

X-31 Vector

poslední pilotované letadlo série X

PIETER M. GROENENDIJK a ERIC KATERBERG

Významným typem, který v nedávné době působil ze základny NAS Patuxent River v americkém státu Maryland, je pokusný X-31 Vector. Unikátní v řadě experimentálních letadel je už tím, že představuje zatím poslední ryze zkušební pilotovaný stroj s označením X. Základní posláním letadla X-31 bylo stát se zkušebnou vektorování tahu a demonstrátorem stíhacího letounu pokročilých manévrovacích schopností. V poslední fázi zkoušek pak byl typ používán k ověřování nových metod přistávacího manévru, výrazným způsobem snižujícího rychlost nad prahem dráhy a délku dojezdu.

Letadla X

Letadla X (v angličtině libozvučněji X-planes), známá též jako pokusné létající aparáty, se stala významnými nástroji urychlování pokroku americké letecko-kosmické vědy i vojenského letectví. Většina zkušebního létání s letadly X se odehrává a odehrávala na obří letecké základně Edwards, ležící v mojavské poušti v odlehlé části Kalifornie. Letadla X jsou číslována průběžně, takže prvním a snad i nejslavnějším se stalo X-1 firmy Bell, které pilotováno legendárním Chuckem Yeagerem, překonalo v roce 1947 jako první na světě zvukovou bariéru. Od těch časů

posunula letadla řady X úroveň letecké techniky svými zkouškami a zaváděním nových technologií i letových koncepcí výrazně kupředu. Známý filmový snímek „The Right Stuff“ podává názorný pohled na dění na základně Edwards a na její význam pro letectví a lety do vesmíru. Jedním z nejslavnějších letadel X předbíhajícím úroveň své doby, byl raketoplán North American X-15. Experimentální X-15, poprvé letící v roce 1959, byl poháněn raketovým motorem, měl rozpětí 6,70 metrů a délku 15,24 metrů. Pod heslem „Výše a rychleji“ začal vznikat v padesátých letech, přičemž záměrem výrobce i provozovatele (USAF a NASA) bylo získat základní data o aerodynamice, konstrukčních metodách, ovládacích prvcích a psychologických aspektech vysokorychlostních letů v extrémních výškách, blížících se letům do kosmu. Letadlo bylo schopno, v pozdějších zdokonalených verzích, dosahovat maximálních rychlostí $M=6,7$ a vystoupat do výšky téměř 108 kilometrů, čímž se jeho piloti zařadili do rodiny astronautů. Aby bylo dosaženo takových výkonů, musel jeho raketový motor XLR-99 v prvních 80 až 120 sekundách letu vyvinout tah 253,46 kN (přes pětadvacet tun). Po spotřebování paliva se letoun zpět k zemi pohyboval jako kluzák bez jakékoli pomoci pohonné jednotky. North American X-15, podobně jako většina ostatních letounů X, byl ve vzduchu vypuštěn z upraveného bombardéru

Boeing NB-52B letícího ve výšce obvykle 13 700 metrů rychlostí kolem 810 km/h. Postaveny byly celkem tři exempláře X-15, které uskutečnily 199 letů, přičemž k poslednímu došlo 24. října 1968.

Zvýšená manévrovatelnost stíhacího letadla

Pokusný stroj X-31 Vector byl vyvíjen zprvu jako demonstrátor v rámci programu EFM (Enhanced Fighter Manoeuvrability/Zvýšená manévrovatelnost stíhacího letadla), kdy létal u pobočky NASA umístěné rovněž na Edwards AFB, zvané Dryden Flight Research Center (Drydenovo zkušební letové středisko), a představěl řízené lety s extrémními úhly náběhu a mimořádnou manévrovatelnost. Vyznačoval se neobvyklým deltakřídlem a speciálními říditelnými deflektory, jimiž se za výstupní tryskou proudového motoru ovládal vektor jeho tahu. Tři deflektorové klapky, vyrobené z grafitového epoxidu, umožňují ovládání letadla podél příčné osy (nahoru a dolů, tzv. pitch) a osy svislé (vlevo, vpravo, tzv. yaw), čímž výrazně zvyšují manévrovací schopnosti. Jako aerodynamický doplněk je X-31 vybaven pohyblivou vodorovnou přídovou plochou a pevnými zadními kýly, konstruktéry zvanými „aft strakes“. Toto řešení v kombinaci s pokročilým systémem řízení letu přináší výhody ve srovnání s konvenčními stíhacími letadly, zejména v situacích blízkého manévrového boje.





