

Рис.2. Легкий маневренный истребитель МиГ-29 в аэродинамической трубе

чае расчленив сопротивление на отдельные части не удастся – в слишком плотный клубок сплетены различные эффекты, сопутствующие обтеканию тел. Тем не менее, именно Ньютон впервые установил, что сила сопротивления движущегося со скоростью  $v$  шара прямо пропорциональна его площади поперечного сечения  $S$  и плотности жидкости  $\rho$ :

$$F = C_x \frac{\rho v^2}{2} S,$$

где  $C_x$  – коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом сопротивления.

А что будет, если несколько изменить условия обтекания? Например, можно телу придать вращение вокруг вертикальной оси. Какой шар быстрее достигнет земной поверхности: вращающийся или не вращающийся? Оказывается, вращающийся – для убедительности можно одновременно сбросить с высоты многоэтажного дома вращающийся и не вращающийся волчки.

Закон о том, что сопротивление тела тем меньше, чем больше скорость его вращения, – качественный. Количественные измерения в таком эксперименте затруднены. И вот почему. В образующемся за телом следе реализуется потеря импульса, порожденная действием силы сопротивления. Течение сохраняет «память» о прошлом – о том, как формировался след раньше.

Если скорость падающего тела на некотором отрезке пути не изменяется, то сила сопротивления тоже оказывается постоянной. А скорость постоянна, если сумма действующих на тело сил равна нулю; значит, сила сопротивления равна силе тяжести. Для одного и того же тела такое равенство достигается в воздухе при гораздо больших высотах падения, чем в воде. Видимо, Ньютон имел в виду эти соображения, когда приступил к опытам с бросанием шаров в воду (которые он проводил в наполненной водой деревянной бочке высотой 4,5 м).

**Воздуходувка Циолковского.** В XIX веке осуществилась

идея о том, что количественные измерения сил сопротивления необходимо проводить в аэродинамических трубах.

Первую в России аэродинамическую трубу непрерывного действия с открытой рабочей частью построил в 1897 году К.Э.Циолковский. Для создания воздуходувки (рис.3) – так он ее называл – Циолковский использовал веялку, лопасти которой крутились вручную. К сожалению, в опытах Циолковского скорости оказались недостаточно большими, чтобы результаты можно было применять для нужд авиации. Однако такая воздуходувка весьма пригодна для малых опытов по исследованию силы сопротивления.

Аэродинамическую трубу можно изготовить и с помощью обычного пылесоса, подключив насадку к его выхлопному отверстию, – в струю воздуха такой «трубы» можно помещать испытываемые модели.

Интересно, что законы сопротивления можно учитывать по-разному. Так, самолет должен иметь малую силу сопротивления, но большую подъемную силу. Парашют, напротив, должен иметь большую силу сопротивления, тормозящую его движение.

Любопытны опыты с телами простейшей геометрии. Например, обдувая струей воздуха (или воды) двугранники с различными углами раствора  $\beta$ , но с одинаковой шириной грани  $l$ , можно обнаружить, что наибольший коэффициент сопротивления имеет не плоская пластина ( $\beta = 0$ ), а двугранник с некоторым отрицательным углом раствора  $\beta$  (рис.4). В связи с этим можно задуматься о придании удлиненным крыльям самолетов обратной V-образности, как показано на рисунке 5 (тогда в плоскости, поперечной к набегающему потоку, течение будет напоминать обтекание того же двугранника с углом  $\beta < 0$ , а подъемная сила крыла – силу сопротивления двугранника). Но это относится уже к большой науке...

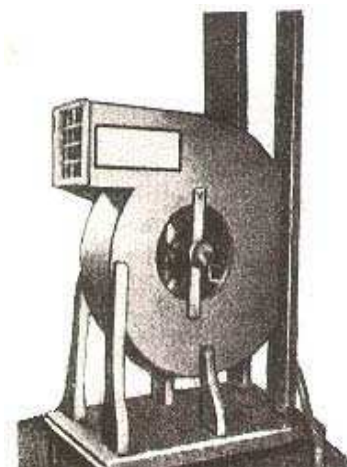


Рис.3. Воздуходувка Циолковского

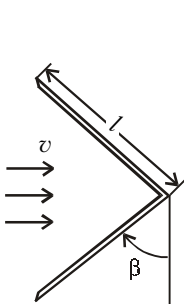


Рис.4. Обтекание воздухом двугранника

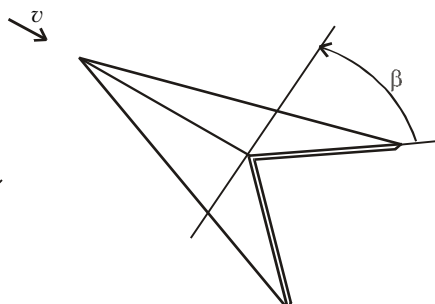


Рис.5. Крыло самолета с обратной V-образностью