

Корабль под турбопарусами!

Знаменитый документальный сериал «Подводная одиссея команды Кусто» великий французский океанограф снимал в 1960-1970-х годах. Основным кораблем Кусто был тогда переделанный из британского минного тральщика «Калипсо». Но в одном из последующих фильмов – «Повторное открытие мира» – появилось другое судно, яхта «Алкиона».

Глядя на нее, многие телезрители задавали себе вопрос: что это за странные трубы установлены на яхте?.. Может быть, это трубы котлов или двигательных установок? Каково же может быть ваше изумление, если вы узнаете, что это ПАРУСА ... турбопаруса ...

Яхту «Алкиона» фонд Кусто приобрёл в 1985 году, и рассматривался этот корабль не столько как исследовательский, сколько в качестве базы для изучения эффективности турбопарусов – оригинального судового движителя. А когда спустя 11 лет легендарная «Калипсо» затонула, «Алкиона» заняла её место в качестве основного судна экспедиции (к слову, сегодня «Калипсо» поднята и в полуразграбленном состоянии стоит в порту Конкарно).

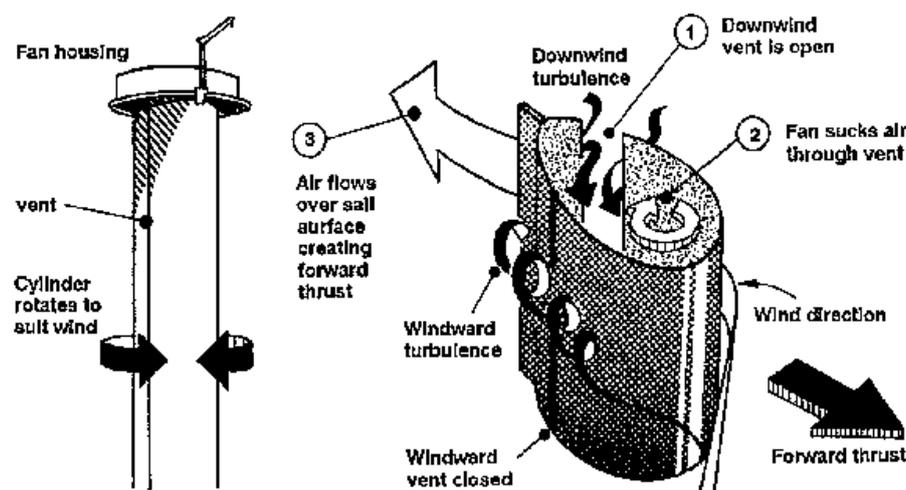
Собственно, турбопарус изобрел Кусто. Так же как акваланг, подводное блюдо и множество других приспособлений для исследования морских глубин и поверхности Мирового океана. Идея родилась ещё в начале 1980-х и заключалась в том, чтобы создать максимально экологичный, но при этом удобный и современный движитель для водоплавающего средства. Использование силы ветра представлялось наиболее перспективным направлением исследований. Но вот незадача: парус человечество придумало несколько тысяч лет назад, а что может быть проще и логичнее?



Конечно, Кусто и компания понимали, что построить судно, приводимое в движение исключительно парусом, невозможно. Точнее, возможно, но его ходовые качества будут весьма посредственными и зависимыми от капризов погоды и направления ветра. Поэтому изначально планировалось, что новый «парус» будет лишь вспомогательной силой, применимой в помощь обычным дизельным двигателям. При этом турбопарус заметно снизил бы расход дизельного топлива, а при сильном ветре мог стать единственным двигателем судна. И взгляд команды исследователей обратился в прошлое – к изобретению немецкого инженера Антона Флеттнера, знаменитого авиаконструктора, внесшего серьезный вклад и в кораблестроение.



