

Komputerowe wspomaganie procesu projektowania i obliczeń układów obciążających do prób statycznych statków powietrznych

Computer aided design and calculation of raffle-trees for full scale static tests of aircrafts

STANISŁAW KACHEL
LECH JARZĘBIŃSKI
TOMASZ ŁĄCKI *

Materiały z XX SKWPIE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.138

W pracy przedstawiono sposób wykorzystania systemów CAD i oprogramowania MS Excel do wspomaganie procesu projektowania układów wprowadzających obciążenia w konstrukcje samolotów podczas realizacji prób statycznych. Omówiono możliwości, jakie uzyskano dzięki częściowej automatyzacji procesu projektowania. Zaprezentowano układy wykonane na podstawie takiego procesu.

SŁOWA KLUCZOWE: metody kombinatoryczno-cykliczne, dokładność CMM

In the paper computer aided design and calculation process was described. Siemens NX and MS Excell software were used to improve design of the raffle trees for full scale static tests. Benefits from automation of the design process were discussed. Manufactured raffle trees assembly was presented on the plane during preparation for the test.
KEYWORDS: combinatorial-cyclic method, CMM accuracy

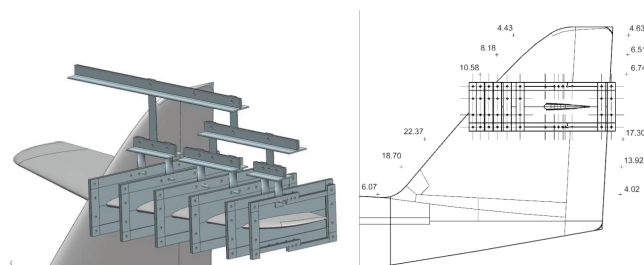
Dowodowe próby statyczne stanowią bardzo istotną część procesu projektowania samolotu przed wdrożeniem do produkcji i sprzedaży. Pozytywne przejście wszystkich prób wymiarujących zespoły konstrukcyjne samolotu i cały samolot jest warunkiem uzyskania pozwolenia na wykonanie lotów dla egzemplarza prototypowego, a tym samym otwarcie procesu prób w locie. Zaliczenie prób przewidzianych programem prób statycznych jest też podstawą do ubiegania się o certyfikat typu, co pozwala na komercyjną sprzedaż samolotu.

Ze względu na dużą pracochłonność związaną przygotowaniem pojedynczej próby, proces wykonania prób statycznych jest kosztowny i czasochłonny. Wpływ na to mają: układy obciążające, które dla każdej próby muszą zostać zaprojektowane indywidualnie, oraz proces wykonania dźwigni i cięgieł i następujący po nim proces montażu. Organizacja próby musi

uwzględniać przygotowanie i regulację układu hydraulicznego oraz próbne obciążenia niewielkimi siłami. W pracy przedstawiono metodykę projektowania układów obciążających na przykładzie jednej z prób samolotu bezałogowego przedstawionego na rys. 1.

Projektowanie układów w systemie CAD – Siemens NX

Układy dźwigniowe stanowią układy mechaniczne budowane z belek i cięgieł. Ich konstrukcja powinna pozwalać na wprowadzenie obciążenia w strukturę płatowca zgodnie z arkuszem sił przedstawionym w programie prób wytrzymałościowych dla badanego samolotu. Układ obciążający należy zaprojektować tak, by nie uległ zniszczeniu podczas wykonania próby oraz pozwalał na realizację próby do poziomu obciążeń niszczących lub większych w przypadku prób określanych mianem „do zniszczenia”. Zapewnienie tych wymagań stanowi podstawę poprawnego wykonania próby.

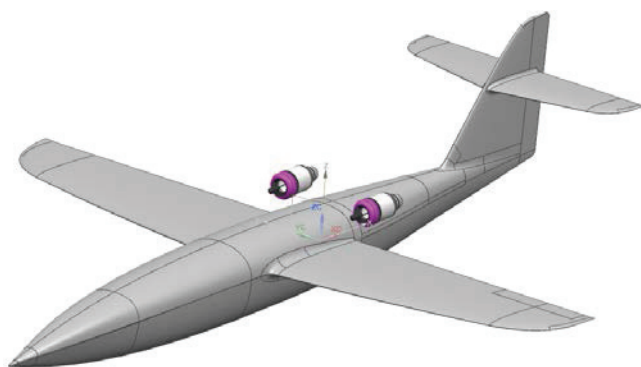


Rys. 2. Po lewej – przykładowy układ obciążający (próba usterzenia pionowego), po prawej – przykładowy arkusz próby

Skomplikowane układy aerodynamiczne, ograniczenia wynikające z cienkościerności struktur (brak możliwości przyłożenia siły skupionej do struktury), skomplikowane programy prób (zwłaszcza prób niesymetrycznych) oraz ograniczona przestrzeń na stanowisku wykonania próby to niektóre czynniki nakładające dodatkowe ograniczenia na projektowany układ obciążający. Aby ograniczyć liczbę pomyłek, do projektowania wykorzystano system Siemens NX, obliczenia projektowe oraz wytrzymałościowe wykonano w programie MS Excel.

