

ZISTENIE PRÍDAVNÉHO ODPORU KONŠTRUKČNEJ ÚPRAVY VRTULNÍKA MI-17.

GAŠPAROVIČ, Peter, Ing.

Vojenská letecká akadémia, Rampová 7, 04121 Košice,

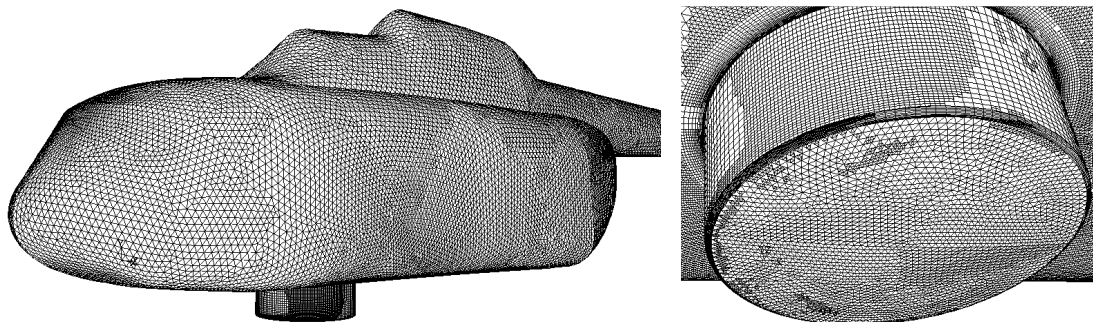
tel.: +421-960-512 377, <http://buteo.szm.sk>

Abstrakt

Článok popisuje postup pri zisťovaní aerodynamického odporu vrtuľníka Mi-17 za účelom stanovenia vplyvu konštrukčnej úpravy vonkajšej konštrukcie na spotrebu paliva. Odpor bol vypočítaný numerickou metódou, pomocou softvéru FLUENT. Skúšobný let potvrdil dobrú zhodu s vypočítanými hodnotami.

Úvod

Doba letu a dolet sú pri akomkoľvek lietadle veľmi dôležité hodnoty ktoré určujú či je schopné vykonať danú úlohu. Ich nesprávne stanovenie môže viesť až k ohrozeniu bezpečnosti letu. Veľký vplyv na kilometrovú spotrebu má aerodynamický odpor vrtuľníka, ktorý sa výrazne mení pri zmene konfigurácie (prídavné zbraňové nosníky, podvesený náklad). Pri štandardnom vybavení sú tieto zmeny známe a počítá sa s nimi (predpis Let-3-76 [1]). V tomto prípade išlo o neštandardnú konfiguráciu – konštrukčnú úpravu spodnej časti trupu, na ktorú bola namontovaná rozmerná laminátová gondola. Úlohou bolo stanoviť vplyv tejto konštrukčnej úpravy na kilometrovú spotrebu prostredníctvom určenia jej aerodynamického odporu.



Obr. 1. Výpočtová sieť numerického modelu.

Doplnkový škodlivý odpor

Vplyv konštrukčnej úpravy na aerodynamický odpor bude vyjadrený tak ako je to obvyklé, pomocou doplnkového škodlivého odporu. Doplnkový škodlivý odpor je rovnako ako výsledný odpor definovaný všeobecne známym vzťahom:

$$X = (c_x S) 1/2 \rho v^2$$

Pretože nie je cieľom získať bezrozmerný tvar, ale iba vyjadriť hodnotu nezávislú na doprednej rýchlosti vrtuľníka, odpor bude vyjadrený pomocou súčinu $c_x S$, ktorý bude nazvaný redukovaná plocha, pretože jeho hodnota je v jednotkách m^2 .

Predbežný odhad odporu gondoly

Pre voľbu metódy, je vhodné urobiť predbežný odhad, či má vôbec zmysel zaoberať sa týmto problémom. *Odhadovanú hodnotu* redukovanej plochy gondoly určíme zo známeho čelného prierezu a pesimistického odhadu súčiniteľa odporu c_x (väčšia z hodnôt). Gondola má tvar valca s veľmi malou štihlosťou (pomer výšky k priemeru 0,45), takže jej obtekanie bude výrazne trojrozmerné. Jej odpor bude menší než odpor rovnako dlhého úseku nekonečného valca (dvojrôzmerne prúdenie), takže hodnotu odporu tohoto úseku valca môžeme brať za pesimistický odhad. Nasleduje výpočet tejto hodnoty:

Čelný prierez gondoly: $S = 0,512 \text{ m}^2$

Odhadovaný súčiniteľ odporu: $c_x = 0,4$ (valec pri nadkritickom prúdení, $Re = 4.8 \cdot 10^6$)

Odhadovaná redukovaná plocha gondoly: $c_x S = 0,4 \text{ m}^2 \cdot 0,512 = 0,205 \text{ m}^2$

Pre porovnanie, hodnoty prepočítané z parametrov v dokumentácii [2]:

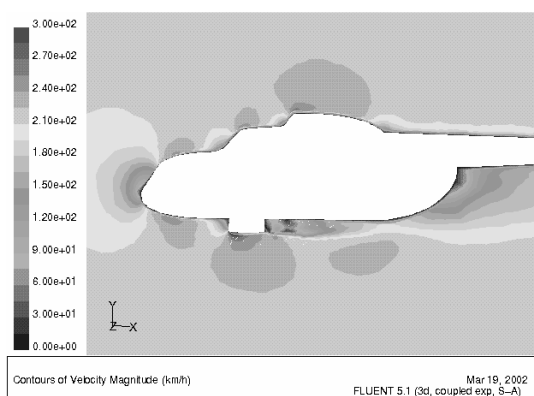
Redukovaná plocha holého vrtuľníka: $c_x S = 3,2 \text{ m}^2$

Redukovaná plocha prídavného zariadenia s 6 blokmi UB-32: $c_x S = 1,2 \text{ m}^2$

Odhadovaná hodnota redukovanej plochy gondoly v porovnaní so štandardným zariadením (bloky UB-32) nie je úplne zanedbateľná, takže je potrebné ju presnejšie určiť.

Stanovenie doplnkového škodlivého odporu gondoly

Do úvahy prichádzajú tri možnosti: numerický výpočet metódami CFD, meranie na zmenšenom modeli, letový experiment so skutočným vrtuľníkom.

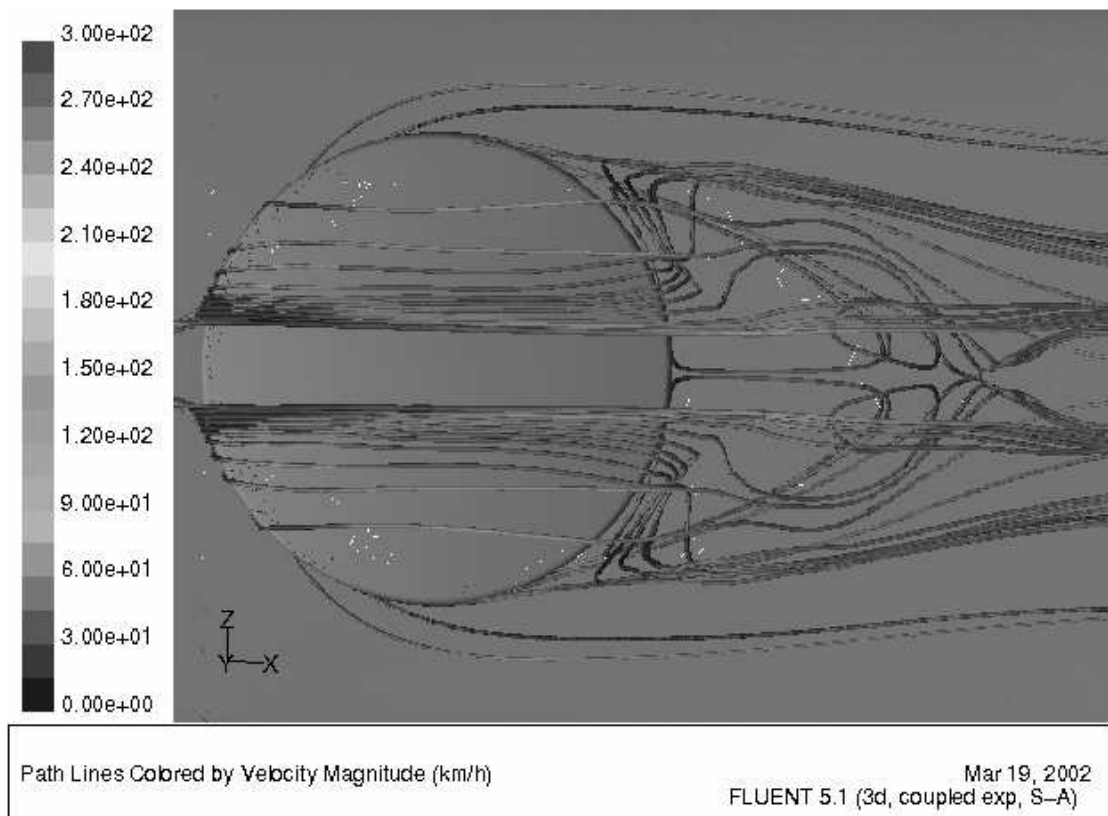


Obr. 2. Rýchlosti prúdenia v rovine symetrie

Prúdenie v našom prípade je definované pomerne jednoduchou geometriou telesa a jednoduchými druhmi očakávaných javov (medzná vrstva, odtrhnutie prúdu po úplnom vyvinutí turbulencie). Bolo rozhodnuté, že odpor sa zistí pomocou numerického výpočtu. Rozhodli hľadiská ako presnosť, doba prípravy a očakávané náklady. Pri danej geometrii bude príprava numerického modelu veľmi rýchla, za zlomok nákladov na reálne skúšky, alebo

vytvorenie zmenšeného modelu, a výpočet bude pri očakávaných javoch v prúdeňí veľmi presný. Ako potvrdenie výpočtu bude pri letových skúškach modifikovaného vrtuľníka zmeraná spotreba paliva.