Přitom je X-31 vůbec prvním z řady X, vzniklým za mezinárodní spolupráce. V Drydenově středisku zkušební letovou obálku X-31 rozšiřovala při testech organizace ITO (International Test Organisation) řízená agenturou ARPA (Advanced Research Project Agency) zahrnující NASA, leteckou složku US Navy, americké letectvo USAF, firmu Rockwell Aerospace (nástupce North American Aviation, výrobce X-15), a také německou EADS (dříve Deutsche Aerospace, předtím Messerschmitt-Bölkow-Blohm/MBB). Německý zájem o vysoce manévrovatelná letadla se datuje až do roku 1970, kdy MBB modifikovala stíhací Lockheed F-104G Starfighter z domácí licenční výroby v rámci pětiletého výzkumného programu na pokusný stroj CCV (Control-Configured Vehicle), jehož součástí byl i vývoj technologií elektro-impulzního řízení (Fly-by-Wire). Počítačem ovládaný systém

elektroimpulzního řízení dovozoval stroji lety v nestabilní konfiguraci, která mohla být využívána k dosažení zvýšené manévrovatelnosti. Přitom cesta od „přirozeně“ stabilního Starfighteru k variantě CCV byla postupná. Začínala přidáním zátěže pro změnu centráže a v roce 1980 byla na horní stranu trupu za kabinu pohyblivě připevněna vodorovná ocasní plocha z jiného F-104G s účelem dále letoun destabilizovat. Nakonec byla dosažena dvacetiprocentní negativní stabilita. Poté byly testy úspěšně zakončeny. Získaná data se pak využila při návrhu demonstrátoru stíhacího letounu EFA (budoucí Eurofighter Typhoon) a byla německou stranou poskytnuta i pro vývoj X-31.

Jak vznikl X-31? Po koncepčních a vývojových pracích firma Rockwell postavila dva exempláře. Aby se sní-

žily náklady na vývoj a stavbu, použila dílů již existujících letadel. Například překryt kabiny, vystřelovací sedadlo a řídicí páka pocházejí z F/A-18, zatímco hlavní části podvozku a směrové kormidlo z F-16, brzdy a kola podvozku jsou značky Cessna z typu Citation. Úvodní let prvního X-31, při němž jej pilotoval tovární zkušební pilot Ken Dyson, se uskutečnil 11. října 1990 z letiště podniku letectva (tzv. Air Force Plant 42) v kalifornském Palmdale. Druhý exemplář X-31 poprvé vzlétl 19. ledna 1991 pilotován Dietrichem Seeckem, tehdejší zkušební pilotem Deutsche Aerospace. Stal se tak prvním letounem řady X v historii řízeným neameričanem. X-31, poháněn turbodmychadlovým motorem General Electric F404-GE-400, známým odolností proti



