

§ 105. Эффект Магнуса

1. Если неподвижный круглый цилиндр обтекается равномерным потоком воздуха, перпендикулярным к его оси, то вследствие симметрии возникает только лобовое сопротивление, но никакой подъемной силы не появляется. Если, однако, цилиндр привести во вращение, то появляется подъемная сила, перпендикулярная к направлению внешнего потока, и цилиндр отклоняется в сторону. Это явление называется *эффектом Магнуса* (1802—1870) по имени ученого, открывшего и исследовавшего его экспериментально. Допустим сначала, что цилиндр только вращается с постоянной скоростью, например, по часовой стрелке (рис. 283). Из-за трения приходит в движение и окружающий воздух. Образуется пограничный слой. Движение в пограничном слое вихревое, оно складывается из потенци-

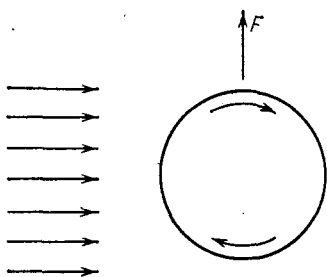


Рис. 283.

ального движения, на которое накладывается вращение. Ввиду того, что скорость воздуха убывает наружу, вращение в пограничном слое происходит против часовой стрелки, т. е. противоположно вращению самого цилиндра. При больших числах Рейнольдса ламинарное движение в пограничном слое неустойчиво (см. § 99) и должно переходить в турбулентное. Но и в турбулентном пограничном слое вращение частиц воздуха в основном должно происходить противоположно направлению вращения цилиндра.

Допустим теперь, что вращающийся цилиндр обдувается равномерным потоком воздуха слева направо. Сверху цилиндра направление потока совпадает с направлением вращения цилиндра, а снизу — противоположно ему. Частицы в пограничном слое сверху цилиндра ускоряются потоком, что препятствует отрыву пограничного слоя. Наоборот, снизу поток тормозит движение в пограничном слое и способствует его отрыву. Отрывающиеся части пограничного слоя уносятся потоком в виде вихрей, в которых направление вращения происходит против часовой стрелки. Вследствие этого вокруг цилиндра возникает циркуляция скорости в противоположном направлении, т. е. в том же направлении, в каком вращается цилиндр. Вместе с циркуляцией появляется и подъемная сила, направленная вверх. При изменении направления вращения цилиндра на противоположное подъемная сила также меняет направление на противоположное. Разумеется, и в этом случае (для бесконечно длинного цилиндра) величина подъемной силы определяется формулой Жуковского — Кутта (104.1).

2. Эффект Магнуса можно продемонстрировать, поместив прямой круглый цилиндр в вертикальном положении на легкую тележку, стоящую на горизонт-

тальных рельсах. Цилиндр приводится во вращение маленьким электромоторчиком и обдувается потоком воздуха. Если поток воздуха направить перпендикулярно к рельсам, то тележка начинает катиться по ним. Тоже происходит, если поток воздуха направлен под углом к рельсам. Можно даже заставить тележку катиться «против ветра» под острым углом. При перемене направления вращения цилиндра тележка катится в противоположную сторону.

Вот другая демонстрация того же эффекта. На легкую картонную катушку наматывается лента, другой конец которой прикрепляется к длинной палке. Катушка кладется в горизонтальном положении на стол. Если быстро дернуть

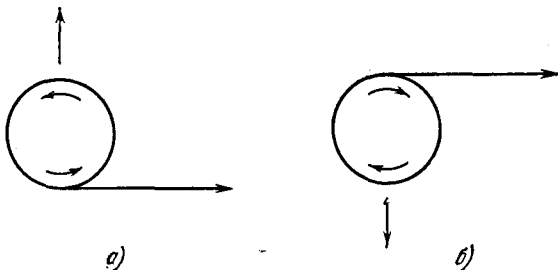


Рис. 284.

за палку, то катушка начинает вращаться и одновременно приобретает горизонтальную скорость. Из-за появляющейся подъемной силы катушка взмывает вверх (рис. 284, а). Если намотать ленту так, как показано на рис. 284, б, то «подъемная сила» изменит направление и будет прижимать катушку к столу.

Бумажный цилиндр, скатившийся с наклонной плоскости, при дальнейшем падении отклоняется назад. Аналогично ведет себя теннисный мяч после «резаного» удара, который сообщает ему вращение. Все эти явления могут служить иллюстрацией эффекта Магнуса.

3. Флеттнер предложил использовать эффект Магнуса для приведения в движение корабля энергией ветра. Вместо парусов он установил цилиндры (роторы), приводимые в быстрое вращение с помощью моторов. На концах цилиндров помещались выступающие круглые диски (как у катушки) для уменьшения вредного засасывания воздуха в область потока с пониженным давлением. Испытания показали техническую пригодность таких роторных кораблей. Однако в экономическом отношении они оказались менее выгодными, чем обычные моторные суда, а потому не получили распространения.