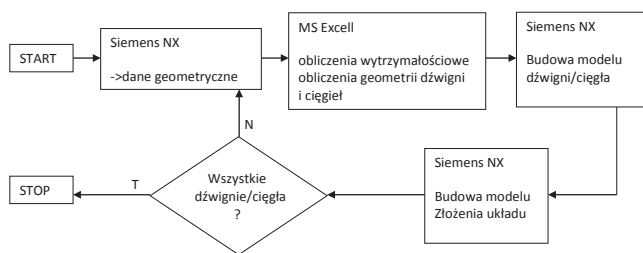
W systemie Siemens NX utworzono złożenie, którego podstawę stanowiła geometria badanego samolotu wraz z zaznaczonymi punktami wprowadzania obciążenia. Pozostałe elementy złożenia, dźwignie i cięgiła były uzupełniane po przeprowadzeniu procesu obliczeń w programie Excel. Schemat projektowania pojedynczej dźwigni przedstawiono na rys. 4.

W systemie Siemens NX wyznaczano odległości między punktami, do których miała być przyłożona siła. Dane geometryczne wpisywane były do arkusza kalkulacyjnego Excel, gdzie wykonywano obliczenia projektowe i wytrzymałościowe. Po doborze odpowiedniego profilu i długości wykonywano



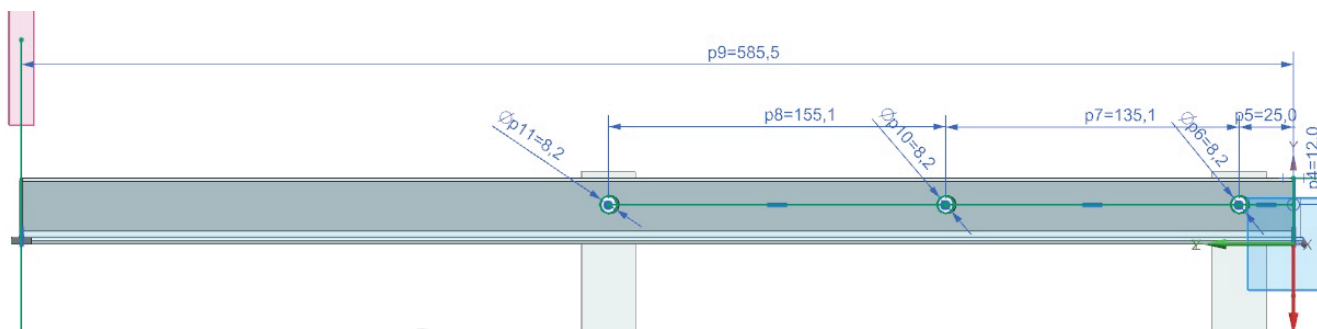
Rys. 1. Geometria samolotu – przedmiot próby [1]

* Dr hab. inż. Stanisław Kachel (stanislaw.kachel@wat.edu.pl); dr inż. Lech Jarzębiński (l.jarzebinski@chello.pl); mgr inż. Tomasz Łącki (tomasz.lacki@wat.edu.pl) – Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki i Lotnictwa

