

Podobieństwo dynamiczne samolotów

Badania na modelu są skutecznym sposobem uzyskania informacji o właściwościach obiektu technicznego przed jego zbudowaniem. Teoria podobieństwa umożliwia ścisłą interpretację otrzymanych wyników. W zagadnieniach konstrukcyjnych w ostatnich latach można spotkać się z jeszcze jednym praktycznym zastosowaniem teorii podobieństwa — z amatorską budową zmniejszonych kopii samolotów. Oczywiście zarówno osiągi takiego samolotu, jak też jego stateczność i sterowność mogą być (na ogólnych zasadach) obliczone tymi samymi metodami, które są stosowane do wszystkich samolotów.

TABLICA 1. Zmiana wielkości charakteryzujących model

Wielkość	Prze- licznik	$\lambda = 8$ (podz. 1 : 8)	$\lambda = 2$ (podz. 1 : 2)
Wymiary liniowe	λ^{-1}	1/8	1/2
Powierzchnie	λ^{-2}	1/64	1/4
Objętości, masy, siły	λ^{-3}	1/512	1/8
Momenty	λ^{-4}	1/4096	1/16
Prędkości liniowe	$\lambda^{-1/2}$	1/2,83	1/1,414
Przyspieszenia liniowe	stałe	1	1
Prędkości katowe	$\lambda^{1/2}$	2,83	1,414
Przyspieszenia katowe	λ	8	2
Czas	$\lambda^{-1/2}$	1/2,83	1/1,414
Praca	λ^{-4}	1/4096	1/16
Moc	$\lambda^{-7/2}$	1/1446	1/11,31
Obciążenie powierzchni nośnej	λ^{-1}	1/8	1/2
Obciążenie mocy	$\lambda^{1/2}$	2,83	1,414

W artykule pragniemy jednak przedstawić szybką i łatwą metodę „oceny” pewnych podstawowych właściwości samolotu-kopii, opartą na znajomości właściwości oryginału. Metoda ta pozwala również na zorientowanie się co do spodziewanych zakresów mocy silnika, mas i innych cech konstrukcji.

Podziałkę modelu można oznaczyć jako $1/\lambda$, gdzie λ oznacza krotność zmniejszenia. Wygodnie jest następnie określić wszystkie dalsze wielkości, charakteryzujące model w funkcji λ . Wymiary liniowe L zmieniają się proporcjonalnie do λ^{-1} , co można zapisać jako $L \sim \lambda^{-1}$.

Powierzchnie modelu są proporcjonalne do λ^{-2} , zaś objętość do λ^{-3} , zatem w tym samym stosunku będą również pozostawały masy. Nietrudno zauważyć, że momenty sił będą proporcjonalne do λ^{-4} , zaś momenty bezwładności do λ^{-5} . Jeżeli przyjąć liczbę Frouda za stałą, prędkość V będzie proporcjonalna do $\sqrt{L}$, zatem $V \sim \lambda^{-1/2}$. Ponieważ prędkość jest równa ilorazowi odległości przez czas, zatem czas $t \sim \lambda^{-1/2}$. Pozwala to stwierdzić, że obroty (lub prędkość katowa) $\omega \sim L^{1/2}$, zaś przyspieszenia liniowe

pozostaną bez zmiany (ponieważ $\frac{L}{(V/L)^2} = 1$). Przyspie-

szczenie katowe natomiast zwiększa się proporcjonalnie do krotności zmniejszenia, czyli $\omega \sim \lambda$. Ponieważ praca jest iloczynem siły przez przemieszczenie, stąd $\lambda^{-3} \cdot \lambda^{-1} = \lambda^{-4}$, zaś moc będzie proporcjonalna do $\lambda^{-7/2}$.

