Учебная Сага № 64 Ветер, который быстрее ветра.

Часть 4. Феномен "парусного мотора" на парусной яхте. (Буерный эффект).

Феноменальные способности паруса – крыла. Как работает «автоматический турбо-наддув» в «парусном моторе».

Это финальная часть материалов под общей рубрикой "Ветер , который быстрее ветра". У паруса-крыла на современных парусных лодках **двуединая феноменальная способность.** С одной стороны парус является движителем парусной яхты, он её **«парусный мотор»** и этому посвящена предшествующая часть 3 нашей учебной саги «Ветер который быстрее ветра…». С другой стороны парус, выражаясь словами привычными и понятными для современного человека, работает в комплексе с быстрой лодкой, как система **«турбо-наддува»** этого парусного мотора.

Рис. 1 Российская яхта "Дочь Ветра" под управлением яхтсмена из Геленджика Виталия Елагина в настоящее время находится в кругосветной экспедиции. Два паруса хорошей аэродинамической формы совместно с профилированной каплевидной в поперечном сечении мачтой обеспечивают в полной мере оптимальную работу

парусов с раскрытием "природных" феноменальных способностей парусов-крыльев, о чём идёт речь в статье.

С первых моментов движения парусной яхты «включается» ускорение и уплотнение "топливо - воздушной смеси" для «парусного мотора» и это **приводит к определенному росту его мощности**. И чем выше скорость парусной лодки, тем больше мощность её **«парусного мотора».** Такой уплотнённый и ускоренный скоростным движением яхты "омывающий" её воздушный поток всё эффективнее срабатывает в парусах по мере роста скорости яхты. Но это происходит до определённого предела. Есть силы сопротивления движению. **Парусная лодка движется сразу в двух средах**: **в среде морской воды и в воздушной среде** над поверхностью моря.

На малых скоростях движения сопротивление воздушной среды незначительно. И хитроумные люди в первую очередь боролись с немалым сопротивлением водной среды и в значительной степени «победили» это сопротивление. А вот сопротивление воздушной среды осталось. Об этом обо всём далее по тексту.

**Другие учебные саги и учебные пособия можно прочитать здесь на сайте* https://www.parusniy-sport.org/metodics

Сначала немного повторим. О чем шла речь ранее, в цикле Учебных саг: "Ветер, который быстрее ветра". Парусная яхта движется в **двух средах**: корпус лодки перемещается **в воде,** испытывая сопротивление водной среды, а верхняя часть парусной лодки вместе с мачтой и парусами перемещается **в воздухе,** испытывая сопротивление воздушной среды. Люди любят скорость. И тогда они сначала придумали глиссирующие лодки, которые в полной мере не испытывают сопротивления водной среды, а скользят по поверхности воды. А затем приделали подводные крылья к парусным лодкам, и они буквально стали «парить» над водой, скользя по её поверхности на крыльях (фойлах). Практически с сопротивлением водной среды, которое тормозит водоизмещающие лодки и корабли было покончено.

Парусные яхты стали ходить по морю со скоростью, которая в прежние времена морякам и не могла присниться.

Рис. 2 Гоночная яхта океанского класса IMOCA 60 идёт в крыльевом режиме, на подводных крыльях - фойлах.

И казалось скорость можно наращивать и наращивать, увеличивая мощность «парусного мотора», его энергетическую вооруженность – площадь парусов. Но при увеличении скорости возросло и **сопротивление – торможение воздушной среды** на этот «объект, летящий над водой».

Фактически в определённом смысле парусная лодка превратилась в лодку, летящую над водой. И дело не только в **площади парусов**, но и **в природе парусов**, поскольку они «работают», **как крылья** самолёта или крылья птицы.
И маленьким яхтам и спортивным снарядам со сравнительно небольшими по площади парусами тоже удаётся «полететь над водой», в этом раскрывается **феноменальная способность парусов приращивать скорость яхты без**

усиления ветра на акватории, только за счёт скорости самой яхты.

В этом **феномен крыла-паруса парусной яхты**, его иногда называют буерным эффектом.
И так: 1. Парус, - сам по себе **«парусный мотор», - движитель яхты**.
2. «**Мощность» этого мотора** может **прирастать** по ходу из-за скоростного движения самой яхты.

Смотрим далее по теме раскрытой в учебной саге «Ветер, который быстрее ветра Часть 3. «Как работает «парусный мотор» парусной яхты». Кратко немного поясним: Аэродинамическая сила, которая есть основа силы тяги парусов зависит от квадрата **скорости набегающего на парус воздушного потока**, которая примерно равна по величине скорости яхты.

$$F_Y = C_Y \frac{\rho V^2}{2} S$$

Рис. 3 Здесь формула подъёмной силы крыла Fy. Формула результирующей аэродинамической силы крыла R аналогична ей. Для наших условий силу R можно считать приблизительно равной силе Fy. В формуле V – упомянутая скорость. Эта экспериментальная формула многократно подтверждена на практике.