Турбопарус представляет собой полый цилиндр, снабженный специальным насосом. Насос создает разрежение с одной стороны турбопаруса, закачивая воздух внутрь паруса, наружный воздух начинает течь вокруг турбопаруса с разной скоростью и корабль начинает



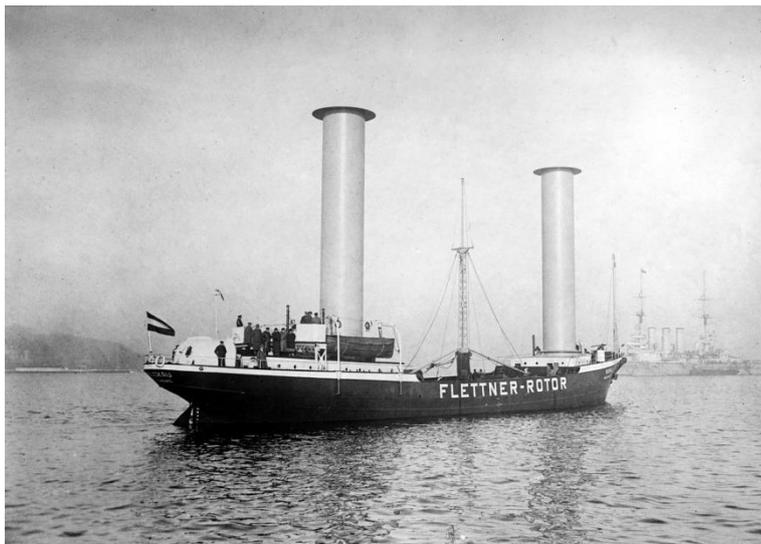
двигаться в перпендикулярном давлению воздуха направлению. Это очень напоминает подъемную силу действующую на крыло самолета — снизу крыла давление больше и самолет выталкивает вверх. Турбопарус позволяет двигаться кораблю против любого ветра, лишь бы хватило мощности насоса. Применяется как вспомогательная система для обычного судового двигателя. Два турбопаруса установленные на корабле команды Кусто «Алкион» позволяли экономить до 50% горючего.

система для обычного судового двигателя. Два турбопаруса установленные на корабле команды Кусто «Алкион» позволяли экономить до 50% горючего.

Ротор Флеттнера и эффект Магнуса

16 сентября 1922 года Антон Флеттнер получил немецкий патент на так называемое роторное судно. А в октябре 1924 года экспериментальное роторное судно Вискау сошло со стапелей кораблестроительной компании Friedrich Krupp в Киле. Правда, строилась шхуна не с нуля: до установки роторов Флеттнера она была обычным парусным судном.

Идея Флеттнера заключалась в использовании так называемого эффекта Магнуса, суть которого состоит в следующем: когда воздушный (или жидкостный) поток обтекает вращающееся тело, образуется сила, перпендикулярная направлению потока и воздействующая на тело. Дело в том, что вращающийся объект создает вокруг себя вихревое движение. С той стороны объекта, где направление вихря совпадает с направлением потока жидкости или газа, скорость движения среды растёт, а с противоположной – падает. Разница давлений и создает поперечную силу, направленную от стороны, где направление вращения и направление потока противоположны, к стороне, где они совпадают.



«Ветряной корабль Флеттнера у всех на устах благодаря необычайно ревностной газетной пропаганде», – писал Луи Прандтль в своей статье о разработке немецкого инженера.

Открыл этот эффект в 1852 году берлинский физик Генрих Магнус.

Эффект Магнуса

Германский авиационный инженер и изобретатель Антон Флеттнер (1885-1961) вошёл в историю мореплавания как человек, пытавшийся заменить паруса. Ему довелось долго странствовать на паруснике по Атлантическому и Индийскому океанам. На мачтах парусных судов той эпохи ставилось много парусов. Парусное оснащение было дорогостоящим, сложным, а в аэродинамическом отношении не слишком эффективным. Постоянные опасности подстерегали моряков, которым даже во время шторма надо было заниматься парусами на 40-50-метровой высоте.

Во время плавания у молодого инженера родилась мысль заменить паруса, требующие больших усилий более простым, но эффективным устройством, основным двигателем которого также служил бы ветер. Раздумывая над этим, он вспомнил аэродинамические опыты, проводимые его соотечественником физиком Генрихом Густавом Магнусом (1802-1870). Ими было



установлено, что при вращении цилиндра в потоке воздуха возникает поперечная сила с направлением, зависящим от направления вращения цилиндра (эффект Магнуса).

