

**Теория паруса**

**Маневрирование под парусами**

# Теория паруса (The theory of sails)

## Аэродинамика паруса

### Какой бывает ветер

Перед тем как рассматривать аэродинамику нам необходимо понять, что же такое ветер.

Ветер – это перемещение воздушных масс из области повышенного давления в область пониженного. Мы будем рассматривать ветер как воздушный поток, дующий с устойчивым направлением и устойчивой силой и скоростью.

Рассмотрим яхту, идущую под двигателем, с какой-то скоростью ( $V$ ), в абсолютное безветрие. Естественно, экипаж яхты будет чувствовать на себе встречный поток воздуха (**ВПВ**) который будет по модулю равен скорости ( $V$ ). И если яхту остановить, то этот поток тоже прекратится.

Теперь наложим на эту систему ветер, который дует с определенного направления для начала под углом 45 градусов к направлению движения, этот ветер будет называться - **истинный ветер (ИВ)**. Сложим по правилу параллелограмма два вектора, вектор встречного потока воздуха и вектор Истинного ветра. Мы получим некую результирующую которая будет направлена под меньшим углом к направлению движения яхты, и он будет по величине больше чем истинный ветер. Этот ветер будет называться **Вымпельным ветром (ВВ)** См. Рис. 1

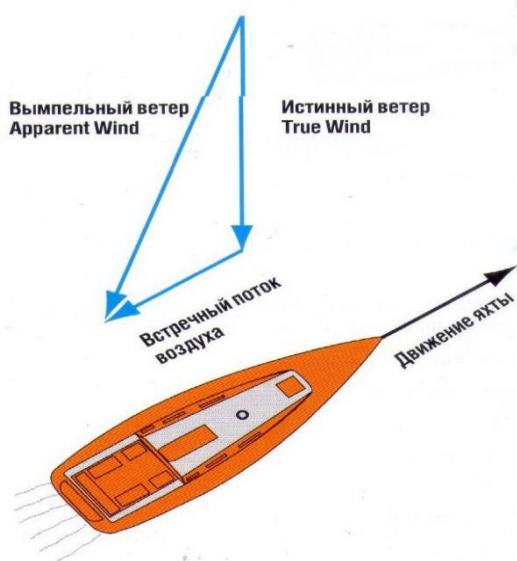


Рис.1 Угол направления ветра 45°



Рис.2 Угол направления ветра 90°

Рассмотрим теперь движение яхты под прямым углом к ветру, с той же скоростью ( $V$ ). Встречный поток ветра останется неизменным. Сложим два вектора: вектор Истинного ветра и вектор Встречного потока воздуха. Мы увидим, что вектор вымпельного ветра стал меньше по отношению к предыдущему случаю. См. рис.2

Теперь рассмотрим направление движения яхты под углом большим чем  $90^\circ$  к примеру  $120^\circ$ . Не сложно понять, что вектор вымпельного ветра еще станет меньше См.рис.3

Итак, у вас наверно возник вопрос, за чем нам нужен вымпельный ветер?

Вымпельный ветер – это по сути тот ветер, который мы ощущаем на себе при движении под парусом или просто при движении под двигателем.

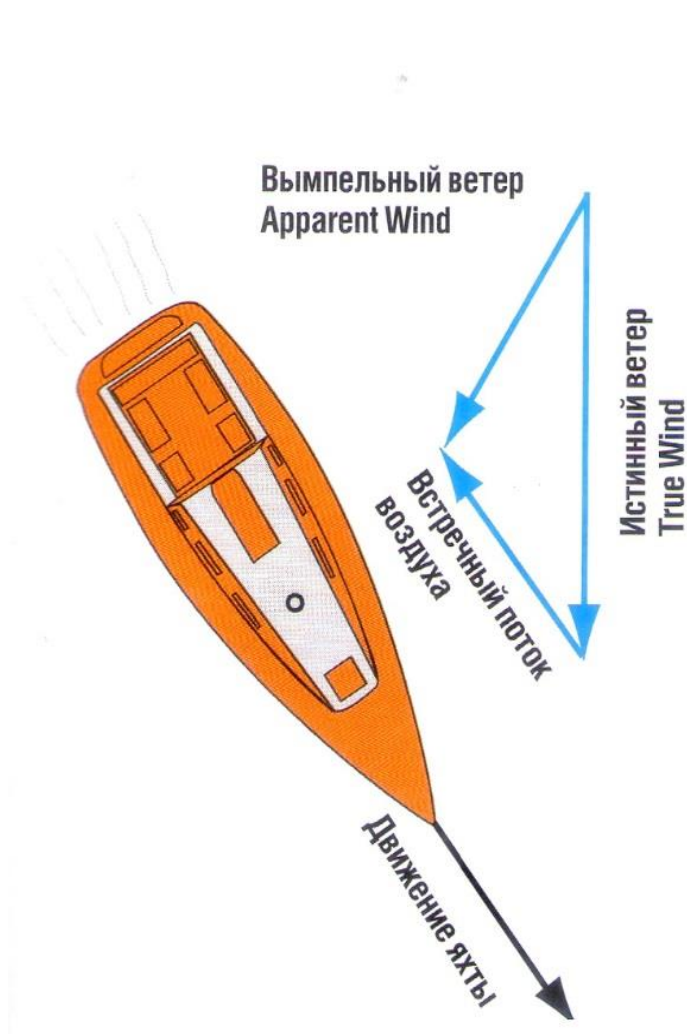


Рис.3 Угол направления ветра  $120^\circ$

Любая парусная яхта или парусное судно движется относительно вымпельного ветра.

И чем больше угол по отношению к движению судна, тем меньше по силе вымпельный ветер.

Яхтсмен должен четко понимать от куда и какой дует ветер. Это можно увидеть на приборе «Анемометр», но самую точную информацию вам даст ваше природное ощущение ветра. Яхтсмен всегда знает откуда дует ветер. Даже тогда, когда он спит.

### Силы, действующие на парус

Рассмотрим, как же все-таки яхта идет под парусом. Для этого надо понимать, как работает парус.

Парус изготовлен с определенной аэродинамической формой. Это форма крыла.

Рассмотрим парус под разными углами к его плоскости. И так на Рис.4 представлен парус в разрезе. Представим, что мачта стоит на земле с одним парусом и мы пытаемся расположить угол атаки ветра на парус под разными величинами.

- Угол атаки  $0^\circ$  парус не наполняется ветром и просто запласкивает ни о каких силах, возникающих на поверхности крыла и речи быть не может.

-Угол атаки приблизительно равен  $7^\circ$  парус начинает наполняться ветром и начинает возникать разница давлений с той стороны, с которой поток обтекает парус (она называется наветренной) и с подветренной стороны. Естественно, с наветра давление выше, чем с под ветра. На плоскости паруса возникает подъёмная сила (A) перпендикулярная плоскости крыла она отмечена пунктиром (ее еще называют хордой крыла).