nestabilnímu proudění nasávaného vzduchu a dávajícím 71,2 kN tahu na režimu přidavného spalování, dosáhl nejvyšší rychlosti $M=1,28$. Dne 6. listopadu 1992 se při jednom ze zkušebních letů podařilo dosáhnout kontrolované konfigurace s úhlem náběhu 70° . Při testech v Drydenově středisku X-31 dne 29. dubna 1993 uskutečnil rychlou otočku o 180° s využitím popádové konfigurace, kdy stroj letěl značně za aerodynamickými limity jakéhokoli jiného letadla. V létě téhož roku byly na pořadu simulované manévrové boje s letounem F/A-18 Hornet sloužícím u NASA. Výsledek byl jednoznačný: X-31 zaznamenal 63 vítězství, ve čtyřech případech se piloti rozešli nerozhodně a jen dvakrát X-31 prohrál. Ani ostřílení vojenští piloti námořnictva s letouny F-14 Tomcat a F/A-18 Hornet si nevedli lépe. Ale i po tak přesvědčujících důkazech stále existují pochybnosti o potřebnosti vysoce manévrovatelných bojových letadel. Kritici namítají, že testy proběhly s tehdejšími operačními letadly a době odpovídajícími protiletadlovými raketami. V současné době jsou již ale ve výzbroji mnohem pokročilejší letadla s novými zbraňovými systémy. Například F/A-18E Super Hornet, vyzbrojený raketami AIM-9X Sidewinder, je schopen zaútočit na protivníkovu letadlo do úhlu 80° na každou stranu bez toho, aby musel měnit kurz z přímého směru. Takové zbraňové systémy pak pochopitelně poněkud snižují potřebu zavádět nové typy letadel s vysokou manévrovací schopností. Kritikům programu také nahrála nehoda jednoho z X-31, ztraceného při havárii 19. ledna 1995 při 292. letu, k níž došlo špatnou interpretací komunikace pilota s pozemním řízením letového provozu, násobenou nefunkčním vyhříváním pilotovy trubice a falešnými údaji rychloměru. Německý pilot Karl-Heinz Lang stroj musel ve výšce 5500 metrů opustit vystřelovací sedadlem a neovladaný X-31 dopadl do pouště u severního okraje základny Edwards.

Program VECTOR

„Zkušební program X-31 představoval pro naši komunitu testovacích pilotů zcela ojedinělý projekt“, říká podplukovník



J. A. Mortensen, velící důstojník jednotky VX-23 na základně NAS Patuxent River. „X-31 VECTOR“ je společným programem, na němž se účastní NAVAIR, německá federální výzbrojní agentura BWB, konsorcium EADS (European Aeronautic Defence and Space Corporation) a Boeing Aerospace. Je jakýmsi pokračováním americko-německého programu EFM z let 1990-1995, je ale programem neziskovým, pouze v rámci technologického demonstrátoru. Jako vyjádření mezinárodní povahy programu VECTOR jsou vedoucími piloty jmenováni německý záložní námořní Kommandeur Rüdiger „Rudy“ Knöpfel a za americkou stranu major Cody Allee od USMC, zařazený do stavu VX-23.

Počátky programu VECTOR sahají do roku 1998, kdy se zúčastněné strany shodly na dokumentu stanovujícím požadavky a nutná omezení možných rizik. Název VECTOR znamená jednak vektorování tahu, jednak je zkratkou Vectoring Extremely Short Take-Off and Landing Control and Tailless Operational Research/Ovládání mimořádně krátkého vzletu a přistání vektorováním tahu a operační zkoušky bezocasé koncepce. Konkrétně se VECTOR dělí na tři základní technologické oblasti:

- Extrémně krátký vzlet a přistání pomocí vektorování tahu (ESTOL)
- Flush Air Data System (FADS) - komplexní systém sběru a vyhodnocování dat
- Testy bezocasé koncepce a koncepce s redukovanou plochou SOP



Letoun X-31 se přesunul na základnu NAS Patuxent River a byl přidělen jednotce VX-23, k níž se dostal roku 2000 poté, co byl odkonzervován a uveden do provozuschopného stavu. Během teoretických příprav programu VECTOR došlo u X-31 k řadě modifikací a modernizací – byl instalován nový software systému řízení letu zároveň s automatickým ovládáním přípravy motoru, pod trup vestavěli dokumentární videokameru a upraveny byly navigační přístroje včetně zařízení GPS. Uvedené úpravy byly nutné zvláště pro zdárný průběh programu ESTOL (Extremely Short Take-Off and Landing).

Letová fáze ESTOL začala 17. května 2002, po více než ročních pozemních testech a úpravách letounu, kdy za řízení stroje usedl Rüdiger Knöpfel. Významným výsledkem první fáze zkoušek bylo potvrzení způsobilosti X-31 k programu ESTOL, s využitím vektorování tahu motoru i pro vzlet a pro vysoce přesné přil-

stání s redukovanými rychlostmi a velkými úhly náběhu.

