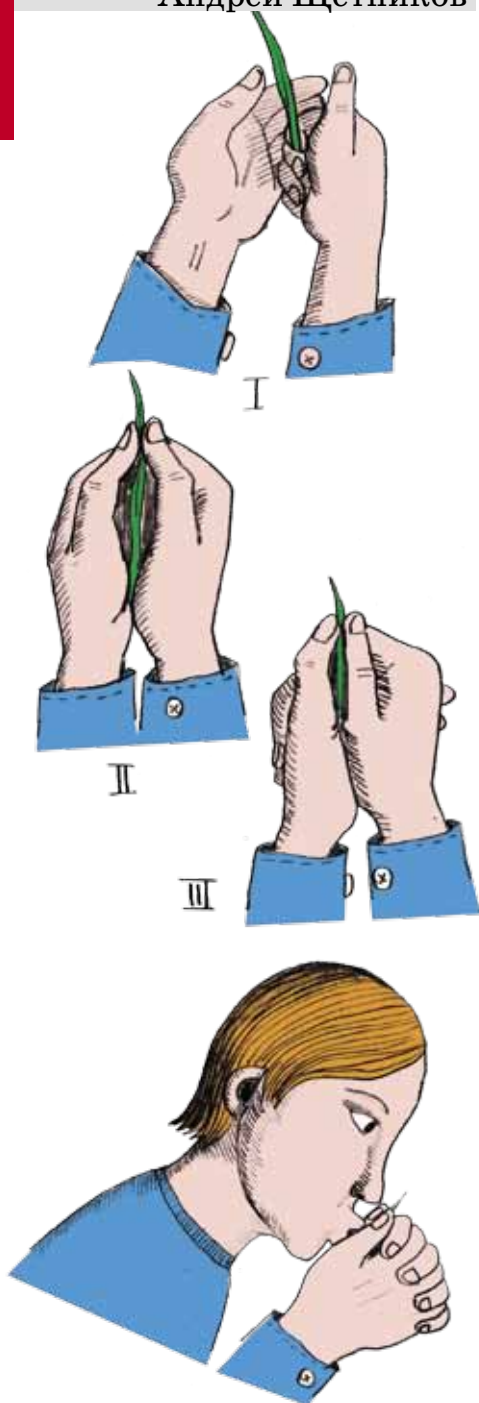


Андрей Щетников

Поющая травинка и ТАКОМСКИЙ МОСТ



Возьмите длинный узкий лист травы, зажмите его между основаниями и концами больших пальцев рук и слегка натяните в этом положении. Поднесите травинку к губам и сильно подуйте на неё: раздается довольно громкий и не слишком мелодичный свист. Если не получается, возьмите травинку за концы и расположите её горизонтально (ребром ко рту). Если сейчас зима, травинку можно заменить бумажной ленточкой.

За этим несложным опытом стоит хорошая физика. Начнём с самого простого вопроса: как травинка создаёт звук? Ещё древние греки понимали: звук обычно получается вследствие удара. Под действием налетающего воздуха травинка совершает колебания, несколько сотен колебаний в секунду*. Эти колебания можно ощутить губами, если прикоснуться ими к травинке, когда она свистит. Травинка колеблется и ударяет по окружающему воздуху, создавая в нём попеременные сгущения и разрежения. Эти сгущения и разрежения распространяются во все стороны в виде звуковой волны, которая достигает наших ушей.

Очевидно, что травинку заставляет колебаться налетающий на неё воздух. Правда, чтобы ветер не просто оттягивал травинку, а именно колебал её, травинка должна поворачиваться туда-сюда, отталкиваясь от потока то одной, то другой своей поверхностью. То есть травинка должна крутиться в разные стороны вокруг своей оси. Но почему она это делает? Ведь если постоянный поток воздуха повернул травинку в какую-то сторону, он же будет препятствовать её возвращению назад, разве не так?

Этот последний вопрос – совсем не простой. Чтобы разобраться с ним, изменим масштаб явления и поговорим о ветровых колебаниях Такомского моста, катастрофа которого произошла в Соединённых Штатах в 1940 году.

Висячие мосты хороши тем, что они позволяют перекрывать большие пролёты без промежуточных опор, а значит, дно под ними может быть весьма глубоким. Их полотно висит обычно на большой

* Замедленную съёмку этих колебаний можно посмотреть на нашем сайте.

высоте, так что под ним могут проходить океанские корабли. Большие висячие мосты современной конструкции впервые начали строить в Северной Америке. В 1937 году в Сан-Франциско был открыт знаменитый мост Золотые Ворота, расстояние между опорами которого составляет 1280 метров.

Аналогичный мост с расстоянием между опорами в 854 метра был построен в 1940 году через пролив Такома Нэрроуз в штате Вашингтон. Конструкцию этого моста вы видите на фотографии; обратите внимание, какая она лёгкая и ажурная.