Сила тяги парусов **T** есть производная составляющая от результирующей аэродинамической силы парусов **R** (она же **F_Y** подъёмная сила крыла – паруса) и соответственно также зависит от квадрата скорости движения яхты. **Чем больше скорость, тем больше сила тяги парусов, но это идеальная ситуация.**

Далее нам удобнее рассматривать **феноменальные проявление способностей паруса - крыла** для ледовой

яхты – буера, у него нет сопротивления движению в виде водной среды, трение скольжения его коньков о лёд фактически можно считать для наших иллюстраций ничтожным.

Для гонок буеров при хорошем состоянии льда и слабого ветра 2-5 м/сек достаточно потому, что они эффективно используют «добавку» от скоростного набегающего на парус и буер воздушного потока. Например, на старте гонщики «ногами» добывают эту «добавку». Смотрите фото ниже

Рис. 4. Буера международного класса Monotype XV на старте. Спортсмены приготовились, как спортсмены бобслеисты или саночники, разгонять свои снаряды, но чтобы не просто разогнать снаряд, а заполучить в свои паруса ветер скоростного набегающего воздушного потока.

В морском деле композицию (**микс) скоростного набегающего воздушного потока,** вызванного скоростным движением яхты вперёд по курсу **и истинного ветра на акватории,** принято именовать **вымпельным ветром**. И часто вымпельный ветер значительно превосходит ветер на акватории. Смотрите иллюстрацию.

Рис. 5. Вектор силы тяги T парусов увеличивается с увеличением скорости яхты или буера. Красные вектора на схеме (фрагмент справа) иллюстрируют вектора сил на разогнавшейся яхте, до возможной в этих условиях скорости. Такая ситуация подтверждена экспериментально. Здесь в схеме скорость истинного ветра на акватории 5 м/сек.

Если для **водоизмещающей яхты** решающим фактором предела скорости является **сопротивление водной среды**, то для буера решающим фактором возникновения предела скорости является **возрастающее сопротивление воздушной среды**, как упругой субстанции. Мы это не учитывали первоначально в наших иллюстрациях (Части 1,2, 3 «Ветер, который быстрее ветра»).

Небольшой нюанс: для того, чтобы парус оптимально работал с набегающим на него воздушным потоком, **парус приходиться выбирать и выставлять в соответствии с «курсом» вымпельного ветра, или** оптимально для данного **угла атаки** «набегающего» на парус вымпельного ветра. Т.е. если в начале движения парус выставлен для работы на курсе бакштаг к истинному ветру на акватории, то после разгона приходится выбирать гика - шкоты «втугую» потому, что парус работает на «курсе» бейдевинд для набегающего воздушного потока – вымпельного ветра. На схеме Рис.4 это немного отражено на фрагменте в верхнем правом углу. Это видно также и на фото внизу

Рис. 6 Буер международного класса DN на дистанции гонок. Истинный ветер на акватории может дуть в «бакштаг», под углом с кормы, а парус должен быть выбран в «доску», как для острого курса.

С одной стороны возрастающая скорость ледовой яхты – буера или скоростной яхты над поверхностью воды **«дарит» парусам, как парусному «мотору» дополнительную мощность для развития большей скорости**, с другой стороны **большая скорость вызывает и большее сопротивление упругой воздушной среды**, которое мы до этого не учитывали. И поэтому возникает естественный

физический барьер торможения для рекордов скорости под парусами.

Чтобы «запрячь» вымпельный ветер в паруса яхтсменам приходится разгонять иногда буера ногами «вручную». Только при достижении определённой скорости скольжения по льду, набегающий скоростной воздушный поток достигает приемлемой величины и «включается» уже в виде вымпельного ветра в работу парусов и даёт **дополнительную тягу** по сравнению с **истинным ветром на акватории,** если бы силу тяги считали и имели только от истинного ветра.

Здесь можно посмотреть об этом видео сюжет, как юные спортсмены разгоняют со старта свои снаряды «Ледовый оптимист» на соревнованиях текущего года на озере Байкал. https://dzen.ru/video/watch/66014888559814279 1ce6b66?rid=2906794310.68.1712854389770.93141&t=13

Рис. 7 Гонки юношей в классе "Ледовый оптимист"

Резюме. Потенциал приращения скорости и его ограничения.

