

«Водяная улитка» Архимеда

*Насколько это великолепно,
предоставляю решать тем,
кто это до конца поймет.*

Галилео Галилей

Начальный этап развития физики тесно связан с изобретением различных механизмов, облегчающих труд человека. Пользуясь совершенно примитивными средствами и материалами, познавая из практики в процессе работы основные законы геометрии, механики, гидравлики, ученые еще задолго до нашей эры создавали машины, которые и по сей день поражают нас глубиной конструкторской мысли, остроумием и мастерством исполнения.

Одним из самых выдающихся изобретателей древности был Архимед.

И хотя в настоящее время с его именем связывают прежде всего закон о выталкивающей силе, действующей на тело, погруженное в жидкость, Архимеду принадлежит огромное число хитроумнейших изобретений. И самое выдающееся из них — подъемный винт, который до сих пор так и называется винтом Архимеда. Галилей в одной из своих работ писал, что это изобретение «не только великолепно, но просто чудесно, поскольку мы видим, что вода подымается в винте, непрерывно опускаясь».

И действительно, при первом беглом знакомстве с этим устройством даже трудно себе представить, как может вода, опускаясь по лопасти винта или винтовому каналу, на самом деле подниматься вверх по трубе. В одном из своих сочинений Галилей дает подробное описание принципа действия этой машины, называя ее «водяной улиткой Архимеда». Издали эта машина действительно чем-то напоминает улитку.

Как же работает винт Архимеда? Взгляните на рисунок 1, а.

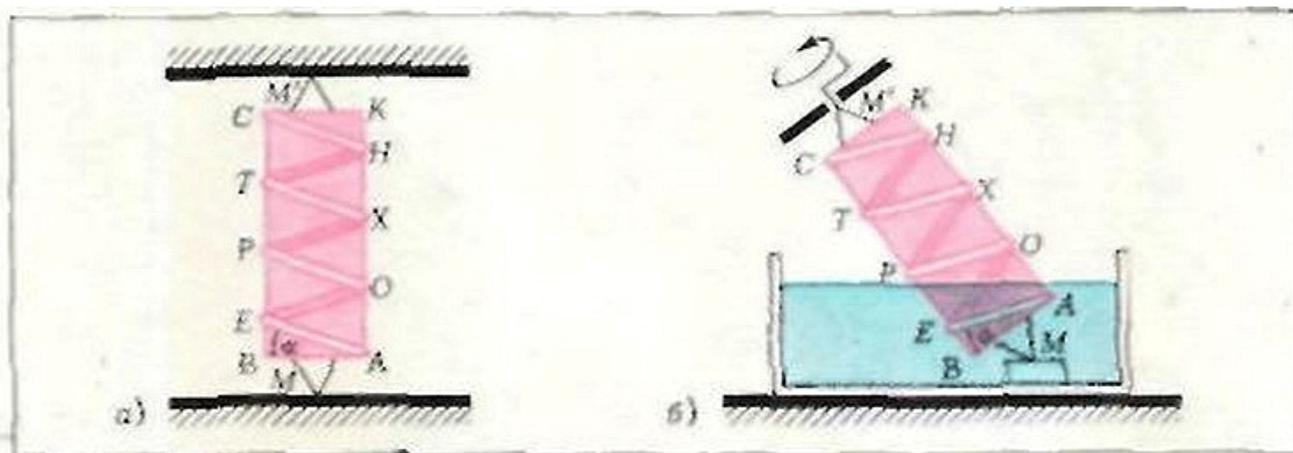


Рис. 1

На нем изображен цилиндр $AKCB$, на боковой поверхности которого сделан винтовой канал $AEOPXTHC$, по которому может, не выливаясь, протекать вода или скатываться шарик. Если опустить конец винтового канала M в воду, наклонить цилиндр так, как показано на рисунке 1,б, и начать вращать его вокруг опор M и M' , то вода потечет по каналу и начнет выливаться из верхнего отверстия C . Как это ни кажется парадоксальным, но вода, начиная двигаться из точки A , все время опускается относительно поверхности винта, и в результате этого поднимается вверх до точки C . Попробуем разобраться, как это происходит. Пусть участок желоба AE составляет угол α с «дном» цилиндра AB . Наклоним цилиндр с желобом на угол, больший α . Тогда вода заполнит участок AE и часть участка EO .