„Program ESTOL má zvláštní význam pro námořní letce, ještě více pak pro ty, kteří létají z letadlových lodí. Příslušníci námořnictva výhody přistání při nižších rychlostech a větších úhlech náběhu vidí především v tom, že podstatně klesne namáhání jak letadel samotných, tak i palub lodí a jejich zachytných lanových systémů. Kromě snížení namáhání a tím zvýšení životnosti systémů, by další přednost představovala možnost přistávat s letadly takřka s jejich maximální vzletovou hmotností, a to by znamenalo, že v případě potřeby by letadlo na lodi mohlo přistát i s plnými nádržemi a s kompletními podvěsy. Za stávajícího stavu je totiž nutné dodržet u každého typu předepsanou přistávací hmotnost, což v praxi znamená, že je před přistáním, např. v nouzi, nutné jak přebytečné palivo vypustit za letu, tak i snížit hmotnost odhozením podvěšených pum a raket. A to je velmi nákladné. Zavedení systému ESTOL by takové problémy do značné míry odstranilo a navíc se jeví možnost jeho aplikace i u aparátů UAV, tedy u bezpilotních prostředků“, tolik na vysvětlenou od manažerky projektu VECTOR Jennifer Youngové.

„X-31 také sloužil jako létající zkušebna nového systému sběru dat vyvíjeného EADS a nazývaného FADS (Flush Air Data Systém)“, říká Dog Wilkin, vedoucí letový technik programu VECTOR. „FADS je všeobecně vnímán jako mnohem přesnější zařízení, nahrazující sou-



časné pilot-statické trubice a další snímače. Montuje se na před letounu a jeho senzor je přesný ve všech režimech letu, včetně letů při velkých úhlech náběhu. Snímá místní tlak a spřažený počítač vyhodnocuje aktuální vzdušnou rychlost, úhel náběhu, snos, teplotu, výšku letu a data o poloze letounu“.

K získání dat pro výzkumné práce EADS, létal zkušební tým s X-31 s úhly náběhu až do 70°, což je hodnota u jiných letadel neznámá, stejně jako lety s velkým úhlem náběhu do rychlostí

$M=1,2$. Při sedmdesáti stupních se tudíž stroj pohyboval v horizontu, zatímco jeho před čněla strmě vzhůru k nebi.

Součástí zkušebního programu byla i „přistání“ na „virtuální dráze“ vytyčené v bezpečné výšce nad zemí. Tyto testy pak předcházely přistání na skutečnou pozemskou betonovou dráhu. První takové „umělé“ přistání se uskutečnilo 20. listopadu 2002, kdy X-31 pilotován majorem Cody Alleem předvedl dvě ESTOL přiblížení ve výšce 1524 m (5000 stop) s úhlem náběhu 14°. Postupně se úhel náběhu zvyšoval až na 24°, kterážto hodnota byla pak použita i při přistání na skutečnou dráhu. A i při takové hodnotě úhlu náběhu X-31 stále vykazoval takovou míru aerodynamického řízení, že byl schopen přistání uskutečnit bez vektorování tahu.

„Aby mohl pilot s X-31 uskutečnit automatické přiblížení, musel nejprve stroj dovést do imaginárního neviditelného čtvercového prostoru ve vzduchu a pak aktivovat systém ESTOL. Ten převzal řízení letounu. Pilot byl v této letové fázi pasivní, i když v případě potřeby mohl do systému ručně zasáhnout v jakékoli části letu. Pod předí letounu namontovaná videokamera s projekční obrazovkou v kabině pilotovi umožňovala neustále



HLAVNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE X-31

Výrobce: Rockwell Aerospace, North American Aircraft a Deutsche Aerospace

Rozpětí	7,26 m
Délka	12,39 m
Celková délka	14,85 m
Výška	4,44 m
Rozpětí vodorov. před. plochy	2,64 m
Nosná plocha	21,02 m ²
Hmotnost prázdného letounu	5175 kg
Vzletová hmotnost normální	6625 kg
v poslední konfiguraci	7303 kg
Max. dosaž. rychlost v 10 670 m	$M=1,28$
Max. dosažená výška	12 200 m



sledovat přistávací dráhu, protože při velkých úhlech náběhu ji v přímém pohledu zakrývala vzhůru čnící přední část stroje, a to už od hodnot 15° výše. Závěrečná část přiblížení pak byla řízena autopilotem. Dalším problémem, který bylo nutné u X-31 vyřešit, byla fáze dosednutí při velkých úhlech náběhu. Při takové konfiguraci by se totiž letoun dotkl země nejdříve ne hlavními podvozkovými koly, ale výstupní tryskou s vektorovacími klapkami. Aby se tomu zabránilo, byl vyvinut systém tzv. derotace. V okamžiku, kdy se ocas letounu nacházel asi 65 centimetrů nad dráhou, zařízení automaticky stroj 'potlačilo' tak, aby to byla hlavní kola, která se první střetla s betonem přistávací dráhy. Správné načasování tohoto manévru bylo velmi důležité, až kritické. Došlo-li by k derotaci příliš brzy, rychlost klesání by byla vysoká a mohlo by dojít k poškození podvozku, v opačném případě by se dotkl první ocas a byl by rovněž poničen. Proto byla také závěrečná fáze přiblížení plně ponechána na automatickému systému ESTOL, který bezpečně letoun „posadil“ na hlavní podvozková kola. Při přiblížení systém ESTOL přebíral potřebná data z majáku IBLS (Integrity Beacon Landing System), který byl zásoben údaji diferencovaného GPS, kombinovanými s několika pozemními radiomajáky. To systému umožňovalo určit polohu letadla během přibližovacího manévru s přesností dvou centimetrů“, vysvětluje major Cody Allee.

Ke dni 22. března 2003 stroj X-31, po uskutečněných jedenapadesáti letech, ukončil první fázi testů zaměřených na program FADS. „Německý pilot R. Knöp-

fel dosáhl rychlostí $M=1,06$ a $1,18$ při zapnutém přídavném spalování ve výšce skoro 12 000 metrů. Za nadzvukového letu kombinoval různé hodnoty úhlu náběhu a bočení, aby plně vyzkoušel funkci systému FADS. Po letu, během následující noci, technici převedli získaná data do pozemního počítače, jehož program potvrdil správnost funkce FADS ve všech režimech letu“, dodal Wilkin.

Zdárné ukončení první fáze testů X-31 umožnilo přípravu a zahájení fáze závěrečné. Ta začala počátkem dubna 2003

a končila 29. téhož měsíce, kdy major Cody Allee uskutečnil, po týdenních přípravách, jako první na světě kompletní automatické přistání ESTOL za využití vektorování tahu. Z uvedeného vyplývá, že závěrečná fáze letových testů X-31 byla zaměřena na program VECTOR a skončila nad očekávání úspěšně. Poslední zmíněné přistání proběhlo při úhlu náběhu 24° a rychlosti 121 knotů (224 km/h). Při konvenčním stylu přistání X-31 vyžaduje délku dráhy téměř dva a půl kilometru od bodu dosednutí až k úplnému zastavení, ale při posledním ESTOL přistání to bylo pouze necelých 520 m! Rozdíl rychlostí nad prahem dráhy byl při závěrečném testu rovněž dramatický: při klasickém přistání byla hodnota na 175 knotech (324 km/h), při přistání ESTOL pak na uvedených 224 km/h.

V současné době je letový program X-31 ukončen a přešel do fáze interpretace a analýz získaných dat, aby mohly být výsledky zkoušek využity pro budoucí přistávací manévry kategorie ESTOL s vektorováním tahu.

X-31 patrně zůstane posledním ryze pokusným letadlem pilotovaným člověkem. Nová řada letadel „X“ již představuje výzkum v kategorii UCAV - Unmanned Combat Air Vehicle, tedy bezpilotních bojových prostředků. Jde např. o typy X-45 a X-47. Získají se tak potřebná data pro případ, že by americké letectvo hodlalo po roce 2010 takové stroje zařadit do výzbroje. ■



Autoři děkují Johnu Romerovi a Jamesi Darcymu z NAS Patuxent River (Public Affairs) a členům programu X-31 za pomoc při přípravě článku.