Яхта может разгоняться до скорости, превосходящей скорость истинного ветра на акватории. Предел скорости яхты обусловлен растущим сопротивлением воздушной и водной среды в режиме глиссирования с увеличением скорости яхты (буера). Сила тяги парусов из-за сопротивления воздушной среды будет плавно обнуляться этими силами сопротивления. **В какой-то момент силы сопротивления и тяги могут сравняться по величине.** Но и тогда в идеальных условиях по первому закону Ньютона (из школьного курса) буер должен сохранять равномерное прямолинейное равномерное движение с постоянной скоростью. Но идеальных условий в реальной практике не бывает и у сил сопротивления движению всегда находятся «союзники». Это пироги старого снега на дистанции, микро-торосы льда, лужи с мягким льдом при оттепелях и т.п. Пока сила тяги хотя бы немного превышает суммарные силы сопротивления движению вперёд, то происходит равноускоренное движение буера вперёд. В какой-то момент противоборство этих сил может сравняться, и они уравновесятся, движение станет локально равномерным. Здесь обычно "вмешиваются" природные союзники силы сопротивления воздушной среды и происходит суммарное **превышение сил сопротивления движению над силой тяги парусов и** их локальная «победа». Буер или яхта будут замедляться, идти с меньшей скоростью. При уменьшении скорости яхты (буера) будет уменьшаться скорость набегающего потока, и как вы уже теперь знаете, вследствие этого будет уменьшаться выработка силы тяги в парусах. При уменьшении скорости движения яхты и сопротивление воздушной среды также будет уменьшаться. И ту важное: **сила сопротивления воздушной среды уменьшается примерно в два раза быстрее чем сила тяги парусов**, смотри формулу Рис 3 и график ниже Рис. 8). Здесь и тогда опять возникает возможность нового разгона яхты или буера и возвращения их на прежний скоростной режим. **Цикл теоретически может многократно**

повторяться по схеме разгон - торможение.
Здесь можно было бы углубиться в законы инерции и сохранения энергии. Но мы здесь решили ограничиться основными аэродинамическими понятиями и формулами. Отметим также повторно и дополнительно, что сила тяги и сила **сопротивления воздуха прямо пропорциональны скорости яхты.** Но сила тяги, как производная (составляющая) от скорости набегающего потока **прирастает** примерно в **два раза быстрее**, чем сопротивление воздушной среды, при разгоне буера, и **замедляется в два раза медленнее** при замедлении-торможении буера, смотрим график ниже Рис. 8 .
И это предоставляет физически манёвр действий для поддержания высокой скорости буера водителям буеров.