-угол атаки около  $20^\circ$  в этом случае сила (A) становится больше, так как разница давления становится больше, но направлена она также нормально к хорде крыла (паруса) в этом случае сила достигает максимального значения.

- угол атаки  $90^\circ$  в этом случае сила (A) значительно не изменится ни по направлению, ни по силе.

Если рассматривать углы атаки больше чем  $90^\circ$  сила будет уменьшаться и парус не будет работать эффективно.

Естественно, эти значения углов упрощены и усреднены.

Не сложно понять, что парус работает максимально эффективно при угле атаки  $20^\circ$

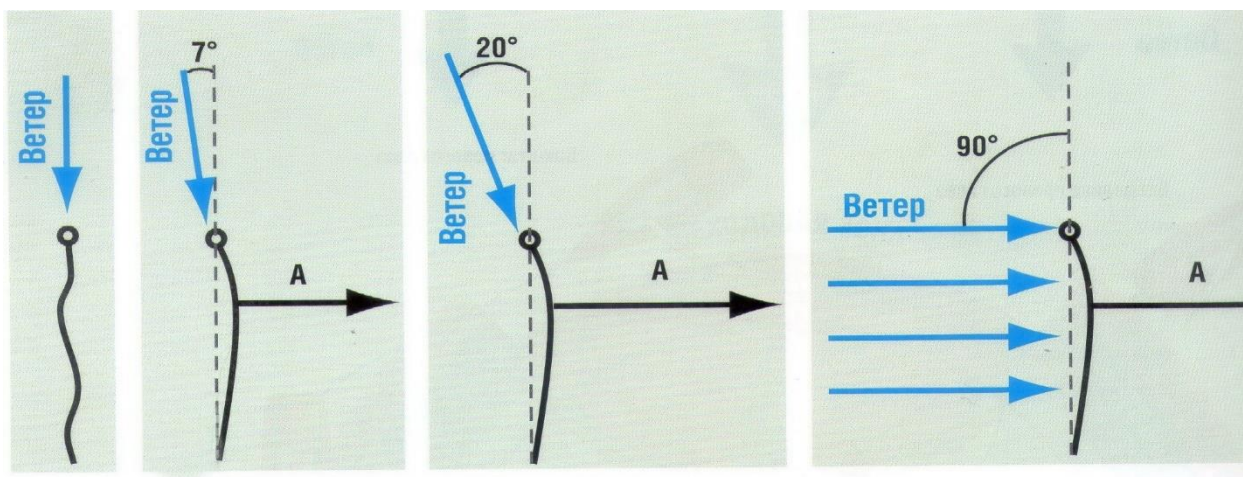


Рис.4 Углы атаки ветра на парус

### Система сил, действующих на яхту

Рассмотрим систему сил, действующих на яхту, которая идет под парусом.

Условимся что яхта идет под одним парусом, пусть это будет грот.

Мы видим на Рис.5 поток вымпельного ветра, направленного под углом  $30^\circ$ - $35^\circ$  к направлению движения яхты. Ориентируем парус под углом к ветру  $20^\circ$  к его хорде. Рассмотрим точку приложения силы (A) эта точка будет называться центром парусности. По правилу параллелограмма разложим Вектор (A) на две составляющие:

- одна составляющая будет параллельна *диаметральной плоскости* (ДП), и будет называться вектором тяги (Т)
- Вторая будет перпендикулярна (ДП) и будет называться силой дрейфа (D)

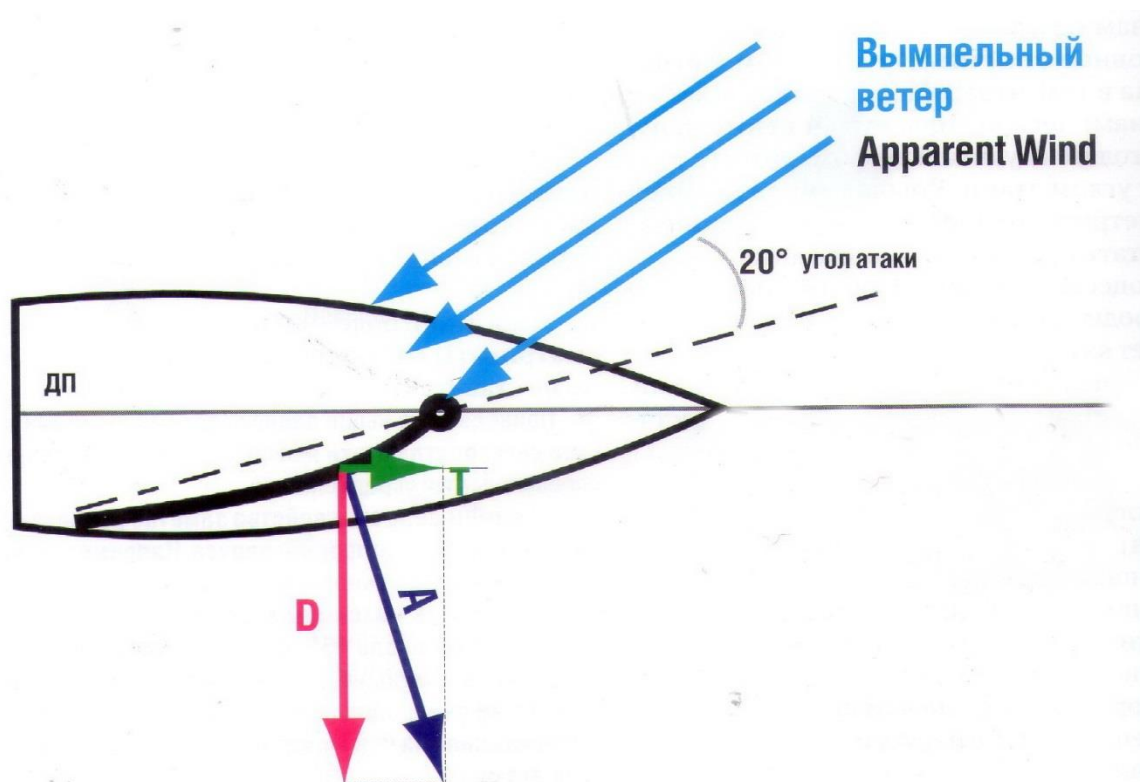


Рис. 5 Система сил ветер и парус на яхте без учета подводных факторов

Рассмотрим корпус яхты, а точнее подводную часть. Естественно, у подводной части есть определенная плоскость, образованная самой подводной частью корпуса, фальшь килем и пером руля. Она будет называться площадью бокового сопротивления. И естественно у нее будет свой центр – центр бокового сопротивления (ЦБС). Если рассматривать (ЦБС) и центр парусности (ЦП). Они будут находиться на одной вертикальной линии. Добавим к предыдущей системе сил еще одну силу которая будет приложена к (ЦБС) подводной части. И будет называться силой бокового сопротивления (S) см. Рис.6

Эта сила является противовесом силе дрейфа (D) если удалить эти две силы (D) и (S), то мы получим что у системы остается одна сила- сила тяги (T) она и будет заставлять яхту идти вперед.