Na výpočet bol použitý CFD softvér FLUENT 5 (CFD = Computational Fluid Dynamic). Geometriu výpočtovej siete tvorí gondola a bezprostredné okolie, ktoré ovplyvňuje miestne prúdeňie. Bol priestorovo vymodelovaný celý trup vrtuľníka Mi-17, s určitými zjednodušeniami v hornej a zadnej časti, ktoré majú minimálny vplyv na obtekanie gondoly. Pretože sa jedná o symetrický prípad prúdeňia, modelovaná bola iba ľavá polovica prúdeňia. Okolité vzduch je modelovaný do vzdialenosti 60m. Numerická sieť na povrchu vrtuľníka a v jeho priestore bola vytvorená Delaunayovou trianguláciou a adaptačným zahustením v okolí gondoly počas výpočtu. Rozsah siete bol 551 000 buniek, a hardvérové nároky stúpili na 400 MB pamäte RAM. Výpočtová sieť numerického modelu je na Obr. 1 .



Obr. 3. Vírenie prúdeňia za gondolou

Fyzikálny model riešiča je založený na Navier-Stokesových rovniciach a modeli turbulencie Spalart-Allmaras. Okrajové podmienky rovníc boli stanovené nasledovne: rýchlosť nerušeného prúdeňia 61 m/s (218 km/h), hustota vzduchu 1,225 kg/m³, pomer turbulentnej viskozity 2,794e-07 (tj. nerušené prúdeňie). Samotný výpočet prebehol pomocou explicitného riešiča, ktorý využíva na riešenie matice Gauss-Seidelovu iteračnú metódu. Na urýchlenie bola použitá metóda Multigrid. Iteračný výpočet bol zastavený po 950 iteráciách, keď škálované reziduá poklesli pod 0,01 .

Výpočítaná sila aerodynamického odporu gondoly je:

$$X = 285,2 \text{ N}$$

Pretože nás zaujíma rozdiel odporu voči pôvodnej konfigurácii, je potrebné od odporu gondoly odpočítať odpor chýbajúcej časti pôvodného poťahu. Odpor tejto časti však možno zanedbať, pretože na základe jeho plochy $S = 1,04\text{m}^2$ a súčiniteľa šmykového napätia v okolitej medznej vrstve $\tau = 7 \text{ N/m}^2$, je jeho veľkosť iba: $\tau \cdot S = 7 \text{ N}$.

Po prepočítaní pri modelovanej rýchlosti letu 61 m/s je redukovaná plocha:

$$c_x S = X / (1/2\rho \cdot v^2) = 0,12518 \text{ m}^2$$

Táto hodnota leží v predpovedanom rozsahu. Pretože prúdenie je plne nadkritické ($Re = 4.8 \cdot 10^6$), táto hodnota sa pri bežných rýchlostiach letu bude meniť maximálne o niekoľko percent.

Potvrdenie prídavného odporu gondoly letovými skúškami.

Vypočítaná hodnota redukovanej plochy gondoly je desaťkrát menšia než hodnota pri zariadení s blokmi UB-32 . Pretože pri zariadení s blokmi UB-32 sa kilometrová spotreba zmení o 10 %, očakávaná zmena spotreby modifikovaného vrtuľníka s gondolou je 1 % .

Pri letových skúškach sa potvrdilo zvýšenie spotreby na 425 kg h^{-1} oproti tabuľkovej spotrebe holého vrtuľníka 422 kg h^{-1} . Rozdiel spotreby je teda necelé percento. Napriek horšej presnosti meraní počas letových skúšok to možno považovať za potvrdenie vypočítanej hodnoty škodlivého odporu gondoly.

Záver

Hodnota aerodynamického odporu gondoly vypočítaná numerickou metódou, leží v predpokladanej oblasti a je výrazne nižšia než štandardné doplnkové škodlivé odpory (špeciálne prídavné zariadenia). Napriek horšej presnosti meraní počas letových skúšok bola potvrdená vypočítaná hodnota škodlivého odporu gondoly.

Literatúra

- [1] Let-3-76 Pilotování a používání vrtulníku Mi-17, [predpis MO]
- [2] Osobnosti aerodynamiky i dynamiky poleta Mi-17, [rus..originál firmy MIL]
- [3] Program FLUENT 5, Fluent Inc., Lebanon (New Hampshire)
- [4] Schlichting, H.: Grenzschicht-Theorie. Verlag, Karlsruhe; ruský preklad: Teorija pograničnovo sloja, Nauka, Moskva 1974