheed Martin, přičemž na konci února 2016 se úspěšnějším stal druhý z kandidátů. Letoun nesoucí firemní označení konfigurace C606 proto postoupil do druhé fáze. Závěrem letošního února započaly dvouměsíční zkoušky modelu v devítiprocentním měřítku v nadzvukovém aerodynamickém tunelu Glennova výzkumného střediska v Clevelandu. Zjišťovat se bude chování letounu při rychlostech od Mach 0,3 až do Mach 1,6. To jinak řečeno znamená, že výzkumníky zajímá, jak se letoun bude chovat ve všech letových režimech, od vzletu přes let maximální rychlostí až po přistání. Cílem je rovněž ujistit se, že proudění vzduchu k motoru nebude v žádném letovém režimu narušeno, a to ani například při vysokých úhlech náběhu. Po skončení testů v aerodynamickém tunelu se očekává, že NASA uzavře navazující kontrakt na výrobu a letové zkoušky pilotovaného stroje, jenž v interním označení nese název LBFD neboli Low Boom Flight Demonstrator (letový demonstrátor malého třesku). Jeho vzlet se očekává před koncem roku 2019. Velice pravděpodobně letoun obdrží označení typické pro experimentální letadla NASA, tedy písmeno X. V případě tichého supersoniku se ve spojitosti s dřívějšími snahami firmy Gulfstream v této oblasti zmiňovalo označení X-54. Budou-li výsledky zkoušek pozitivní, lze očekávat rychlý vývoj tichých nadzvukových dopravních letounů.

XB-1 „Baby Boom“: V březnu loňského roku zveřejnila firma Boom Technology záměr vstoupit na trh nadzvukových dopravních letadel. Toto oznámení doprovázela vizualizace zamýšleného 40místného letounu se dvěma motory v gondolách pod křídly, jenž by měl dosahovat rychlosti až Mach 2,2. Aby těch novinek najednou nebylo málo, firma rovněž zmínila, že eviduje předběžné objednávky na 25 těchto strojů, prvních deset odebere britský miliardář Sir Richard Branson, zatímco o zbylých patnáct má zájem nejmenovaný dopravce z Evropy. V říjnu prošel návrh stroje poměrně význačnou modifikací, kdy k původně zamýšleným dvěma motorům pod křídly přibyl motor třetí, umístěný v zádi pod svislou ocasní plochou. Zároveň s tím došlo ke zvětšení trupu, který by měl nově pojmout 45 až 55 cestujících. Na délku by měl mít 51,8 metru, rozpětí 18 metrů a dolet až 8 tisíc kilometrů. Před prvním vzletem tohoto letounu plánuje společnost zalétat ještě demonstrátor v třetinové velikosti, k čemuž by mělo dojít před koncem roku 2017.

Maketu demonstrátoru firma Boom Technology představila loni v listopadu ve svém sídle na

denverskem letišti Centennial. Stroj dostal označení XB-1 a přezdívku „Baby Boom“. Model tohoto letounu prošel na přelomu roku zkouškami v aerodynamickém tunelu Státní univerzity ve Wichitě. Dle oficiálních vyjádření firmy výsledky dopadly ke spokojenosti vývojového týmu. Pilotovaný letový exemplář by měl být dvoumístný se sedadly v tandemu. Délka má činit 20 metrů, rozpětí 5 metrů a nejvyšší vzletová hmotnost 6 100 kg. Sloužit by měl k ověřování navržené koncepce, a to až do rychlosti Mach 2,2. O pohon se má starat trojice motorů General Electric J85-21 o celkovém tahu 48 kN. Jaké motory bude používat velký dopravní stroj, s jehož certifikací se předběžně počítá v roce 2023, prozatím nebylo upřesněno, neboť právě toto je patrně největší potíž, protože v současnosti nejsou na trhu žádné vhodné pohonné jednotky. Očekává se proto, že pro daný účel budou patřičně modifikovány některé z dnes používaných motorů. V druhé polovině letošního roku dle všeho o této firmě ještě uslyšíme.

Nutno dodat, že letoun firmy Boom stejně jako bizjet AS2 firmy Aerion není navrhovaný jako tichý supersonik. I když oba stroje by měly produkovat znatelně menší třesk než Concorde. To je ale primárně zapříčiněno tím, že budou mít menší rozměry. Navzdory této nepřílišné aerodynamické sofistikovanosti oproti letounu vznikajícímu ze spolupráce NASA a firmy Lockheed Martin však ani zdaleka nejsou nezajímavé. Jsou totiž první vlnou nové generace dopravních letadel, která bude bezpochyby kulminovat opravdovým nadzvukovým letounem s téměř neslyšným aerodynamickým třeskem. Nezadržitelně se tak blížíme k okamžiku, kdy úsilí za posledních bezmála patnáct let vkládané do zevrubného studia nadzvukového letu a s ním spojeného aerodynamického třesku přinese své ovoce.

Kam dál?

Snímek obrazovky programu CISBoomDA:

https://www.nasa.gov/sites/default/files/sr_cisboomda_double_med.jpg

Testovací segment SBLT na závěsníku CLIP: <https://www.nasa.gov/sites/default/files/ed10-0183-012.jpg>

Detailní pohled na sondy Eagle Aero Probe:

https://www.nasa.gov/sites/default/files/images/518032main_ED11-0032-08_full_full.jpg

Časosběrné video z přípravy modelu letounu konfigurace C606 pro testy v aerodynamickém tunelu:

<https://youtu.be/zwquWz4OrCw>

Video z testů modelu XB-1 v aerodynamickém tunelu: <https://youtu.be/TOMDUhu622s>

Předchozí díl (I): <http://airspotter.eu/Download/SSBD.pdf>

Předchozí díl (II): http://airspotter.eu/Download/Quiet_Spike.pdf

Předchozí díl (III): <http://airspotter.eu/Download/LaNCETS.pdf>

Předchozí díl (IV): <http://airspotter.eu/Download/D-SEND.pdf>

Předchozí díl (Intermezzo): <http://airspotter.eu/Download/Supersoniky.pdf>

Předchozí díl (V): <http://airspotter.eu/Download/AirBOS.pdf>

Marek Vanžura

(Photo © Ken Ulbrich)