Конечно существует множество факторов, влияющих на этот процесс. Мы рассматриваем идеальные условия.

Если рассмотреть высоту, на которой будет находиться (ЦП) и (ЦБС) мы увидим, что центр парусности находится выше центра бокового сопротивления соответственно будет появляться момент сил он называется кренящий момент (Mкр). (Mкр) и будет стремиться накренить яхту.

Если вы хотите ходить на парусной яхте вы должны понимать, что жизнь на парусной яхте — это жизнь под углом.

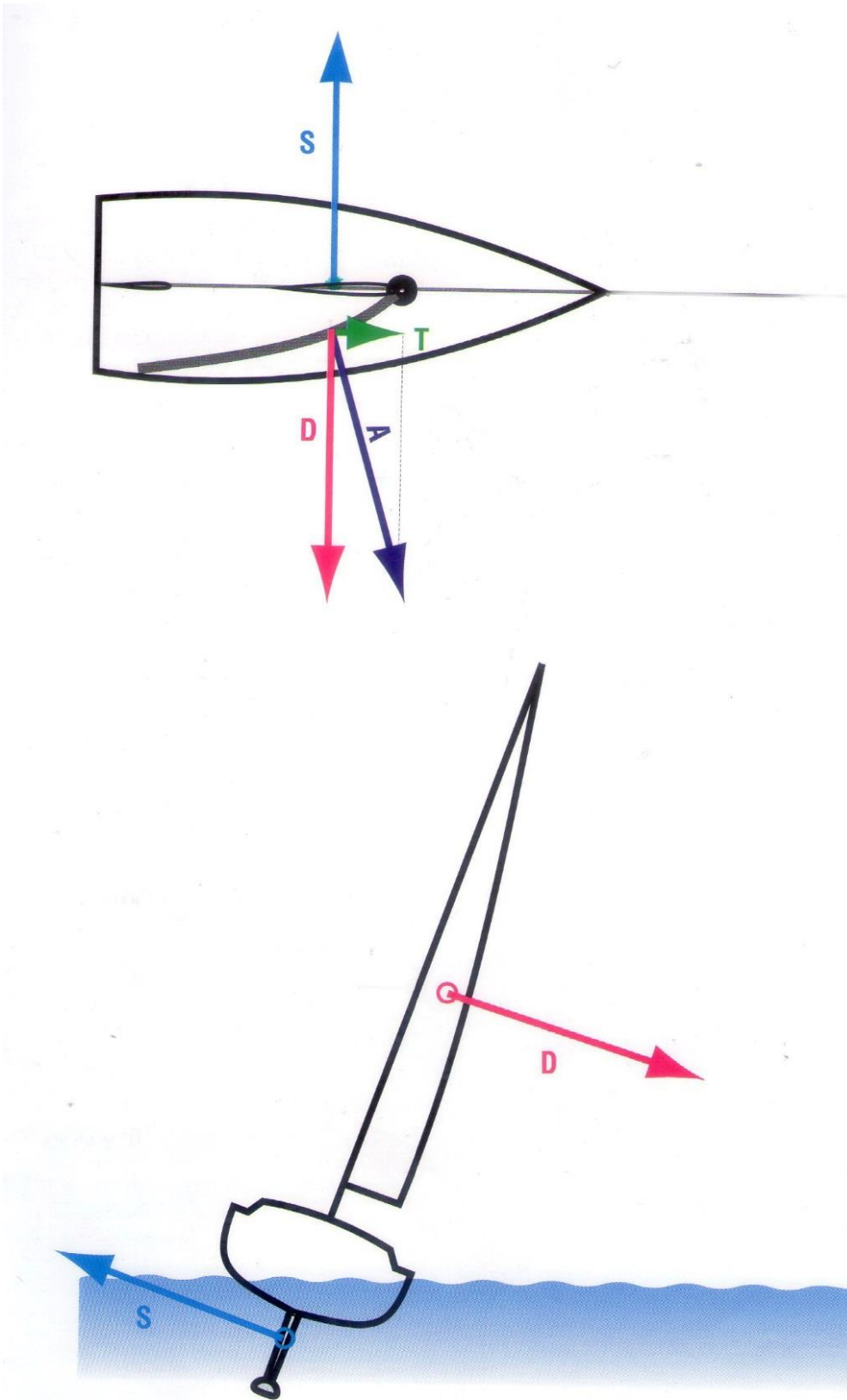


Рис. 6 Сила бокового сопротивления

## Курсы яхты относительно ветра

Мы рассмотрели углы атаки ветра и силы, действующие на яхту. Теперь рассмотрим курсы яхты относительно ветра.

Итак, существует два галса:

- правый галс - это когда ветер дует в правый борт;
- левый галс – это когда ветер дует в левый борт.

Каждый галс делится на курсы, которые отличаются друг от друга только углом ветра:

- Положение левентик – это именно положение, при котором яхта стоит под острым углом к ветру, паруса не наполняются ветром и естественно яхта ни куда идти не будет. Это сектор от  $0^{\circ}$  до  $40^{\circ}$ .
- Курс Бейдевинд – при этом курсе паруса наполнены и диапазон углов от  $40^{\circ}$  до  $80^{\circ}$  в свою очередь этот курс так же делится на: острый бейдевинд диапазон от  $40^{\circ}$  до  $50^{\circ}$ ; полный бейдевинд с диапазоном от  $50^{\circ}$  до  $80^{\circ}$ .
- Курс галфвинд – это, когда ветер дует под почти прямым углом к яхте здесь диапазон от  $80^{\circ}$  до  $100^{\circ}$ .
- Курс бакштаг – ветер дует и в бок, и в корму, с диапазоном от  $100^{\circ}$  до  $170^{\circ}$ .
- Курс фордевинд диапазон углов от  $170^{\circ}$  до  $190^{\circ}$ , яхта идет четко с попутным ветром.

На Рис.7 Показана диаграмма курсов.

Условно все курсы делят на две группы:

- Острые курсы – углы атаки меньше  $90^{\circ}$ ;
- Полные курсы – углы атаки больше  $90^{\circ}$ .

