

Михаил Гарбуз

Куда подует ветер,  
туда и облака.  
По руслу протекает  
послушная река.

Но ты, человек, ты  
и сильный, и смелый,  
Своими руками судьбу  
свою делай,

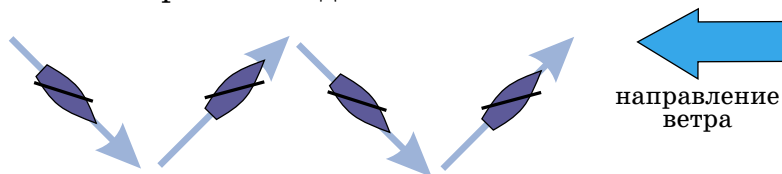
Иди против ветра,  
на месте не стой.  
Пойми, не бывает дороги  
простой!

Песня из кинофильма  
«Приключения Электроника»

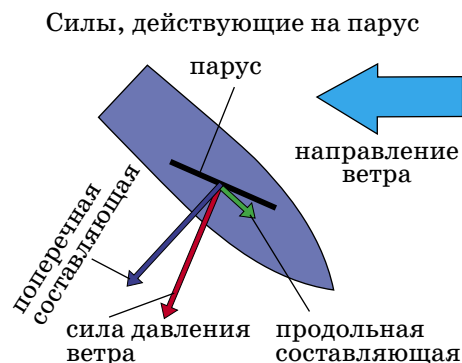
Использовать энергию ветра для движения человечество научилось давно: считается, что люди изобрели парус примерно 5,5 тысяч лет назад. Судя по сохранившимся рисункам и результатам раскопок, впервые начали применять парус египтяне. Практически в исходном виде он дошёл и до наших дней: кусок ткани закрепляется на мачте, ветер «надувает» паруса, давит на них и вызывает движение корабля в некотором направлении.

Если ветер попутный или почти совпадает с направлением движения, то парус ставят перпендикулярно оси корабля. Сила давления ветра перпендикулярна поверхности паруса, поэтому корабль плывёт вперёд.

Но что делать, если ветер дует навстречу желаемому движению? В этом случае можно лавировать галсами, изменяя курс по зигзагообразной траектории. Корабль идёт под острым углом к потоку, а его паруса ориентируют так, чтобы часть давления ветра приходилась по направлению движения.



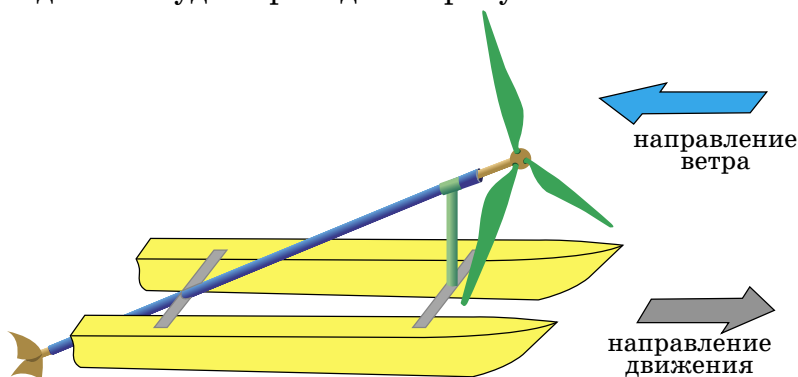
Сила давления ветра раскладывается на продольную и поперечную (относительно корпуса) составляющие. И пока угол паруса относительно ветра таков, что продольная составляющая направлена к носу судна, оно будет двигаться вперёд. (Поперечная составляющая пытается сдвинуть судно «вбок» и компенсируется килевой системой.) Минимальный угол между направлением ветра и курсом обычно составляет  $45^\circ$ . Лишь некоторые спортивные суда могут плыть под более острым углом — до  $20^\circ$ .



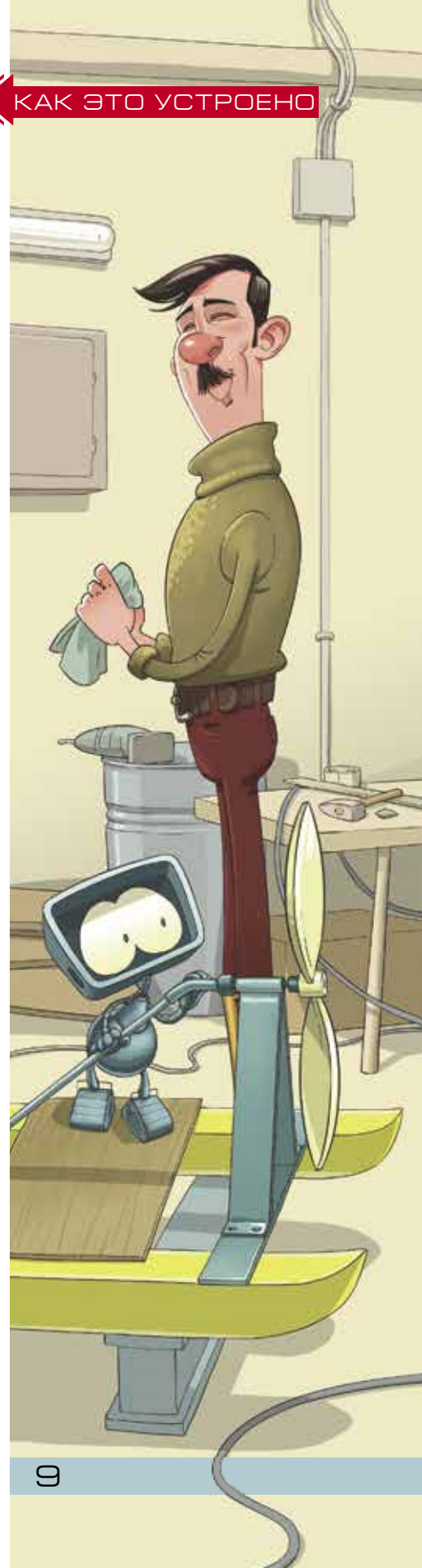
При таком движении судно смещается в сторону относительно желаемого направления, поэтому и приходится ложиться на другой галс, чтобы общее перемещение было направлено в сторону ветра.

