

УДК 629.7.02

АВТОМОДЕЛЬНОСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ПЛОСКИМ ЭКРАНИРОВАННЫМ КРЫЛОМ

Герасимов С.А.

Ростовский-на-Дону государственный университет, Ростов-на-Дону

Подробная информация об авторах размещена на сайте

«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

Для двух моделей дискового летательного аппарата, все размеры которых отличаются более чем в два раза, измерена подъемная сила, создаваемая радиальным обдувом плоского крыла. Установлено правило подобия для дисковых летательных аппаратов.

Автомодельность – свойство той или иной задачи, позволяющее устанавливать соответствие геометрических и динамических параметров модели аналогичным величинам, характеризующим реальное устройство, размеры которого отвечают заданным целям и условиям эксплуатации. По существу, автомодельность задачи позволяет ответить на вопрос: как изменятся динамические параметры системы при пропорциональном изменении всех ее размеров? Основными динамическими параметрами аэромеханики являются подъемная сила и сила сопротивления среды. Если же речь идет о создании принципиально нового аэродинамического устройства, каким является дисковый летательный аппарат [1], вопрос об автомодельности становится чрезвычайно актуальным. В противном случае, утверждения о возможности получения значительной подъемной силы при разумных параметрах двигателя, создающего обдув кольцевого крыла, кажутся мало обоснованными [2]. Простых рассуждений и ссылок на закон Бернулли здесь недостаточно. Дело в том, что причина возникновения такой большой подъемной силы до конца не понятна. Поэтому речь может идти лишь об экспериментальном исследовании автомодельности.

Летательный аппарат представляет собой кольцевое крыло 1 диаметром D , на расстоянии h от которого установлен экран 2 диаметром $d=2D/3$ (рисунок 1). Внутренний диаметр экрана $c=0.2D$ совпадает с диаметром центробежного шестилопастного воздушного винта 3, вра-

щающегося с угловой скоростью ω . Высота каждой лопасти $b=0.075D$, ее ширина – $a=0.075D$. Такие относительные размеры экрана выбраны не случайно, при них подъемная сила имеет максимальное значение [3].

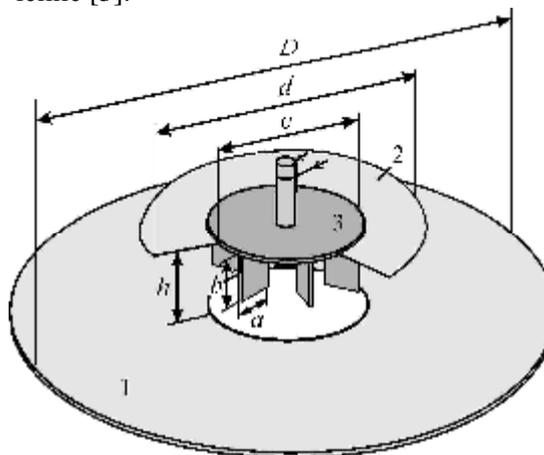


Рис. 1. Дисковый летательный аппарат с плоским кольцевым крылом.

Считается, что аэродинамическая автомодельность должна описываться соотношением [4]:

$$\frac{F}{rv^2S} = f\left(\frac{rvS^{1/2}}{m}\right), \quad (1)$$

где F – подъемная сила, v – скорость воздуха относительно тела с площадью сечения S , ρ – плотность воздуха, μ – его вязкость, $f(\text{Re})$ – некоторая функция числа Рейнольдса. В данной задаче скорость воздуха пропорциональна $\omega c/2$, а в качестве площади сечения можно взять квадрат характерного размера устройства D . По-

сколько соотношение между размерами при изучении автомодельности меняться не должно, то выражение (1) приобретает вид:

$$\frac{F}{rw^2D^4} = f\left(\frac{r\omega D^2}{m}\right). \quad (2)$$

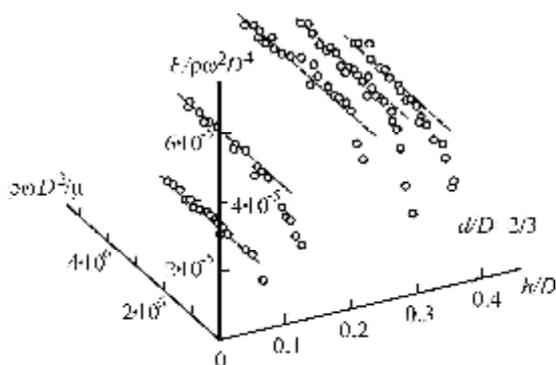


Рис. 2. Зависимость приведенной подъемной силы от числа Рейнольдса и величины зазора между плоским крылом и экраном. Точки – экспериментальные результаты, штриховые линии демонстрируют независимость приведенной подъемной силы от числа Рейнольдса при больших частотах вращения воздушного винта.