***Курсы относительно ветра — это азбука которую должен знать каждый яхтсмен. Если он этого не знает, то о звании «шкипер» можно забыть! Мало выучить названия курсов нужно еще и четко понимать какой это курс как должны быть настроены паруса на этот курс.***

***В нашей школе на экзамене ученики обязательно сдают это на практике. Поскольку это важный аспект понимания паруса.***

В следующих разделах мы рассмотрим, физику процесса на каждом курсе относительно ветра.

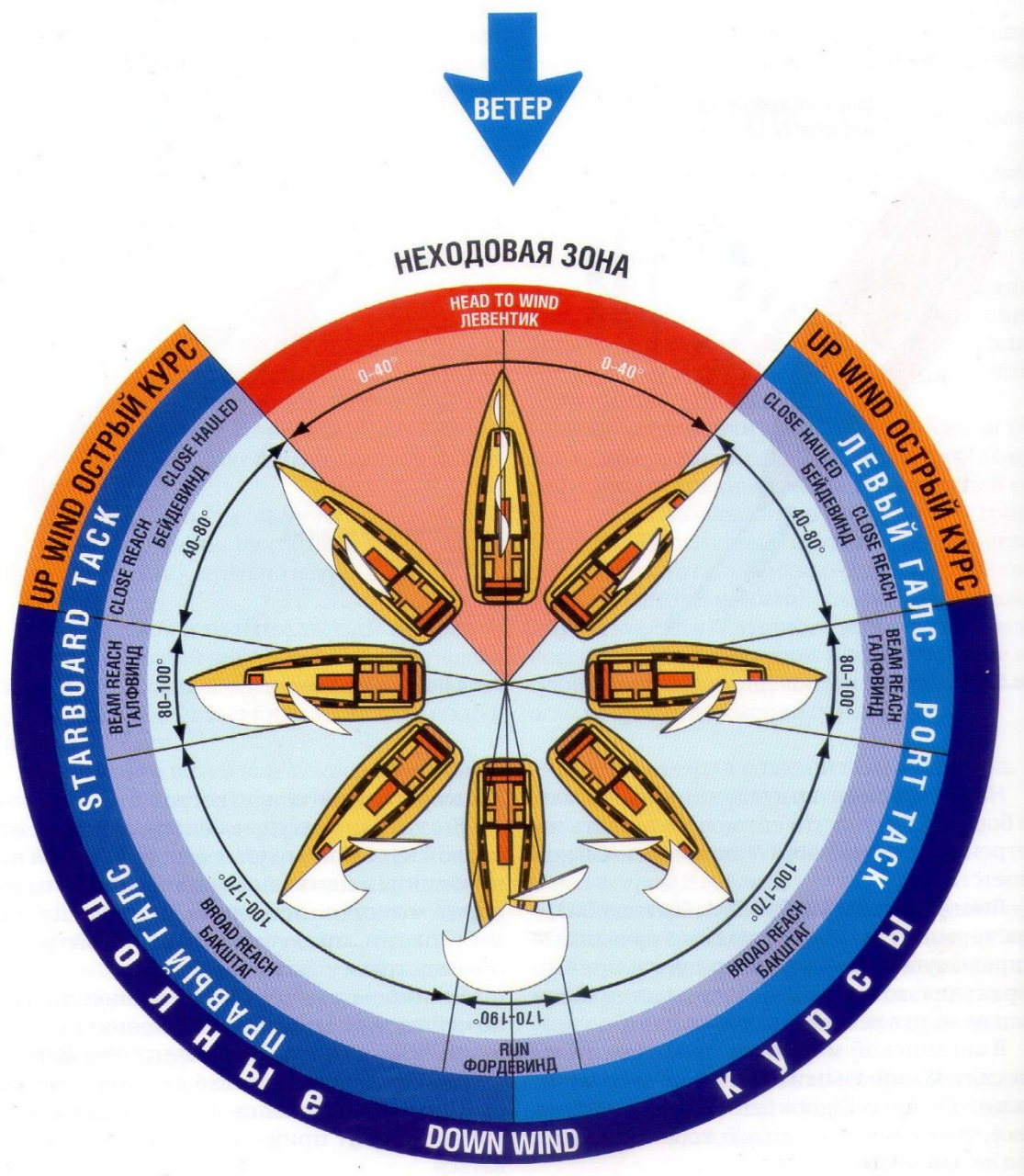


Рис. 7 Курсы относительно ветра

### Силы, действующие на курсе бейдевинд

Итак, курс бейдевинд угол атаки вымпельного ветра  $40^\circ$ . Расположим парус под углом  $20^\circ$  к ветру. Он будет наполняться на парусе возникает сила (A). Разложим ее на две составляющие на составляющую дрейфа (D) и составляющую тяги (T). Так же сила бокового сопротивления (S).

Итак, мы выяснили что на курсе бейдевинд паруса должны быть максимально подобраны на Рис. 8 показаны силы, действующие на курсе бейдевинд.



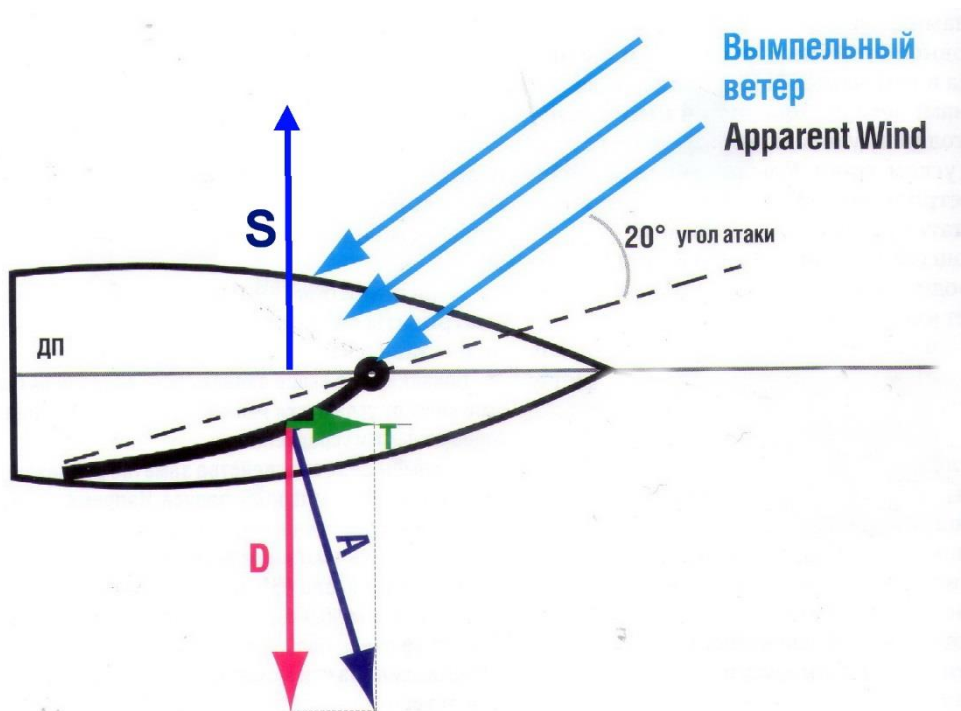


Рис.8 Курс Бейдевинд

### Силы, действующие на курсе галфвинд

На этом курсе ветер дует четко под прямым углом наша задача расположить парус под углом  $20^\circ$  к вымпельному ветру, а значит потравить паруса.

