

Ч. Мархай

**Теория плавания под
парусами**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 656
ББК 39.1
Ч-11

Ч-11 **Ч. Мархай**
Теория плавания под парусами / Ч. Мархай – М.: Книга по Требованию, 2013. –
381 с.

ISBN 978-5-458-53390-4

ISBN 978-5-458-53390-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

О СИЛАХ, ДВИЖЕНИИ И ЯХТАХ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ИЗ МЕХАНИКИ

Прежде чем перейти к рассмотрению вопросов теории плавания под парусами, целесообразно припомнить основные сведения из физики и механики. В дальнейшем это убережет нас от разноречивых, а иногда и ошибочных толкований положений и понятий, на которых построено изложение материала в книге.

СВОЙСТВА СИЛЫ

Если яхта или какое-нибудь другое тело движется с определенной скоростью, мы всегда можем без труда убедиться, что на него действуют какие-то силы. В природе постоянно проявляются причинно-следственные связи, а всякое движение может возникнуть только как следствие воздействия силы.

Чтобы предвидеть результаты действия сил, необходимо знать основные свойства последних. Из опыта мы знаем о существовании больших и малых сил. Значит, силу можно представить как некую величину, которая может быть измерена. В технике за единицу измерения силы принят килограмм, т. е. сила, с которой земля притягивает эталонную металлическую гирю, хранящуюся в Международной палате мер в Париже. Вес этой гири соответствует весу 1 л (т. е. 1000 см³) воды при температуре 4°С.

Вес любого тела — результат притяжения его массы массой земли, другими словами, вес — результат земного притяжения. В механике вес тела обычно принято обозначать силой, приложенной в определенной

точке, называемой центром тяжести этого тела. Центр тяжести однородных тел определяется посредством геометрических построений; например, центр тяжести однородного металлического шара совпадает с его геометрическим центром, а центр тяжести правильной призмы или цилиндра лежит на их оси посередине высоты. Определение центра тяжести яхты требует сложных расчетов по способу Симпсона или трапеций.

Знать положение центра тяжести яхты совершенно необходимо для оценки ее остойчивости, одной из важнейших характеристик яхты. Центр тяжести обладает замечательным свойством: тело, подвешенное или покоящееся в этой точке, находится в положении так называемого безразличного равновесия. Такое тело сохраняет любое произвольно приданное ему положение, не проявляя склонности к его изменению; например, шар, изготовленный из совершенно однородного материала, всегда будет сохранять приданное ему положение, так как центр тяжести его всегда будет находиться точно над точкой опоры.

Величина силы не характеризует ее полностью. Результат действия силы зависит не только от величины, но и от направления действия и точки приложения силы, или, иначе, от линии действия силы. Таким образом, любая сила есть прежде всего величина направленная. Например, сила земного притяжения действует по вертикали, т. е. тело падает перпендикулярно поверхности спокойной воды, а линия действия силы проходит через центр тяжести тела.

В механике принято обозначать величину и направление силы векторами — отрезками прямой линии с тремя характеристиками: величиной, направлением действия и линией действия. Для практических целей полезно строить графики, наглядно показывающие действие сил и облегчающие понимание связи между действием сил и поведением тел, например яхты, на которые они действуют (рис. 1). Кроме векторов силы, применяются векторы скорости и другие, также имеющие направление в пространстве и величину.

Результат действия сил может быть многообразным: например, находящееся в покое тело можно привести в движение, которое будет равномерным или иметь переменную скорость. Движущееся тело в зави-

симости от направления действия силы может изменить скорость и направление движения.

В природе каждое движущееся тело находится под действием по крайней мере двух сил. Лишь в лабораторных условиях удастся получить движение тела под действием только одной силы тяжести — это падение тела под действием собственного веса в вакуумном сосуде. Таких условий свободного падения тел в природе не бывает. В практике движение тел, например яхты, происходит при одновременном действии нескольких сил, и вся трудность механики плавания под парусами состоит в выявлении и рассмотрении результатов действия всех этих сил. Однако установление связи между силами и движением иногда бывает трудным делом. Ведь мы всегда имеем дело с суммарным результатом действия нескольких сил, а надо знать, как действует каждая сила в отдельности. Так, например, давно было известно существование сил трения, но связь между этими силами, смоченной поверхностью корпуса яхты и скоростью хода была установлена относительно недавно. Еще сегодня многие парусники-гонщики не имеют ясного представления о том, насколько сложно, казалось бы простое, движение яхты и как много различных переменных сил вызывают это движение.