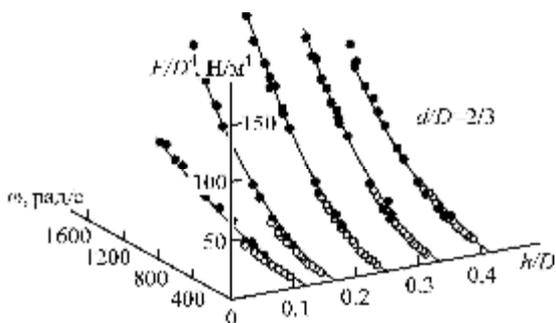


Рис. 3. Автомодельность плоского экранированного кольцевого крыла. Точки (o) – экспериментальные значения подъемной силы для большого ($D=0.3\text{ м}$) крыла, • – тоже для $D=0.12\text{ м}$; сплошные кривые – зависимости $F-\omega^2$.

Наиболее точными являются измерения “большой” системы, создающей существенную подъемную силу. Для нее

($D=0,3\text{ м}$) экспериментальная зависимость, измеренная при различных расстояниях h между крылом и экраном, показана на рис. 2.

Из приведенных на рис. 2 результатов следуют два важных результата. Во-первых, при малых числах Рейнольдса подъемная сила пропорциональна скорее v^3 , чем v^2 . Наибольшая подъемная сила возникает при больших скоростях вращения, при которых приведенная сила $F/\rho\omega^2D^4$ не зависит от числа Рейнольдса, то есть является постоянной величиной, зависящей только от соотношения между геометрическими параметрами системы. Это второй вывод. Из него следует, что величина F/D^4 должна быть при больших частотах вращения пропорциональна квадрату скорости вращения, а константа пропорциональности должна зависеть только от таких величин, как h/D или d/D . Если так, то автомодельность летательного аппарата с кольцевым крылом при больших частотах вращения воздушного винта должна описываться соотношением:

$$\frac{F}{w^2D^4} = \text{const}. \quad (3)$$

То есть, увеличение при неизменной частоте вращения всех размеров системы, скажем, в 100 раз должно привести к увеличению подъемной силы в сто миллионов раз, а увеличение размеров всего лишь в два с половиной раза, как ожидается, вызовет увеличение подъемной силы почти в 40 раз. Сохранить неизменной частоту вращения, исследуя две геометрически подобные, но отличающиеся размерами системы, – достаточно трудная задача. Именно по этой причине следует сравнивать зависимости отношения F/D^4 от частоты ω , измеренные для двух или нескольких геометрически подобных моделей летательного аппарата. Такое сравнение приведено на рис. 3 для двух моделей, размеры которых отличаются в два с половиной раза. Результат очевиден: оснований для подозрений в нарушении скейлинга (автомодельности) пока нет. А это имеет далеко идущие последствия. Максимальное экспериментальное значение отношения F/D^4 составляет 151.2 Н/м^4 . Это означает, что дисковый летательный аппарат

диаметром 3 м способен поднять груз массой $151.2[\text{кг}/\text{с}^2\text{м}^3] \cdot 81[\text{м}^4]/9.8[\text{м}/\text{с}^2] \approx 1250\text{кг}$. При этом правда, воздушный винт диаметром 60 см должен совершать 250 оборотов в секунду. Без ссылки на автотельность такая величина подъемной силы могла показаться не реальной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Герасимов С.А. Подъемная сила плоского кольцевого крыла. // Естествен-

ные и технические науки. 2006. № 3. С. 123-126.

2. Блин Е. Четвертый способ. // Авиация общего назначения. 2002. № 12. С. 19-24.

3. Герасимов С.А. Дисклет: четыре принципа и четыре эксперимента. // Инженер. 2006. № 11. С. 6-8.

4. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. 1. – М.: “Лань”. 2004. – 528 с.

SELF-SIMILARITY OF FLYING VEHICLE WITH PLANE SCREENED WING

Gerasimov S.A.

Rostov-on-Don State University, Rostov-on-Don

The lift force created by the radial air-flow of a plane wing is measured for two models of the disk flying vehicle all dimensions of which differ more than two times. A rule of similarity is established for the disk flying vehicles.