Здесь Сила (A) станет больше стремиться вперед чем в бок соответственно составляющая (D) станет меньше, а составляющая (T) наоборот увеличится, и яхта пойдет быстрее. Если парус оставить подобранным как на курсе бейдевинд, то яхту будет сильно кренить и нести в бок (юзом). То есть отсюда можно понять то, что крен и его последствие дрейф хоть и неизбежные явления, но они все же не желательны и при каждой возможности их надо уменьшать. На рис.9 показаны силы, действующие на курсе галфвинд.

### Силы, действующие на курсе Бакштаг

Курс бакштаг – это по сути самый быстрый курс, поскольку на нем составляющая дрейфа минимальна, составляющая тяги, максимальна и мы все еще можем расположить парус под оптимальным углом атаки. На этом курсе паруса травятся еще больше. На рис. 10 показаны силы, которые действуют на яхту на этом курсе.

## Вымпельный ветер Apparent Wind

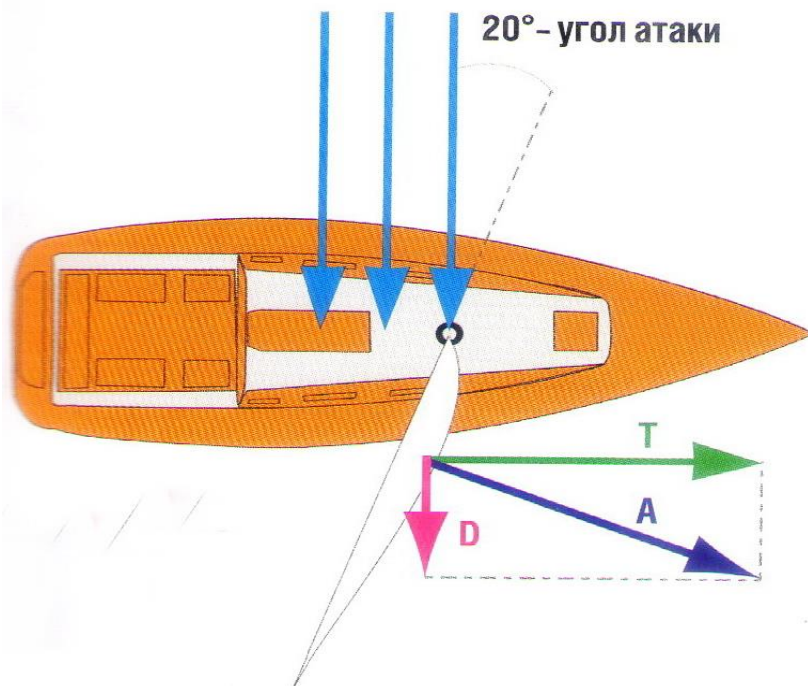


Рис.9 Курс Галфвинд

## Вымпельный ветер Apparent Wind

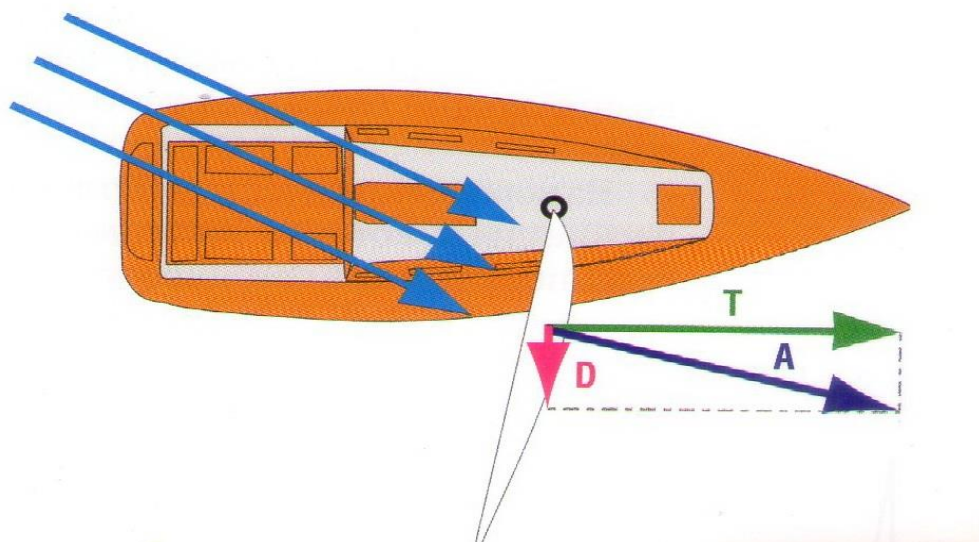


Рис.10. Курс бакштаг

## Силы на курсе фордевинд

На курсе фордевинд лодка повернута кормой к ветру и просто сплавляется с его скоростью, на этом курсе яхтсманы максимально стараются увеличить площадь парусов в плоскости мидель шпангоута. Соответственно максимально травят грот и стаксель ставят на противоположный борт или же совсем его убирают и ставят большой парус называемый Спинакер. На рис. 11 показаны силы, действующие на курсе фордевинд.