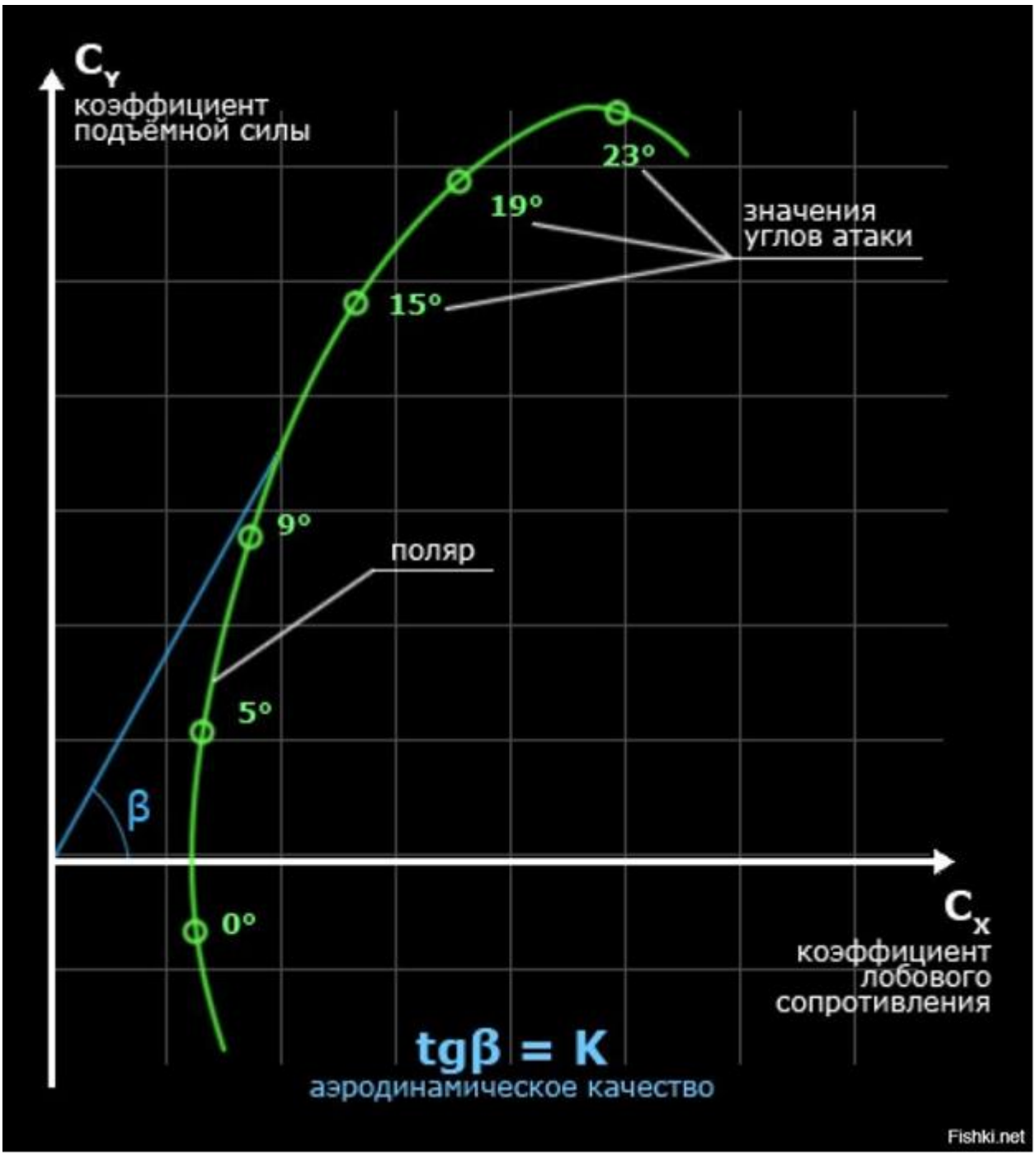

Рис. 8 На графике соотношение полезной аэродинамической (подъёмной) силы и силы сопротивление воздушного потока обусловлено соответствующими коэффициентами. На графике экспериментальные данные, из которых видно, что сопротивление воздушной среды всегда «отстаёт» от полезной аэродинамической силы, по величине. Силы, естественно, измерены в одинаковых единицах и масштабе.

Это означает, что буер или яхта на подводных крыльях **имеют потенциал приращения скорости**

движения в рабочем диапазоне углов атаки крыла, **без увеличения истинного ветра на акватории**. Этот потенциал подтверждается на практике в гонках ледовых яхт – буеров. Спортсмены этот потенциал используют в полной мере, поддерживая скорость своих спортивных парусных снарядов. Но повторимся, что реальность это не теория, и буер тормозит не только «упругая» воздушная среда, но и старый снег на льду - «пироги», лужи весной, и прочие дефекты поверхности льда.

Рис. 9 На фото буер международного класса DN. Такая снежная и рыхлая "дорога", не способствует достижению рекордных скоростей буера.

Истинный ветер на акватории так же не постоянен по силе и направлению и это накладывает свои ограничения на скоростное движение ледовых яхт. Но спортсмены отважно ведут свои снаряды под парусами по ледовым полям, к новым рекордам скорости. Величина рекорда скорости на буерах составляет 230 км/час. Так работают феноменальные способности «парусного мотора.»

*Согласно сборнику рекордов в 1938 году на озере Виннебаго (американский штат Висконсин) пилот Джон Бакстэф разогнал свой **буер** Debutante до невероятной скорости — 143 мили в час (230 км/ч)! Неправдоподобным в этой истории кажется то, что рекорд был установлен при ветре скоростью 116 км/ч. «При таком ветре человек едва ли сможет устоять на льду, — размышляет Боб Дилл, создатель рекордного **буера** Iron Duck. — Управлять же парусной машиной в таких условиях практически не возможно»

**Рекорды для стандартных гоночных буеров выглядят менее впечатляюще, но они вполне реальны. Для буера международного класса «Monotype XV» рекорд 169 км/час, для буеров международного класса DN 157 км/час

*** Мы скромно умолчали о буерах и яхтах с полужёсткими и жёсткими парусами-крыльями. Тема обширная и её не было возможности внести в нашу "краткую" подборку: "Ветер который быстрее ветра". Но тема есть, и она уже обозначена в реальности и не только в спортивных "парусных" снарядах и болидах, но и в коммерческом флоте.

Предшествующие Учебные саги №№ 61, 62, 63 серии: "Ветер, который быстрее ветра можно посмотреть здесь на сайте; https://www.parusniy-sport.org/metodics

Всем счастливых морских миль!

Море и паруса всегда с вами в вашем смартфоне.

@АБС