А можно ли двигаться строго навстречу ветру? Как и раньше, предполагается, что нет никаких двигателей, нет аккумуляторов, движение должно осуществляться только за счёт механического преобразования энергии ветра. Такой вопрос был поставлен в 70-е годы XX века и разделил учёных на два лагеря: одни утверждали, что движение реализуемо, а другие считали, что оно противоречит физическим законам. Конец этим спорам положило создание прототипа: советские инженеры Б. В. Григорьев и Г. П. Лысенко во время туристического похода в 1975 году построили и испытали модель с ветродвигателем, двигавшуюся по воде строго навстречу ветру. Результаты экспериментов были опубликованы в журнале «Изобретатель и рационализатор» в 1979 году.<sup>1</sup> В 1981 году появились сообщения о яхте «Хобикэт» во Франции, а в 1986 англичанин Джим Уилкинсон опубликовал статью о катамаране «Ревелейшен». Началась уже инженерная гонка – как максимально эффективно использовать энергию ветра в рассматриваемой задаче.

Основная идея движения навстречу ветру – забирать энергию из воздушного потока, а отталкиваться от воды – более плотной среды. Схематический вид подобных судов приведён на рисунке.



<sup>1</sup> Григорьев Б. В., Лысенко Г. П. Обратная связь // Журнал «Изобретатель и рационализатор», 1979, № 11.





Устроен двигатель очень просто: это длинный стержень (вал), на одном конце которого закреплён ветроприёмный пропеллер, а на другом – гребной винт. Вал установлен под наклоном, чтобы гребной винт был полностью погружён в воду, а пропеллер располагался над водой. Набегающий ветер вращает пропеллер, через ось это вращение передаётся на гребной винт, который толкает судно.

Но встречный ветер пытается сместить катамаран назад. С одной стороны, чем больше размер пропеллера, тем больше кинетической энергии будет передано гребному винту и использовано для движения. С другой стороны, большие пропеллеры имеют высокое лобовое сопротивление.

Несколько лет назад в НИИ механики МГУ рассчитали, что максимальная скорость корпуса достигается, если пропеллер больше гребного винта примерно в 5,5 раза. При скорости ветра 10 м/с (36 км/ч) относительно воды построенная экспериментальная модель разгонялась до 2 м/с.

Вы можете сделать такой катамаран своими руками. Подходящие винты можно найти в магазинах радиоуправляемых моделей. Стандартные размеры, близкие к оптимальным: диаметр воздушного пропеллера для квадрокоптера 150 мм, а диаметр гребного винта 30 мм. При покупке стоит обратить внимание, что винты, предназначенные для сред с различной плотностью, отличаются геометрией лопастей. А вот внутри одного класса – воздушных пропеллеров или гребных винтов – винты схожи и можно выбирать любой. В качестве вала и его корпуса можно использовать стандартные тонкостенные трубки, например углеродные или карбоновые, а поплавки катамарана можно сделать из листа пенопропилена.

### **БЫСТРЕЕ ВЕТРА**

В XXI веке история повторилась. Несколько лет назад был представлен ветромобиль «Blackbird», который за счёт энергии ветра движется по направлению ветра, но при этом быстрее, чем дует сам ветер!



На самом деле задача была решена ещё в 1969 году: американский инженер Эндрю Бауэр не только опубликовал статью «Faster than the wind», но и представил прототип, видеозапись движения которого сейчас можно найти по ссылке [kvan.tk/wind1](http://kvan.tk/wind1) в интернете. Однако именно современный ролик [kvan.tk/wind2](http://kvan.tk/wind2) вновь разделил пользователей на два лагеря и породил дискуссию на тему, возможна ли в принципе такая механическая система. Да, возможна, причём в случае ветромобиля «Blackbird» скорость корпуса относительно земли в 2,7 раз превосходила скорость попутного ветра.

Болид «Blackbird» представляет собой тележку с колёсами, на которой установлена мачта с пропеллером. Ось пропеллера механически связана с колёсами.



Вначале болид разгоняется, используя энергию ветра: при этом вращающийся в потоке пропеллер работает как парус (интересно, что воздух толкает этот «парус» почти с такой же силой, как толкал бы круглый парус такого же диаметра). Крутящиеся колёса передают энергию пропеллеру, который отбрасывает воздух назад. Когда скорость ветра почти достигнута, тяга пропеллера продолжает разгонять ветромобиль. И оказывается, что такой болид может двигаться и быстрее ветра! А движение болида в набегающем на него воздушном потоке похоже на движение катамарана из первой части статьи (только катамаран использовал воздух и воду, а болид – воздух и землю).<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Лучше разобраться, как всё это происходит, можно по видеозаписям [kvan.tk/wind3](http://kvan.tk/wind3)

Художник Мария Усеинова