Aby wykazać podobieństwo modelu i obiektu naturalnego, można sprawdzić dowolny współczynnik bezwymiarowy (np. C_x — współczynnik siły nośnej albo C_N — współczynnik mocy śmigła):

$$C_x = \frac{2Q}{\frac{1}{2} \rho V^2 S} \sim \frac{\lambda^{-3}}{(\lambda^{-1/2})^2 \cdot \lambda^{-1}} = \frac{\lambda^{-3}}{\lambda^{-1}} = 1$$

$$C_N = \frac{N}{\rho \cdot n^3 \cdot D^5} \sim \frac{\lambda^{-7/2}}{\lambda^{3/2} \cdot \lambda^{-5}} = \frac{\lambda^{-7/2}}{\lambda^{-7/2}} = 1$$

Dla ilustracji podane jest zestawienie podstawowych zależności, a także zestawienie wielkości liczbowych dla modeli w podziale 1:8 i 1:2 (tabl. 1). Wielkości te były niejednokrotnie sprawdzane w próbach, przy badaniach modelowych rzeczywistych samolotów.

W budowie zmniejszonych kopii samolotów należy zwrócić uwagę na fakt, że prędkości katowe wzrastają wraz

TABLICA 2. Porównawcze zestawienia charakterystyk technicznych niektórych zmniejszonych kopii samolotów

Samolot	Po- działka	Rozpiętość, m		Masa całkowita, kg		Moc lub ciąg silnika po- jedynczego, kW lub N		Prędkość prze- lotowa, km/h	
		*)	**)	*)	**)	*)	**)	*)	*)
Bonanza F33A	1 : 2	10,21	5,11	1 542	193	210	18,5	282	185
Cesna Centurion	1 : 2	10,97	5,49	1 724	215	221	19,5	275	180
Lake Buccaneer	1 : 2	11,58	5,79	1 220	152	147	12,9	241	145
DC-3	1 : 3	24,38	7,92	11 431	423	882	37,8	333	219
747	1 : 9	59,65	6,58	356 076	488	216 127 N	294 N	957	319
Cesna Citation	1 : 3	13,38	4,54	5 216	193	9 790 N	365 N	644	372
P-51	1 : 2	12,19	6,10	5 262	658	1 265	113,3	582	410
P-51	2 : 3	12,19	7,62	5 262	1 786	1 265	304,5	582	475
T-28	1 : 2	42,19	6,10	3 066	383	588	52,2	306	216
Consolidated PBV	1 : 2,5	31,7	12,7	14 515	930	882	36,8	188	119
„Catalina”									
Consolidated PBV	1 : 3	31,7	10,5	14 515	538	882	18,8	188	109
„Catalina”									

*) Wielkość naturalna, **) wielkość zmniejszona

ze zmniejszeniem wymiarów. Zatem prędkość przechylania modelu, jaka zostanie wywołana tym samym wychyleniem katowym lotek, byłaby dla kopii 1,41 raza większa niż dla samolotu oryginalnego (przy podziale 1:2). To samo zresztą dotyczyłoby także prędkości względem osi poprzecznej samolotu, wywołanej ruchem drążka od i na siebie. Jeśli zatem oryginalny samolot jest np. myśliwcem o dobrej sterowności, jego zmniejszona kopia może stać się samolotem wręcz trudnym, a na pewno będzie wymagać większych kwalifikacji pilotażowych niż kwalifikacje budującego ją amatora...

Oczywiście istnieje wiele możliwości zapobieżenia tym właściwościom modelu, m.in. większe powierzchnie stateczników, mniejsze powierzchnie sterów oraz wznios. Takie zmiany powodują jednak zmniejszenie sił na sterownikach, co z kolei musi być skompensowane zmianą stosunku powierzchni wyważającej do powierzchni steru. Te wszystkie okoliczności muszą być brane pod uwagę przy budowie zmniejszonych kopii samolotów oraz przy korzystaniu z badań modelowych.

Na podstawie art. T. M. Purcell „Scale Aircraft Factors”, Sport Aviation, September 1981 opracował A. K.

EO/23/K/82

LITERATURA

- E. G. STOUT: Modelling of High Speed Water Based Aircraft. Journal of the Aeronautical Sciences, August 1950.