Рис. 1

ОБЩИЕ ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ

Элементарная механика основывает свои выводы на основных четырех законах, впервые сформулированных Ньютоном. Для рассмотрения интересующего нас явления — движения яхты и определения условия ее равновесия достаточно знать первый и второй законы Ньютона.

Из первого закона Ньютона, иногда называемого законом инерции, известно, что любое тело, на которое действуют взаимно уравновешивающиеся силы, находится в состоянии покоя или равномерного прямоли-

нейного движения. Простейший пример такого состояния — тело, на которое одновременно действуют две силы, равные по величине, но противоположные по направлению. Очевидно, что, если на тело действуют четыре силы, попарно равные по величине, но также попарно направленные в противоположные стороны, тело будет находиться в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

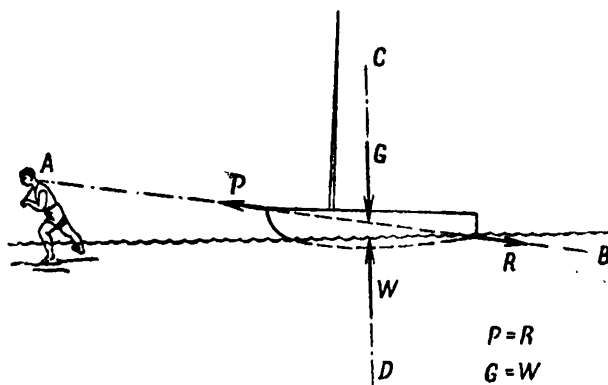


Рис. 2

Теперь рассмотрим пример буксирования яхты (рис. 2). На первый взгляд кажется, что при движении яхты действует только сила P , приложенная к буксирному концу. Однако одновременно с началом движения немедленно начинает действовать сила сопротивления воды R , которую требуется преодолевать. При равномерном движении яхты силы P и R равны по величине и противоположны по направлению. Если эти силы не равны друг другу, движение яхты или замедляется или ускоряется, в зависимости от того, какая из этих двух сил больше.

Путь, пройденный телом при равномерном движении, пропорционален времени, т. е.

$$S = v \cdot t$$

где: S — пройденный путь, м,
 v — скорость движения, м/сек,
 t — время, сек.

На рис. 3 показан график равномерного движения, возможного для яхты при ровном, установившемся ветре и определенном курсе.

На рис. 2 на яхту, кроме сил P и R , действуют еще две силы, расположенные по прямой DC . Одна из них — сила тяжести яхты G , другая — сила плавучести W (сила давления воды на подводную часть корпуса яхты, равная весу вытесняемой яхтой воды). Эти две силы равны и прямо противоположны по направлению. Они постоянно действуют, когда яхта находится на воде, но, уравновешивая друг друга, не могут вызывать движения яхты. Вот еще один пример проявления закона инерции.

Второй закон Ньютона объясняет поведение тела под действием системы неуравновешенных сил. Лучше всего понять этот закон можно на примере действия определенной силы на тело, находящееся в покое. Начиная тянуть за буксирный трос с силой P ; яхта движется по прямой с постепенно возрастающей скоростью от нуля до какой-то определенной величины. В это время движение яхты будет прямолинейно-ускоренным.

Когда сила тяги буксира P равна силе сопротивления воды движению корпуса яхты R , скорость яхты становится постоянной. В нашем примере ускорение движения в первую очередь зависит от величины силы P : чем она больше, тем больше и ускорение. Кроме того, легко заметить, что одна и та же сила, действуя поочередно на различные неодинаковые тела, сообщает им разные ускорения. Следовательно, значение ускорения зависит, с одной стороны, от величины действующей силы и, с другой, от свойства тела, называемого массой. Таким образом, масса тела характеризует его способность сопротивляться действию сил.

Масса тела всегда пропорциональна его весу, но это разные физические понятия. Вес выражает направленную вниз силу, с которой земля притягивает массу

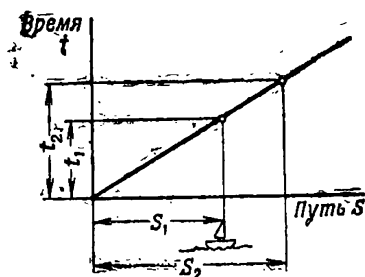


Рис. 3

тела. Вес зависит от величины земного притяжения, меняющегося в разных точках земного шара. Одно и то же тело, взвешенное на полюсе и на экваторе, имеет неодинаковый вес, в то время как масса этого тела осталась неизменной. Отсюда можно сделать вывод, что масса является собственным неизменным свойством тела, не имеющим направленности и не поддающимся графическому выражению.