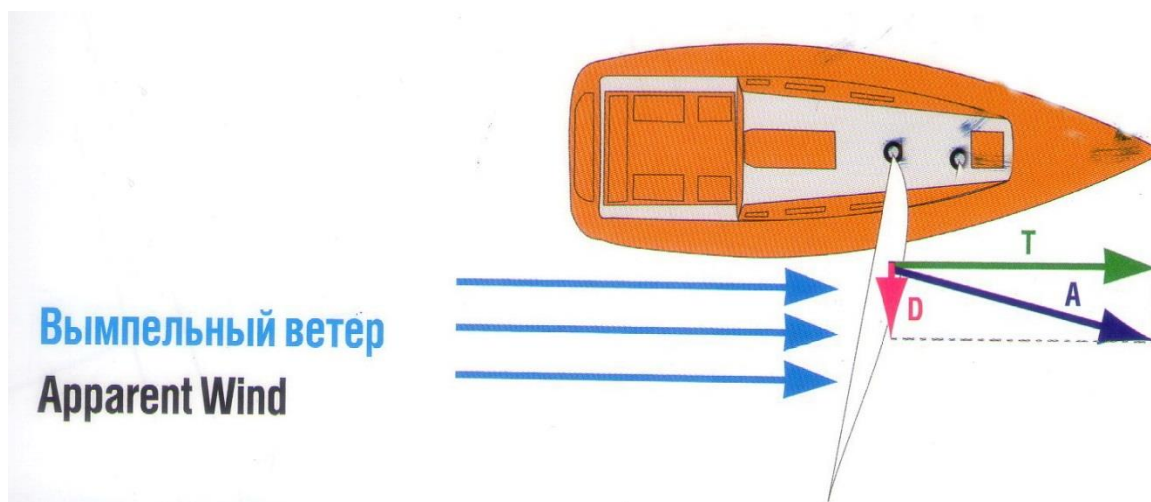


Рис.11 Курс Фордевинд

## Маневры яхты под парусом

В этом разделе мы рассмотрим очень важную часть, которая касается маневров яхты под парусами. Мы выяснили что есть два галса правый и левый. Условно все маневры можно разделить на те при которых происходит смена галса, то есть яхта разворачивается другим бортом к ветру. Это два маневра:

- **Поворот оверштаг** - яхта меняет галс пересекая линию ветра носом см Рис. 12.
- **Поворот фордевинд** – яхта меняет галс пересекая линию ветра кормой см. Рис. 13.

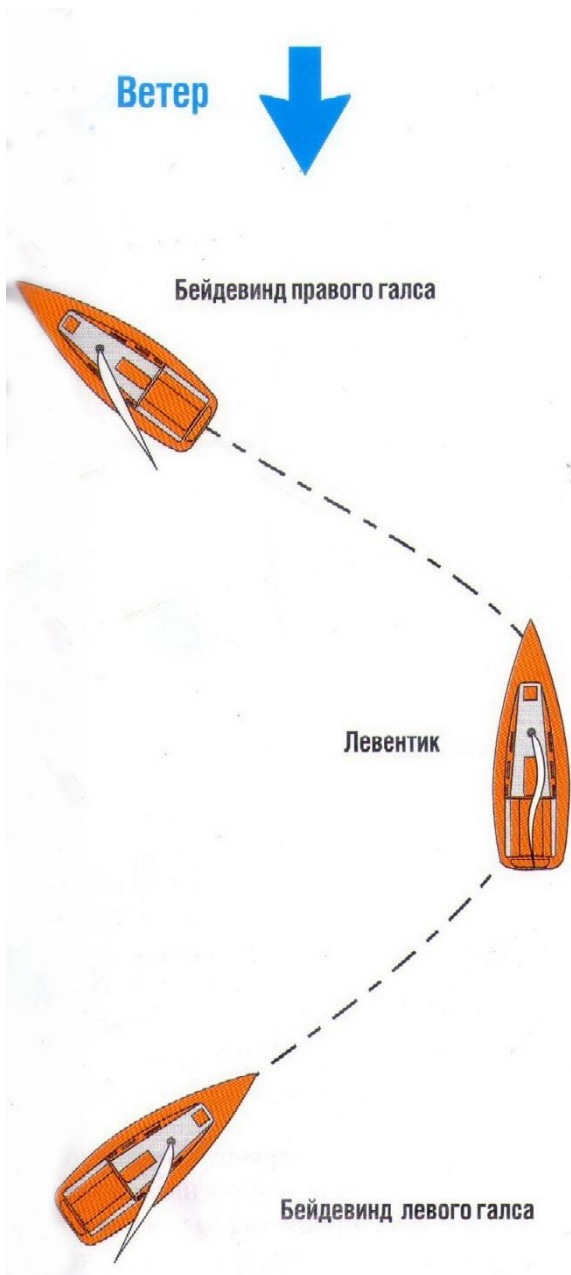
И маневры, при которых смены галса не происходит:

- **привестись** - значит уменьшить угол к ветру, говорят еще взять круче к ветру;
- **увалиться** — значит увеличить угол к ветру или говорят взять полнее.

При этих маневрах просто происходит изменение направления движения яхты см. Рис 14.

**Обратите внимание:** поворотом на яхте называется смена галса, но не смена направления движения. Получается поворотов в яхтинге существует только два: оверштаг и фордевинд. Все остальное (если яхта не сменила галс) является не поворотом, а лишь сменой курса.

## Поворот оверштаг



Предположим, что мы идем курсом бейдевинд и нам необходимо скрутить поворот оверштаг — вот порядок действий, которые мы должны совершить:

- Рулевой осматривает район поворота. Он должен убедиться в том, что повороту ни что не помешает.

- Рулевой подает команду: «Приготовиться к повороту Оверштаг!»

- Матросы становятся по местам: один становится на подветренный (нагруженный) стаксель шкот, второй становится на наветренный.

И говорят рулевому: «Готовы!»

- Рулевой командует: «Поворот оверштаг» и переключает руль в сторону поворота (приводит лодку до смены галса).

- В момент, когда лодка проходит положение левентик матросы, перебрасывают стаксель на другой борт.

- Рулевой ложится на курс бейдевинд другого галса и продолжает движение.

## Поворот фордевинд

При этом повороте яхта меняет галс пересекая линию ветра кормой.

Есть ряд условий, которые обязательно необходимо соблюдать при выполнении этого поворота.

1) Лодка обязательно должна идти четко курсом фордевинд.

2) Гика шкоты должны быть обязательно выбраны в положение гик в ДП.

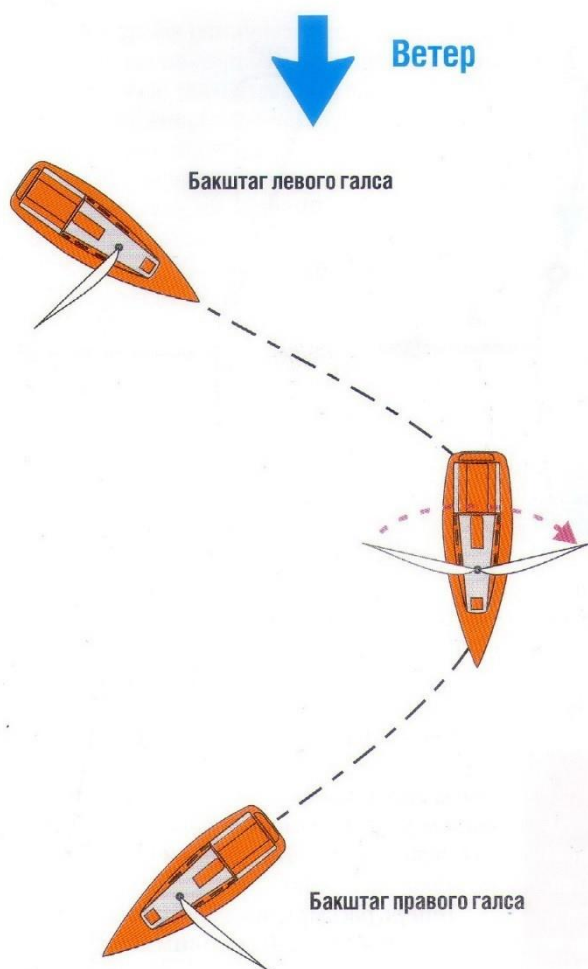
3) Матросам запрещено стоять на палубе за исключением кокпита.