Начнем вращать цилиндр вокруг его оси. Все точки участка AE (кроме точки A) начнут подниматься, в то время как все точки участка EO (кроме точки E) будут опускаться, и вода будет постепенно перемещаться из «затопленного» участка дальше по желобу, опускаясь относительно него вниз и поднимаясь относительно поверхности земли. Это будет происходить потому, что при вращении различные части желоба, последовательно замещая одна другую, будут находиться по отношению к воде в таком же положении, в каком находился участок AE ; поэтому вода начнет опускаться по желобу, но в конце концов окажется, что она поднялась из точки A в точку C .

У некоторых читателей уже, наверное, возник закономерный вопрос: «А не противоречат ли все эти рассуждения закону сохранения энергии, не представляет ли собой этот механизм вечный двигатель?» Действительно, на первый взгляд кажется, что так оно и есть. Мы вращаем колесо, вода стекает по винту, как по наклонной плоскости, под действием собственного веса и выливается из верхнего отверстия. Остается только преобразовать запасаемую водой энергию в энергию вращения самого винта, и вечный двигатель готов!

Если бы эту задачу вам предложили на уроке физики, то, по-видимому, многие из вас сразу же возразили бы, что такое рассуждение противоречит закону сохранения энергии, а некоторые из вас пошли бы в рассуждениях еще дальше и добавили бы, что вода поднимается по желобу за счет энергии, подводимой извне и приводящей винт во вращение, поэтому потенциальная энергия воды всегда будет меньше затрачиваемой на ее подъем работы.

Все это, конечно, верно, но каким образом желоб передает воде подводимую извне энергию? В каких его участках это происходит? Как направлена при этом действующая на воду сила? Попробуйте ответить на эти вопросы сами. Для упрощения рассмотрения движение воды в желобе можно заменить движением шарика по винтовому каналу.

Примитивную модель винта Архимеда легко сделать и в домашних условиях. Возьмите кусок трубы диаметром 3—5 см и длиной 20—30 см или круглый деревянный брусок таких же размеров. Роль желоба может выполнять любая резиновая, полихлорвиниловая (кембрик) или медная трубки диаметром несколько миллиметров (чем больше диаметр, тем лучше и нагляднее будет модель). Очень хорошо, если в вашем распоряжении имеется прозрачная гибкая трубка; тогда движение воды или шарика можно проследить и внутри винта Архимеда.

Сделайте из этой трубки винтовой желоб, обмотав ею выбранный вами цилиндр по винтовой линии, и закрепите концы трубки у верхнего и нижнего оснований этого цилиндра с помощью ниток или проволоки. Вот и все, ваша модель готова к работе. Опустите один конец винта в сосуд с водой и наклоните его на угол, больший угла наклона спирали к основанию цилиндра. Если теперь вращать винт Архимеда так, чтобы казалось, что он как бы ввинчивается в поверхность жидкости, оставляя его при этом на одной и той же высоте, то через несколько оборотов вода потечёт из верхнего конца трубки. Вместо воды можно взять маленький шарик. И если поместить его в нижний конец желоба, то через несколько оборотов винта вокруг его оси шарик выпадет из верхнего конца этого необычного желоба.

Таким же способом можно изготовить и настоящий насос, приводимый в движение, например, от ветряного или какого-либо другого двигателя. По сравнению с поршневыми насосами, пригодными для откачивания только чистой воды, у них есть важное преимущество: они могут откачивать и сильно загрязненную воду. В сравнении же с центробежными насосами Архимедов винт является устаревшим механизмом и совершенно неконкурентоспособен с ними, а поэтому в настоящее время для подъема воды он употребляется очень редко. Отдельные его экземпляры можно встретить еще и до сих пор только в слаборазвитых странах.

Устройство типа Архимедова винта, изображенного на рисунке 1, называемое в технике шнеком (в переводе с немецкого буквально «улитка»), широко используется в различных машинах для перемешивания и смешения сыпучих, жидких и тестообразных материалов. Одной из наиболее распространенных его разновидностей является винтовой ротор обычной мясорубки.