Второй закон Ньютона гласит: внешняя сила, приложенная к телу с массой m , сообщает ему ускорение в направлении действия силы. Ускорение при этом прямо пропорционально величине силы и обратно пропорционально массе тела. Отсюда:

$$a = \frac{P}{m},$$

где: a — ускорение,
 P — действующая сила,
 m — масса тела,

или

$$P = m \cdot a.$$

Второй закон Ньютона указывает, что ускорение есть неперменный результат действия неуравновешенной системы внешних сил. Там, где возникает ускорение, всегда действуют внешние неуравновешенные силы, и наоборот, когда действуют такие силы, всегда возникает ускорение движения.

Если пройденный путь при равномерном движении пропорционален времени этого движения, то при равномерно-ускоренном движении он уже пропорционален времени, взятому во второй степени:

$$S = a \cdot t^2$$

где: a — ускорение, м/сек²,
 t — время, сек.

При неровном, порывистом ветре возникающие на парусе силы тяги постоянно меняются, в результате чего меняется и скорость хода. В соответствии со вторым законом Ньютона изменение скорости будет зависеть от массы яхты.

Представим графически движение двух яхт с разной массой при кратковременном порыве ветра (рис. 4). Предположим, что две яхты с массами m_1 и m_2 перед шквалом находились в точке O и двигались с равномерной скоростью. Масса m_1 больше массы m_2 . При порыве ветра в промежутке времени t_1 — t_2 сила тяги на парусах обеих яхт увеличилась одинаково и стала равной P . Из предыдущей формулы найдем ускорение первой яхты $a_1 = \frac{P}{m_1}$

и ускорение второй яхты

$$a_2 = \frac{P}{m_2}.$$

Поскольку m_1 больше m_2 , a_1 будет меньше a_2 , т. е. легкая яхта на порывах ветра получит большее ускорение, чем тяжелая.

Следовательно, за это время она пройдет дальше, и ее путь будет равен отрезку OB .

В момент окончания порыва ветра легкая яхта опередит тяжелую на отрезок AB . Последняя будет медленнее разгоняться, но, благодаря большей инерции, после прекращения ветра дольше сохранит свою скорость, чем легкая яхта. Теоретически в положении t_3 обе яхты должны поравняться.

Произведение силы на время действия порыва ветра ($P \cdot t$) называется импульсом силы, а произведение массы на скорость ($m \cdot v$) — количеством движения.

Второй закон Ньютона может быть выражен и иначе: импульс силы равен приращению количества движения, или $P \cdot t = m \cdot \Delta v$, где Δv — приращение скорости яхты в результате порыва ветра.

Количество движения тяжелой яхты будет:

$$m_1 \cdot \Delta v_1 = P \cdot t,$$

а количество движения легкой яхты — $m_2 \cdot \Delta v_2 = P \cdot t$.

Следовательно: $m_1 \cdot \Delta v_1 = m_2 \cdot \Delta v_2$.

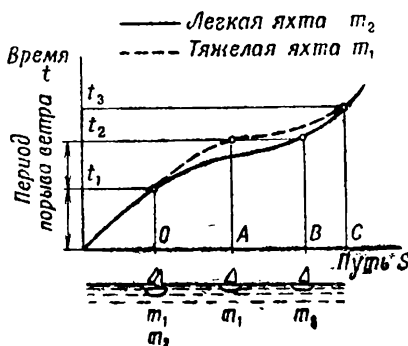


Рис. 4

Таким образом, прирост скоростей будет обратно пропорционален массам этих двух яхт: $\frac{\Delta v_2}{\Delta v_1} = \frac{m_1}{m_2}$.

Парусникам практически отлично известна инерция яхт, которой они пользуются при подходе к месту швартовки с убранными парусами.

Понятие «инерция яхты» на основании второго закона Ньютона можно заменить понятием «количество движения» яхты. Количество движения яхты $m \cdot v$ должно быть затрачено на преодоление сил трения корпуса о воду R (сопротивление воды), действующих определенное время; следовательно:

$$m \cdot v = R \cdot t.$$

Чем больше масса яхты, тем длиннее путь, который она, идя по инерции, должна пройти, чтобы остановиться.

На рис. 5 дан график торможения двух одинаково вооруженных яхт, входящих в порт с одной и той же скоростью; одна яхта — швертбот, другая — килевая. Если отношение масс этих яхт будет равно 1 : 8, то и время потери хода (время торможения) тяжелой яхтой будет в восемь раз больше, чем у швертбота. Тяжелые яхты медленнее берут разбег, но и медленнее теряют скорость.

На волне килевые яхты, как более тяжелые, ведут себя спокойнее, поскольку они менее чувствительны к действию волн. Понятно, что техника управления яхтой в тяжелых и в легких условиях волны и ветра не должна быть одинаковой. Подробнее об этом сказано в следующих главах.