Этот поворот опасен экстренным забросом гика, и динамическим его ударом. При неправильном выполнении поворота фордевинд можно либо порвать шкоты, либо сломать пополам гик, либо сломать мачту, которая как правило падает в район кокпита на голову экипажу.

Вот порядок четких действий при повороте фордевинд:

- Идя курсом бакштаг предположим левого галса, рулевой осматривает район поворота и командует: «Уваливаюсь до курса Фордевинд!» и ложится на курс фордевинд четко его удерживая.

- Рулевой дает команду перебросить стаксель (стаксель на бабочку).



- Матросы перебрасывают стаксель.
  - Рулевой командует: «Поворот фордевинд!».
  - Матрос на гика-шкоте начинает выбирать гика шкоты до момента, когда гик достигнет положения ДП.
  - рулевой меняет галс изменяя курс яхты буквально на  $5^{\circ}$ - $10^{\circ}$ .
  - матрос в свою очередь ждет, когда грот выдунется в другую сторону. И как только это произойдет он быстро травит гика шкоты.
  - Рулевой командует: «Привожусь до курса бакштаг!».
- (Или остается на курсе фордевинд)  
На Рис. 13 показано движение яхты на повороте фордевинд.

Рис.13 Поворот фордевинд

### Понятия привестись и увалиться

#### Привестись

Когда рулевому необходимо уменьшить угол атаки ветра относительно корпуса яхты т.е. перейти на более острый курс он действует следующим образом:

- Рулевой командует «привожусь», подобрать паруса и начинает переключать штурвал в наветренную сторону.

- Матросы подбирают (подтягивают) паруса при чем грот подбирают первым, а стаксель вторым.

См. Рис. 14

#### Увалиться

Если рулевому необходимо увеличит угол атаки ветра относительно корпуса яхты т.е. уйти на полный курс он действует следующим образом:

- Рулевой командует «уваливаюсь» и переключает штурвал в подветренную сторону.

- Матросы сначала травят (Отпускают) грот, а после стаксель

См. Рис. 14

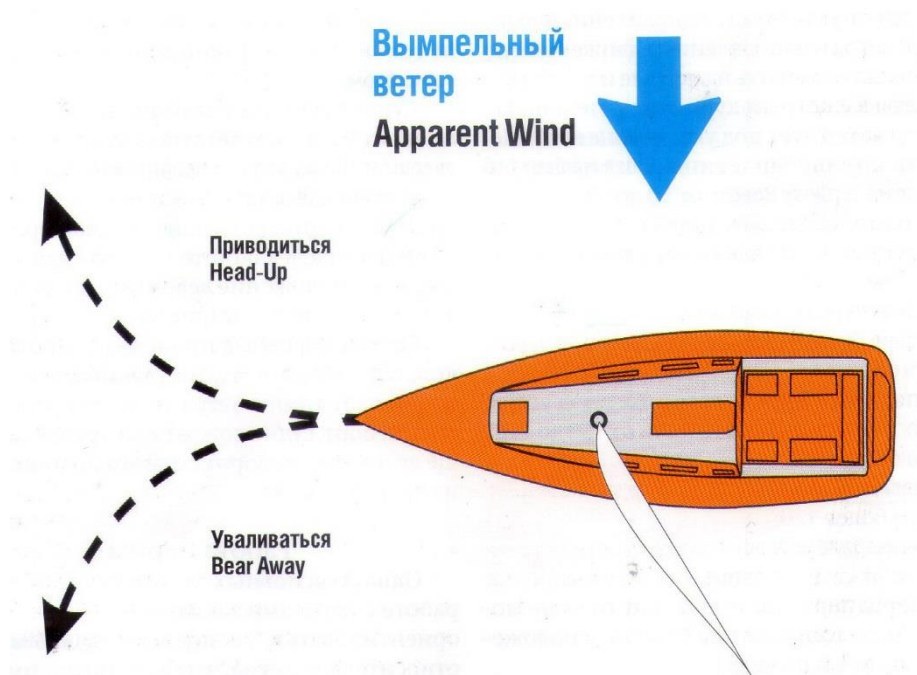


Рис.14 Привестись, увалиться

### Удержание яхты на курсе, колдунчики

Для простоты удержания яхты на верном курсе под настроенные паруса яхтсмены используют специальные устройства на парусе — это ниточки или ленточки, наклеенные с двух сторон с правой стороны зеленый с левой красный.

По ним можно очень хорошо видеть обтекание потоком ветра парус. Есть правило по которому очень просто вести яхту.

У яхты есть две стороны:

- **Наветренная** – сторона в которую дует ветер.
- **Подветренная** – противоположная наветренной.

Так же и у паруса есть наветренный и подветренный колдунчики.

Предположим мы идем курсом галфвинд. При правильной настройке паруса оба колдунчика развиваются вдоль ветра и стоят горизонтально и параллельно друг другу.

В случае если парус будет сильно потравлен (отпущен) наветренный колдунчик начнет заполаскивать (болтаться). В этом случае нужно либо подобрать парус, либо увалить лодку до того, как колдунчики не станут снова ровно.

Если Парус сильно подобран, то будет заполаскивать подветренный колдунчик. необходимо или потравить парус, или привести См. рис. 15.