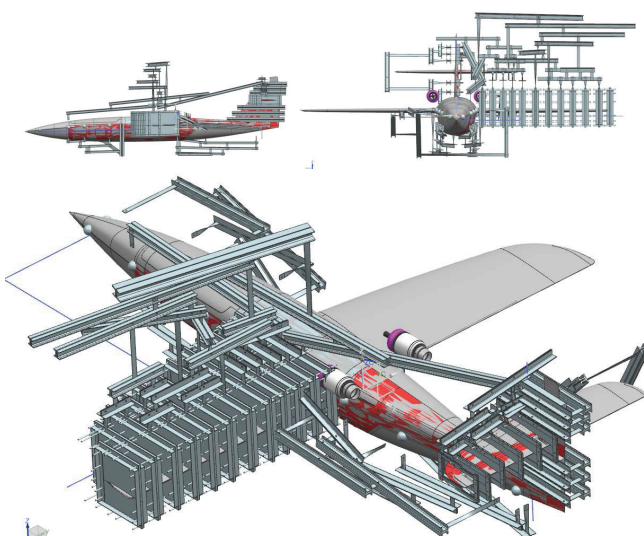


Rys. 3. Schemat budowy modelu układu do prób

był model dźwigni lub cięgieł, o który uzupełniano złożenie (rys. 3). Cykl projektowania i rysowania powtarzano tak długo, aż uzyskano ostatnią, zbiorczą dźwignię, do której podłączany był siłownik. Równoległe z procesem obliczeniowym tworzona była lista dźwigni i cięgieł do wykonania na potrzeby realizacji próby. Przygotowano parametryczne wzorce dźwigni i cięgieł z różnych profili. Zmiana parametrów geometrycznych pozwalała na rysowanie nowego elementu, zgodnie z wartościami wyliczonymi w MS Excel.



Rys. 4. Przykładowy rysunek dźwigni



Rys. 5. Model złożenia wszystkich układów do jednej próby

Algorytm opisany funkcjami MS Excel dodatkowo uwzględnia ciężar układu wprowadzającego obciążenie i wyważenie układu wraz z masą cięgieł. Układ wprowadzający obciążenie dla samolotu o masie 1700 kg może dojść do 1000 kg. Nieuwzględnienie takiej masy prowadziłoby do dużego błędu i w efekcie próba mogłaby nie zostać zaakceptowana przez władze lotnicze. Podobnie w przypadku wyważenia – momenty od sił masowych powodują powstanie dodatkowych sił w układzie obciążającym, pominięcie wyważenia prowadzi do zmiany rozkładu sił, w efekcie czego siły przyłożone do struktury nie pokrywają się z wartościami przyjętymi w programie prób wytrzymałościowych.

W obliczeniach pominięto masę elementów złącznych, śrub i sworzni jako nieistotną w stosunku do masy całego układu.

Kompletny układ dla przedstawionego przykładu składał się z układów obciążających:

- lewą stronę kadłuba (układ niesymetryczny),
- prawą stronę kadłuba (układ niesymetryczny),
- kadłub w bok,
- usterzenie poziome,
- usterzenie pionowe (próba odpowiadająca warunkom ślizgu 15° przy prędkości V_A),
- skrzydła (układ symetryczny, siły na skrzydłach niesymetryczne).

Model złożenia układów przedstawiono na rys. 5.

Przykład realizacji próby

Po wykonaniu wszystkich niezbędnych obliczeń – listy dźwigni i cięgieł przekazywane są do wykonania. Każda dźwignia jest kontrolowana na zgodność z projektem. Nieumyślna, przypadkowa zmiana kierunku wyważenia może prowadzić do zmiany rozkładu sił na skutek dodatkowych sił od momentu od sił masowych.

Pomyłki związane z niezachowaniem właściwych ramion dźwigni, prowadzą do tej samej sytuacji.

Montaż dźwigni odbywa się na podstawie rysunku montażowego i również podlega ścisłej kontroli. Zmiana kierunku dźwigni mogłaby doprowadzić do przesunięcia wypadkowej (w efekcie zmiany rozkładu sił na przedmiocie próby i niezgodności z programem prób). Zmiana położenia wypadkowej siły pomimo zachowania tej samej wartości wywoła zmianę momentu zginającego i/lub skręcającego, co spowoduje niezamierzony wzrost momentu, czego efektem może być zniszczenie przedmiotu próby poniżej oczekiwanego poziomu obciążenia.

Wnioski

Półautomatyczne podejście do zagadnienia projektowania układów do prób pozwala na minimalizację błędów w projektowanych układach. Wykorzystując trójwymiarowe złożenie, można uwzględnić przenikanie dźwigni – miejsca, w których zbyt duża gabarytowo dźwignia koliduje z badanym obiektem, elementami w klatce bądź innymi dźwigniami. Prawidłowo opisane algorytmy obliczeniowe gwarantują wytrzymałość każdej analizowanej dźwigni. Wykorzystanie trójwymiarowych systemów graficznych pozwala na realizację skomplikowanych prób bardziej wiernie odzwierciedlających rzeczywiste obciążenia w locie. Systemy CAD znacznie ułatwiają przygotowanie rysunków płaskich przeznaczonych dla wykonawców elementów układów obciążających, dźwigni i cięgieł oraz osób montujących układy w samolocie.

LITERATURA

1. Szender M. „Geometria samolotu”. MSPn.
2. Szot A., J Zborowski. „Zastosowanie minikomputera do automatyzacji prac projektowych w próbach statycznych konstrukcji lotniczych”. *Prace Instytutu Lotnictwa*. Nr 98 (3/1984): s. 47÷57.
3. Fot. D. Borchuch, P. Stróżewski.