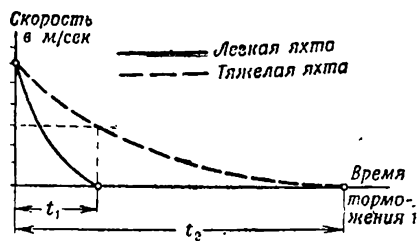


Рис. 5

СЛОЖЕНИЕ И РАЗЛОЖЕНИЕ СИЛ И СКОРОСТЕЙ

Из второго закона Ньютона известно, что каждая действующая на тело сила сообщает ему соответствующее ускорение, независимо от того, какие еще силы

действуют на это тело. Находясь под действием нескольких сил одновременно, тело может получить несколько ускорений, но наблюдатель увидит только одно, являющееся результирующим движением. Представим себе яхту, буксируемую двумя тросами, составляющими какой-то угол с диаметральной плоскостью яхты (рис. 6). Допустим, что силы натяжения обоих тросов одинаковы и равны P . Известно, что яхта под действием этих сил будет двигаться в таком направлении, будто вместо двух сил P , действующих в направлении AB и CD , действует одна результирующая сила W . Величина и направление результирующей двух сил, приложенных в одной точке и имеющих разные направления, определяются как диагональ параллелограмма, построенного на известных силах. Этот способ сложения или разложения сил очень полезен, так как облегчает анализ их взаимодействия.

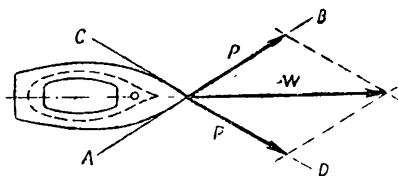


Рис. 6

При разложении силы ее вектор рассматривается как диагональ параллелограмма, стороны которого направлены по линиям действия двух слагающих сил. Например, аэродинамическая сила тяги паруса раскладывается по оси симметрии яхты и перпендикулярно

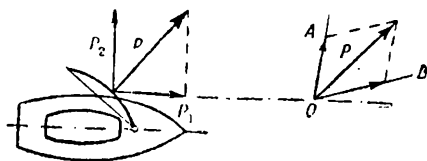


Рис. 7

ему. Очевидно, силу P и любую силу можно разложить на две, действующие в других направлениях, например OA и OB (рис. 7).

Скорости яхт, подобно силам, также могут быть изображены графически в виде векторов, которые можно складывать и раскладывать по правилу параллелограмма.

Представим себе яхту (рис. 8, 1), идущую под действием ветра на парусе со скоростью v , на знак, ко-

торый она должна обогнуть правым бортом. Одновременно яхта движется по течению реки, скорость которого v_n . Действительная скорость яхты определится как результат сложения этих двух скоростей v_w .

Такие случаи часто бывают на практике. Результативную скорость v_w можно разложить на два направления: в направлении цели движения и перпендикулярно ему. Яхта, двигаясь к цели со скоростью v_c , одновременно будет дрейфовать в сторону от нее со

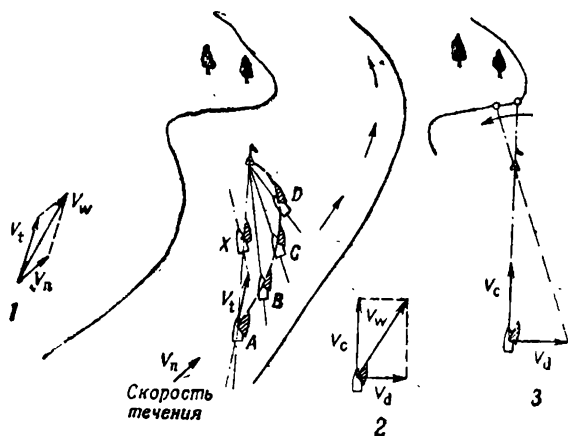


Рис. 8

скоростью v_d (рис. 8, 2). Если неопытный рулевой будет держать курс прямо на цель, т. е. постоянно держать цель на оси яхты, то путь ее будет $ABCD$. Такому рулевому у знака «не хватит высоты», и он потеряет время на контргалс.

Косвенным путем скорость дрейфа можно контролировать, наблюдая за движением поворотного буйа на фоне горизонта (рис. 8, 3). Надо держать такой курс, чтобы буй оставался на одном и том же месте на фоне горизонта: при этом путь яхты к бую будет кратчайшим и наиболее выгодным. Неправильный учет дрейфа может поставить рулевого в очень невыгодное и опасное положение у знака при перемене галса, ведущее к нарушению гоночных правил.