

Автор предлагаемой читателям статьи Джеф Раскин — профессор Калифорнийского университета в Сан-Диего, один из разработчиков компьютера «Macintosh». Он не является ни профессиональным физиком, ни механиком. Тем не менее, статья показалась нам интересным примером того, как неутомимая любознательность и стремление разобраться в явлениях окружающего мира привели автора к необходимости критически изучить колоссальное количество литературных источников, поставить разнообразные простые и остроумные эксперименты и выработать, наконец, свое видение проблемы (хотя и не совсем полное и корректное).

Мы надеемся, что эта статья пробудит у читателей желание провести свои самостоятельные изыскания.

Для знакомства с более последовательными объяснениями физической сущности подъемной силы рекомендуем обратиться, например, к таким книгам: А.Л.Стасенко, «Физика полета» (Библиотечка «Квант», вып.70); С.Э.Хайкин, «Физические основы механики».

Статья перепечатывается (со значительными сокращениями) из журнала «Quantum» (сентябрь/октябрь 1994 г.).

Перевод с английского В.Мещерякова.

Окрыленный эффектом Коанда

ДЖ.РАСКИН

РАЗУМНОЕ объяснение явления «аэродинамической подъемной силы» было достигнуто в течение двух десятилетий после первого полета братьев Райт (под большим влиянием работы Людвиг Прандтля¹), но в элементарных учебниках и популярных статьях даже сегодня наиболее общее объяснение подъемной силы остается неясным. Приведем типичный пример этого.

Рисунок 1 основывается на материале введения в популярную книгу

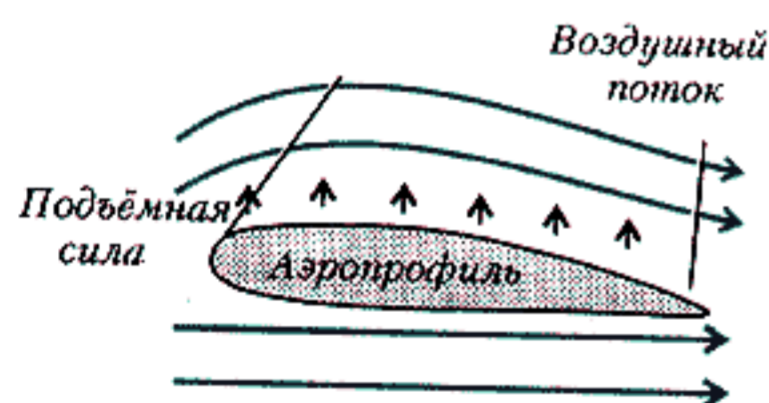


Рис. 1

Д.Макоулея «Особенности работы технических устройств»: «Поперечное сечение крыла имеет форму, называемую аэродинамическим профилем. При движении воздух обтекает крыло. Профиль крыла искривлен так, что

¹ Людвиг Прандтль (1875–1953) — немецкий физик, часто называемый «отцом аэродинамики». Его знаменитая книга по теории крыла была опубликована в 1918г. (Русский перевод под названием «Теория несущего крыла» появился в 1931 г. — Прим. ред.)

поток воздуха, обтекающий крыло сверху, движется быстрее, чем поток воздуха, обтекающий крыло снизу. Быстро движущийся воздух имеет более низкое давление, чем медленно движущийся. Поэтому давление воздуха под крылом более высокое, чем над ним. Эта разность давлений создает силу, которая вынуждает крыло подниматься вверх. Такую силу называют подъемной силой». Данное рассуждение безоговорочно обращается к эффекту Бернулли, который устанавливает, что чем быстрее воздух движется вдоль некоторой поверхности тела, тем ниже его давление на эту поверхность.

Сегодня, когда большинство самолетных крыльев имеет значительно большую кривизну профиля сверху, чем снизу, такому объяснению, казалось бы, можно поверить. Но еще в детстве я обнаружил, что оно сталкивает меня с загадкой: как же тогда самолет может летать верхом вниз (нечто подобное я видел на авиационных шоу)? Когда я пристал с этим вопросом к учителю, он сначала стал отвергать, что самолет может летать перевернутым, а потом попытался продолжить лекцию. Но, когда я, расстроенный, стал доказывать, что такое может быть, он закричал мне: «Заткнитесь, Раскин!». О том, что произошло после этого, я и собираюсь рассказать в этой статье.

Через несколько лет мне удалось уже самостоятельно выполнить некоторые расчеты на основе общепринятого объяснения работы крыла. Используя данные модели самолета, я нашел, что вычисленная подъемная сила составляет только 2% от силы, необходимой для полета модели. Полагая, что уравнение Бернулли является правильным (действительно, оно представляет одну из форм закона сохранения энергии), я столкнулся со второй загадкой: что является основным источником подъемной силы?

Рассмотрим в качестве примера летящий в воздухе вращающийся мяч. Пытаясь разобраться в том, почему искривляется полет мяча и как форма крыла влияет на подъем, мы увидим, как общепринятое объяснение может ввести в заблуждение даже известных ученых.

Вращающийся мяч. Траектория мяча, закрученного вокруг вертикальной оси и движущегося в воздухе, отклоняется вправо или влево от первоначально заданного направления. Опыт показывает, что этот эффект зависит, во-первых, от закрученности мяча и, во-вторых, от наличия среды (воздуха). Незакрученные мячи или закрученные в вакууме движутся по прямой. Но прежде чем продолжить, может вы сами захотите решить, в какую сторону будет отклоняться мяч, закрученный, напри-