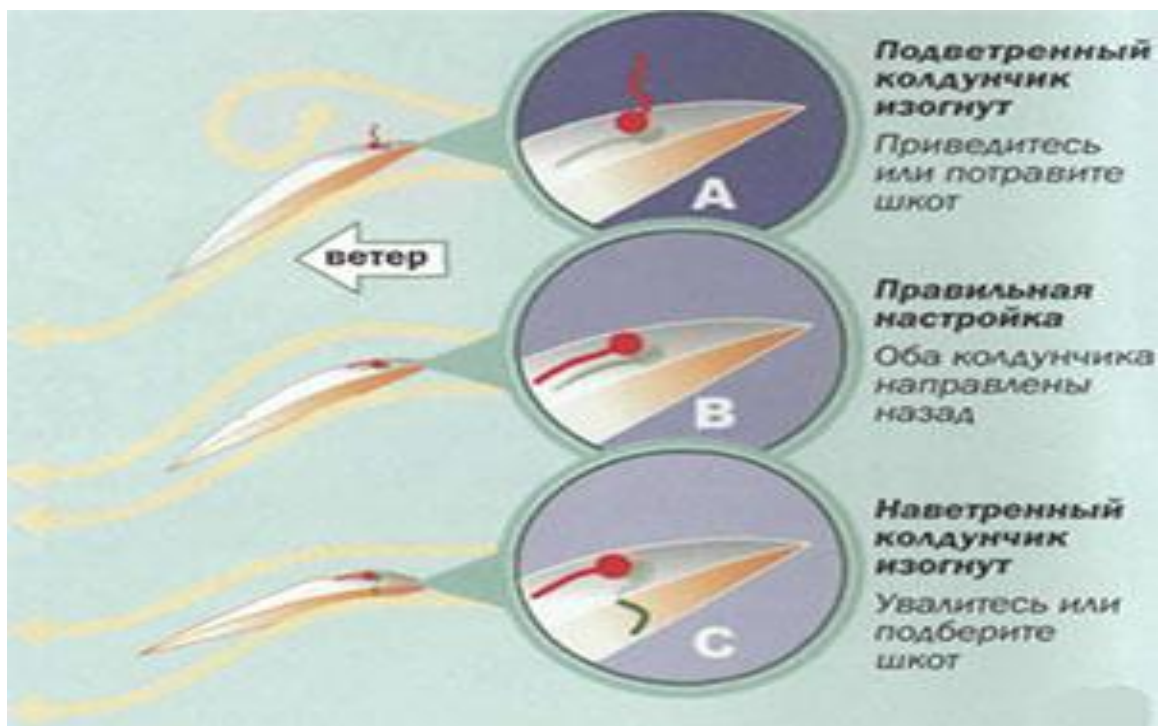


Рис. 15

### Порядок постановки и уборки парусов

Постановка и уборка парусов может производиться в любой последовательности, не важно, что вы ставите первым грот или стаксель. Но чаще всего яхтсмены предпочитают первым ставить грот, поскольку его ставить сложнее.

#### Постановка грота

- Рулевой командует: «Приготовить грот к постановке!».
- Матросы расчехляют грот, крепят грота фал к фаловому углу и становятся по местам: один у мачты, второй у фаловой лебедки, третий на гика-шкоте. После чего докладывают: «Готовы!».
- Рулевой ложится в положение левентик и командует: «Потравить гик оттяжку и гика шкоты!».
- Матросы исполняют команду.
- Рулевой командует: «Грот вира!».

Матросы выбирают грота фал до создания натяжения на передней шкаторине грота сначала вручную, далее с помощью фаловой лебедки.

- После этого матросы травят топенант гика и добирают гика шкоты.

#### Постановка Стакселя

- Рулевой командует: «Ставим стаксель!».
- Матросы становятся на стаксель шкоты и на скрутку стакселя.
- Отдается скрутка стакселя и добирается подветренный стаксель шкот, а наветренный травят.

Стаксель сам под силой ветра разворачивается. Очень важно в натяг отдавать (травить) скрутку стакселя чтобы конец плотно укладывался на вьюшке скрутки стакселя.

### **Уборка парусов**

Если при постановке парусов последовательность значения не имеет то при уборке лучше первым убирать стаксель, при чем на курсе бакштаг, когда стаксель спрятан в ветровой тени грота.

### **Уборка стакселя**

- Рулевой командует: «Приготовится к уборке стакселя!».
- Матросы становятся по местам.
- Рулевой ложится на курс бакштаг, матрос на гика-шкотах травит грот.
- Рулевой, когда стаксель обвис в ветровой тени грота, командует убрать стаксель
- Матросы начинают травить стаксель шкоты и подбирать лить скрутки стакселя. Стаксель необходимо очень плотно скручивать на фор-штаг чтобы его не располоскало ветром в ненужный момент.

### **Уборка грота**

- Грот следует убирать всегда в положении левентик.
- Рулевой командует: «Готовим грот к уборке!».
  - Матросы разбирают бухту грота фала травят гик оттяжку и, если нужно, гика шкоты.
  - Матросы обязательно должны подобрать топенант гика для того, чтобы на нем повис гик (в противном случае гик упадет матросам на голову).
  - Рулевой ложится в положение левентик и командует: «Грот майна!».
  - Матросы открывают стопор грота фала и грот под своим весом уходит вниз.
  - Матросы подбирают гика шкоты для того чтобы зафиксировать гик.

### **Рифления парусов**

Рифление — это уменьшение площади паруса при усилении ветра. Как правило на яхтах уменьшают площадь грота опуская его вниз на несколько уровней. Каждый уровень называют полкой рифов. Стаксель как правило не рифят его просто меняют не меньший, но если других парусов нет, то стаксель просто подкручивают вокруг штага

### **Рифление грота**

- Рулевой командует: «Рифим грот!» и ложится на курс бейдевинд.
- Матросы травят гика шкоты и гик оттяжку, добирают топенант. (Грот не должен наполняться ветром для простоты его рифления)
- Матрос на фаловой лебедке травит грота фал до нужной полки рифов и еще пол метра.
- затем выбирает риф шкентель растягивая полотнище паруса вдоль гика и подтягивая риф боуты передней и задней шкаторины к гикю. Как только риф



шкентель выбран его стопорят и выбирают грота фал до создания натяжения на передней шкаторине.

-Добираются гика шкоты и гик оттяжка.

### **Рифление стакселя**

Стаксель рифят на любом курсе. Это очень просто процедура та же что и с его уборкой только не до конца.

### **Заключение**

Понимание процессов, происходящих с яхтой обязан иметь каждый яхтсмен, иначе хождение под парусом превращается из довольно эффективного в абсолютно не эффективное занятие.

Все же если можно было бы написать инструкции для моряков эти инструкции будут иметь бесконечный характер. Шкипер обязан четко понимать, что он делает, и четко основываясь на свое понимание отдавать команды экипажу.

### **Словарь английских терминов**

<b>Термин на русском</b>	<b>Термин на английском</b>
Истинный ветер	True wind
Вымпельный ветер	Apparent wind
Левентик	Head to wind
Крутой бейдевинд	Close hauled
Полный бейдевинд	Close reach
Галфвинд	Beam reach
Бакштаг	Broad reach
Фордевинд	Run
Правый галс	Starboard tack
Левый галс	Port tack
Поворот оверштаг	Tacking
Поворот фордевинд	Gybing
Привестись	Head-up
Увалиться	Bear Away
Подобрать	Pull up
Потравить	Baulk
Взять рифы	Slab rifting
Поднять грот	hoist a mainsail
Убрать грот	remove mainsail
Поставить стаксель	to put a jib
Убрать стаксель	remove the jib