

DOCTORAL DISSERTATION ABSTRACT

Analysis of airplane static and dynamic stability using scaled models

Author: mjr mgr inż. Łukasz Kiskowskiak

Supervisor: prof. dr hab. inż. Aleksander Olejnik

The study attempts to assess the usefulness of numerical and experimental aerodynamic tests and in-flight tests using scaled models for the needs of airplane static and dynamic stability analysis.

One of the stages of the airplane stability analysis were experimental tests of scaled models in wind tunnels. This type of research allowed to relatively fast obtaining results that can be used to evaluation of the accepted structural layout of tested object and verification of aerodynamic numerical analyzes results. Moreover, it should be noted that rapid growth of computing power and development of microelectronics made it possible to simulate a lot of phenomena appearing during flow of fluid around objects using computational fluid dynamics (CFD) methods. During aerodynamic numerical analyzes of the airplane the quantitative and qualitative results were obtained. A results from the numerical-experimental aerodynamic analyzes were used to prepare the input data for the static and dynamic stability numerical analysis. Performing a numerical analysis of airplane controllability and flight equilibrium conditions, a solution of a full system of non-linear equilibrium equations was obtained. Moreover, as a result of solving the system of airplane movement dynamic equations, damping coefficients and frequencies values of basic dynamic modes of rigid airplane were obtained. The final stage of the airplane static and dynamic stability analysis were flight tests of scaled model.

The results of performed research confirm that the airplane static and dynamic stability analysis is a design process phase that allows much more efficient aerodynamic optimization of an object layout, taking into account the design assumptions. In addition, results obtained during research on the airplane scaled model dynamic behavior can be extrapolated to full-scale airplane by using similarity theory. To sum up, newly designed aircrafts will be characterized by high quality and performance parameters due to using the results of this analysis. Moreover, the presented analysis, which is the subject of this doctoral dissertation, can be used to determine the static and dynamic stability of currently operated aircrafts.

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
nt. „Analiza stateczności statycznej i dynamicznej samolotu
z wykorzystaniem modeli skalowanych”

Autor: mjr mgr inż. Łukasz Kiskowskiak

Promotor: prof. dr hab. inż. Aleksander Olejnik

W pracy podjęto próbę oceny przydatności numerycznych i doświadczalnych badań aerodynamicznych oraz badań w locie z wykorzystaniem modeli skalowanych na potrzeby analizy stateczności statycznej i dynamicznej samolotu.

Jednym z etapów przeprowadzonej analizy stateczności statków powietrznych były badania doświadczalne modeli skalowanych w tunelach aerodynamicznych. Ten typ badań umożliwił stosunkowo szybkie uzyskanie wyników pozwalających na ocenę przyjętego układu konstrukcyjnego badanego obiektu oraz weryfikację wyników uzyskanych przy pomocy aerodynamicznych analiz numerycznych. Jednocześnie należy zaznaczyć, że dynamiczny wzrost mocy obliczeniowej komputerów oraz rozwój techniki mikroprocesorowej umożliwił symulacje metodami Obliczeniowej Mechaniki Płynów (Computational Fluid Dynamics) wielu zjawisk zachodzących w trakcie opływu ciał płynami. Dzięki przeprowadzeniu numerycznych analiz aerodynamicznych samolotu uzyskano wyniki zarówno o charakterze ilościowym jak i jakościowym. Wyniki z numeryczno-doświadczalnych analiz aerodynamicznych posłużyły do przygotowania danych wejściowych do numerycznej analizy stateczności statycznej i dynamicznej. Wykonując analizę numeryczną sterowności i równowagi samolotu otrzymano rozwiązanie nieliniowego pełnego układu równań równowagi. Natomiast w wyniku rozwiązania układu dynamicznych równań ruchu samolotu uzyskano wartości współczynników tłumienia i częstości podstawowych postaci naturalnych drgań sztywnego samolotu. Końcowym etapem analizy stateczności statycznej i dynamicznej samolotu były próby w locie modelu skalowanego.

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają, że analiza stateczności statycznej i dynamicznej statku powietrznego jest fazą procesu projektowania, która umożliwiła znacznie efektywniejsze wykonanie optymalizacji aerodynamicznej konstrukcji z uwzględnieniem założeń projektowych. Ponadto wyniki uzyskane w trakcie badań dynamicznego zachowania skalowanego modelu samolotu mogą być ekstrapolowane na samolot pełnoskalowy poprzez wykorzystanie teorii podobieństwa. Podsumowując, dzięki wykorzystaniu wyników tej analizy nowo projektowane statki powietrzne odznaczać się będą wysokimi parametrami jakościowymi i osiągowymi. Ponadto przedstawiona w pracy analiza będąca tematem rozprawy doktorskiej może zostać wykorzystana w celu określenia stateczności statycznej i dynamicznej obecnie eksploatowanych statków powietrznych.