

ПОЧЕМУ ДРОЖИТ ОСИНОВЫЙ ЛИСТ?

Т. БАРАБАШ

Всем известна народная поговорка: «Дрожать как осиновый лист». Мне показалось интересным узнать, справедлива ли она. Результатом моих размышлений и стала эта статья.

Листья осины и в самом деле «дрожащие». Небольшое дуновение ветерка — и вся листва на дереве приходит в движение. Да и латинское название осины в переводе на русский язык означает «тополь дрожащий». В чем же причина этого явления?

Черешок осинового листа — длинный, тонкий, закрученный и возле листа сплюснутый с боков — не оказывает почти никакого сопротивления движению листа, а жесткость черешка на изгиб и кручение пренебрежимо мала в отличие от черешков листьев других деревьев (рис. 1.). Поэтому, чтобы понять природу движения реального осинового листа, можно проанализировать поведение простой модели, например — вырезанного из бумаги листа, подвешенного на нити.

Но сначала рассмотрим, как ведет себя твердая пластинка в потоке воздуха. В образовании аэродинамической силы, которая состоит из силы лобового сопротивления и подъемной силы, наиболее важную роль играет понижение давления над пластинкой в ее передней части и повышение давления под ней. В результате точка приложения силы смещается от геометрического центра пластинки к ее переднему краю, что подтверждается экспериментально (рис. 2). Причем при увеличении так называемого угла атаки — угла между вектором скорости потока и плоскостью пластинки — смещение становится все заметнее.

Автор этой статьи Таня Барабаш — школьница, ученица 11 класса лицея № 145 г. Киева.

Вернемся теперь к опыту с бумажным листом. Подвесим на нити лист длиной 15—20 сантиметров и будем перемещать его в воздухе (или поместим перед вентилятором). Мы увидим, что бумажный лист начнет совершать повторяющиеся зигзагообразные или круговые колебательные движения. Попробуем понять, как могут возникнуть такие колебания.

Если плоскость листа развернута по отношению к скорости потока, то точка приложения аэродинамической силы смещена к переднему, по отношению к потоку, краю — положение А на рисунке 3. Эта сила, во-первых, приводит лист в движение (вдоль и поперек потока), а во-вторых, создает вращательный момент, который стремится развернуть лист

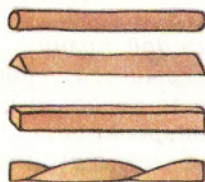


Рис. 1. Возможные формы черешков различных деревьев (внизу — черешок осины).

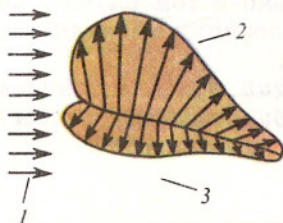


Рис. 2. Возникновение областей пониженного и повышенного давления вокруг пластинки в потоке воздуха (1 — поток воздуха, 2 — область пониженного давления, 3 — область повышенного давления).

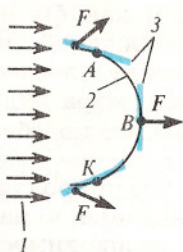


Рис. 3. Изменение точки приложения аэродинамической силы в разных точках траектории бумажного листа (1 — поток воздуха, 2 — траектория движения, 3 — проекция листа).

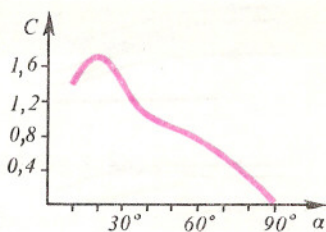


Рис. 4. Зависимость коэффициента подъемной силы от угла атаки.

поперек потока. В некоторой точке В вращательный момент станет равным нулю, но лист, обладая определенной скоростью в этой точке, проскочит ее и окажется в точке К. Возникающая аэродинамическая сила будет стремиться опять вернуть лист в положение В. В результате бумажный лист начнет колебаться.

Все описанное целиком справедливо для листа осины. Листьям же других деревьев не дают двигаться подобным образом их черешки, которые обладают большой жесткостью на изгиб и кручение.

Рассмотрим подъемную силу (т. е. проекцию аэродинамической силы, перпендикулярную скорости потока), с которой ветер действует на плоскую площадку S. Она равна

$$F = C \frac{\rho v_0^2}{2} S,$$

где ρ — плотность среды, в данном случае воздуха ($\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$), v_0 — скорость ветра, C — так называемый коэффициент подъемной силы, зависящий, прежде всего, от угла атаки. Эта формула, с точностью до коэффициента, может быть получена из соображений размерности. Коэффициент C теоретически рассчитать очень трудно, и в большинстве случаев его находят путем «продувки» тела или его модели в аэродинамической трубе.