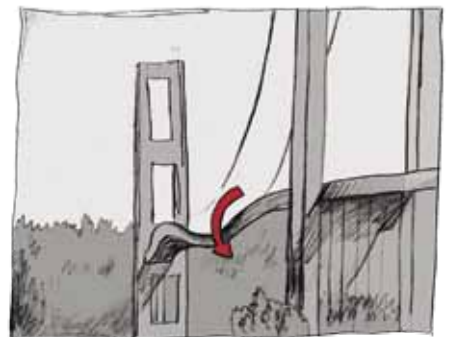
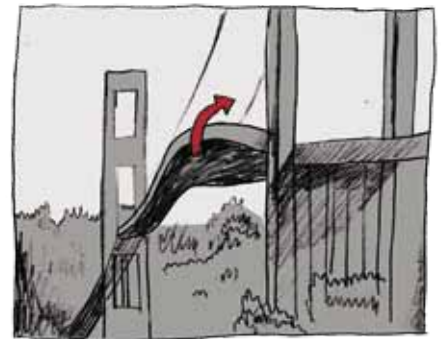
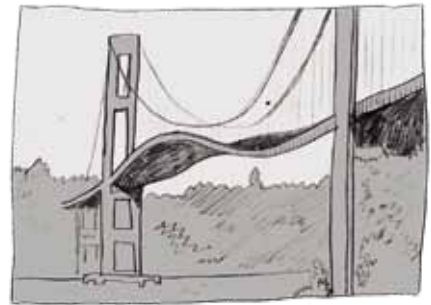


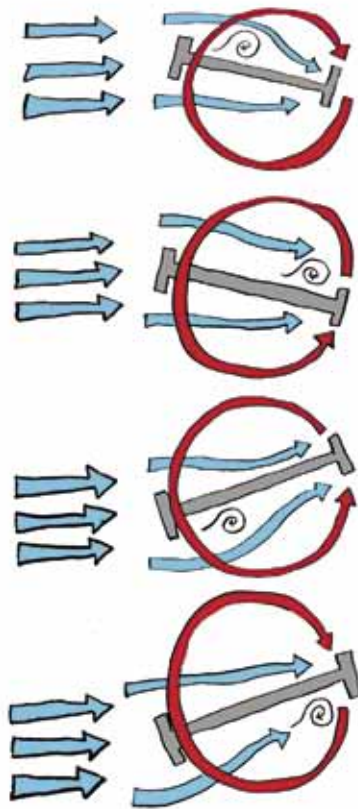
Однако строители заметили, что под порывами ветра мост начинает заметно раскачиваться, хотя тогда этому не придали слишком серьёзного значения.

Катастрофа случилась 7 ноября того же года. В этот день вдоль залива и поперёк моста дул сильный ветер, скорость которого достигала 20 метров в секунду. В 10 часов утра мост начал раскачиваться, причём не совсем обычно: его полотно закручивалось то в одну, то в другую сторону, наклоняясь до 45° к горизонтали.



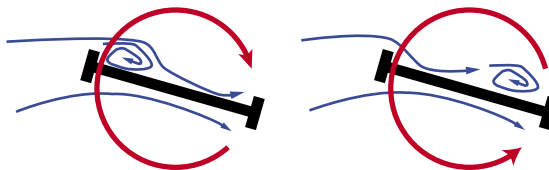
Движение через мост было остановлено. Посреди моста осталась одна машина, водитель которой побоялся вести её дальше, вышел из неё и дошёл по раскачивающемуся полотну до берега. Вышло так, что раскачку моста наблюдал профессор Фредерик Фаркарсон, один из конструкторов моста; и она была





заснята на кинокамеру владельцем местного фотомагазина (поищите этот фильм в Интернете). Через час после начала раскачки конструкция моста ослабла настолько, что начали рваться вертикальные тросы подвеса и всё полотно обрушилось вниз.

Почему дувший поперёк моста ветер вызвал его крутильную раскачку? Инженеры и учёные потратили много усилий на то, чтобы разобраться с этим вопросом: ведь от ответа на него зависела прочность будущих мостов.



Предложенное учёными объяснение связывает раскачку моста не просто с действием постоянного потока ветра, но с периодическим возникновением вихрей. Вот упрощённая картина этого объяснения. Допустим, что под действием потока ветра полотно моста наклонилось по часовой стрелке. Над полотном за его боковой стенкой при этом закручивается воздушный вихрь. Всякий вихрь представляет собой зону пониженного давления – это мы знаем из наблюдений за циклонами и смерчами. Снизу под передней кромкой моста налетающий воздух создаёт повышенное давление, а сверху внутри вихря давление воздуха понижено – поэтому полотно продолжает наклоняться дальше. Однако при достаточно большом угле наклона вихрь начинает сдуваться по ветру к задней кромке полотна. В результате зона пониженного давления перемещается так, что мост останавливается и начинает крутиться против часовой стрелки. Полотно проходит через нейтральное положение, после чего новый вихрь возникает за боковой стенкой уже не над, а под полотном моста. Эти сносы вихрей повторяются раз за разом, раскачивая мост всё сильнее и сильнее.

Напор воздуха скручивает свистящую травинку то в одну, то в другую сторону так же, как и Такомский мост. Поскольку её размеры в несколько тысяч раз меньше размеров моста, частоты колебаний здесь тоже различаются в несколько тысяч раз, так что раскачиваемая вихрями травинка издаёт свистящий звук.