График зависимости коэффициента подъемной силы от угла атаки приведен на рисунке 4. Причина изменения коэффициента — в поведении воздушных струй на подветренной

стороне. При углах атаки, меньших 15° , на подветренной стороне образуется устойчивый незавихренный поток воздуха. При угле порядка 15° разрежение становится максимальным, и коэффициент достигает максимума. С увеличением угла начинают появляться завихрения, которые усиливаются по мере роста угла (рис. 5). Это приводит к потерям энергии, и коэффициент уменьшается.

Благодаря тому, что черешок осинового листа скручен, сам лист вогнут и напоминает по форме парус. Если сравнить значения коэффициента C для плоской пластинки (обычный лист) и вогнутой поверхности (осиновый лист), то при всех углах атаки коэффициент подъемной силы будет больше для вогнутого листа. При углах, например, 15° силы отличаются в два раза. Эта разница объясняется наличием кривизны. Чем она больше, тем больше сужается поток

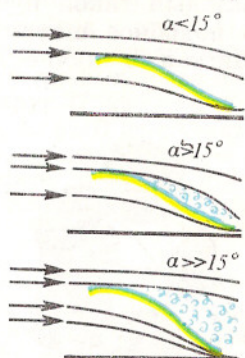


Рис. 5. Характер движения воздушного потока при разных углах атаки.

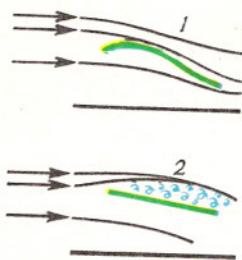


Рис. 6. Характер движения воздушного потока для вогнутого и плоского листа (1 — вогнутая модель, 2 — плоская модель).

и сильнее падает давление. На совершенно плоском листе получить завихренный поток невозможно, так как уже с самого начала происходит отрыв струй (рис. 6). Но чем больше угол атаки, тем менее заметной становится разница в коэффициентах подъемной силы между плоскими и вогнутыми листьями.

На движение листьев осины большое влияние оказывает явление резонанса. Листья осины расположены на ветке так, что каждый лист соприкасается с близлежащими. Так как черешки листьев и сами листья мало отличаются друг от друга, то, подобно двум одинаковым маятникам, подвешенным на одной нити, они приходят в движение, если хотя бы один из них начал колебаться. Колебания соседних листьев усиливают колебания друг друга, достигая значительных амплитуд.

Кроме того, листья осины не распределены по ветке равномерно, а растут пучками по нескольку листьев (рис. 7). Каждый такой пучок образует нечто подобное шатру или парашюту. Листья в пучке касаются

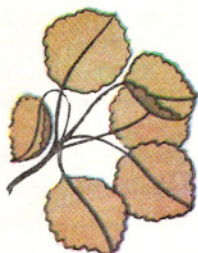


Рис. 7. Ветвь взрослого дерева осины.

друг друга, и как бы ни дул ветер, всегда найдется такой лист, для которого угол между плоскостью листа и направлением ветра будет оптимальным, и он начнет колебаться первым, приводя в движение соседние листья.

Известно, что природа рациональна, и каждое явление в ней обусловлено суровой необходимостью. Так зачем же осине дрожащие листья? Оказывается, причина тому есть.

Для того чтобы молодая осина прижилась, необходима достаточная влажность. Однако гибкая древесина осины склонна к гниению. Почти все взрослые деревья в середине гнилые и поэтому легко ломаются от ветра. Можно предположить, что дрожание листьев, которое увеличивает испарение и вызывает постоянную циркуляцию воды в дереве, — своеобразный метод борьбы с гниением. Подтверждает это и тот факт, что дрожат листья только на взрослом дереве. Молодое развивающееся дерево имеет совсем другие листья, не склонные к дрожанию — ведь молодому дереву гниль не страшна, а наоборот, нужна вода. Листья на молодом дереве сильно отличаются от листьев на взрослых деревьях не только по форме, но и по расположению — они одиночные и рассредоточены по ветке (рис. 8).

Кроме того, дрожание листьев ускоряет процесс фотосинтеза, так как фотосинтез — это фактически газовый обмен со средой. Дрожание листьев отгоняет от них выделившиеся газы. А большая скорость фотосинтеза необходима для быстрой замены старых клеток новыми, что также предохраняет древесину от гниения.



Рис. 8. Ветвь молодой осины.