Один из его классических опытов выглядел следующим образом: «Латунный цилиндр мог вращаться между двумя острями; быстрое вращение цилиндру сообщалось, как в волчке, шнуром. Вращающийся цилиндр помещался в раме, которая, в свою очередь, легко могла поворачиваться. На эту систему пускалась сильная струя воздуха при помощи маленького центробежного насоса. Цилиндр отклонялся в направлении, перпендикулярном к воздушной струе и к оси цилиндра, притом в ту сторону, с которой направления вращения и струи были одинаковы» (Л. Прандтль «Эффект Магнуса и ветряной корабль», 1925).

А. Флеттнер сразу подумал, что паруса можно заменить установленными на корабле вращающимися цилиндрами.

Оказывается, что там, где поверхность цилиндра движется против потока воздуха, скорость ветра уменьшается, а давление – увеличивается. С другой стороны цилиндра все наоборот – скорость воздушного потока возрастает, а давление – падает. Эта разница в давлениях с разных сторон цилиндра и является движущей силой, которая заставляет судно двигаться. Таков основной принцип действия роторного оборудования, которое использует силу ветра для движения судна. Всё очень просто, однако только А. Флеттнер «не прошёл мимо», хотя эффект Магнуса был известен уже более полувека.

К реализации замысла он приступил в 1923 году на одном озере недалеко от Берлина. Собственно, Флеттнер сделал довольно простую вещь. Он установил на метровую испытательную шлюпку бумажный цилиндр-ротор высотой около метра и диаметром 15 см, а для его вращения приспособил часовой механизм. И шлюпка поплыла.

Капитаны парусных судов насмеялись над цилиндрами А. Флеттнера, которыми он хотел заменить паруса. Изобретателю удалось заинтересовать своим изобретением состоятельных меценатов. В 1924 году на 54-метровой шхуне «Вискау» вместо трёх мачт были смонтированы два роторных цилиндра. Эти цилиндры вращал дизельный генератор мощностью 45 л.с.

Роторы «Букау» вращались от электродвигателей. Собственно, никакого отличия от классических опытов Магнуса в конструкции не было. Со стороны, где ротор вращался навстречу ветру, создавалась область повышенного давления, с противоположной – пониженного. Результирующая сила и двигала судно. Более того, эта сила примерно в 50 раз превышала силу давления ветра на неподвижный ротор!

Это открывало перед Флеттнером огромные перспективы. Помимо всего прочего, площадь ротора и его масса были в несколько раз меньше, чем площадь парусного вооружения, которое бы давало равную движущую силу. Ротором было намного проще управлять, да и в производстве он был достаточно дешёв. Сверху Флеттнер накрыл роторы плоскостями-тарелками – это увеличивало движущую силу примерно в два раза за счёт правильной ориентации потоков воздуха относительно ротора. Оптимальную высоту и диаметр ротора для «Букау» рассчитали, продув модель будущего судна в аэродинамической трубе.



Турбопарусник Кусто – На 2011 год «Алкиона» является единственным в мире судном с турбопарусом системы Кусто. Смерть великого океанографа в 1997 году поставила крест на постройке второго подобного корабля, «Калипсо II», а другие кораблестроители опасаются непривычной конструкции...

Ротор Флеттнера показал себя прекрасно. В отличие от обычного парусного судна, роторный корабль практически не боялся непогоды и сильных боковых ветров, легко мог идти переменными галсами под углом 25° к встречному ветру (для обычного паруса предел около 45°). Два цилиндрических ротора (высота 13,1 м, диаметр 1,5 м) позволили отлично сбалансировать судно – оно оказалось устойчивее парусника, которым «Букау» был до перестройки. Испытания проводили и в штиль, и в шторм, и с намеренной перегрузкой – и никаких серьёзных недостатков выявлено не было. Наиболее выгодным для движения судна было направ-

ление ветра точно по перпендикуляру к оси судна, а направление движения (вперед или назад) определялось направлением вращения роторов.

В середине февраля 1925 г. шхуна «Вискау», вместо парусов снабженная роторами Флеттнера, вышла из Данцига (ныне – Гданьск) в Шотландию. Погода была плохой, а большинство парусников не осмеливались выходить из портов. В Северном море «Вискау» пришлось серьёзно сразиться с сильными ветрами и большими волнами, однако шхуна накренилась на борт меньше, чем другие встреченные парусники.

Во время этого плавания не требовалось вызывать на палубу членов команды, чтобы они меняли паруса в зависимости от силы или направления ветра. Хватило одного вахтенного штурмана, который, не выходя из рубки, мог управлять деятельностью роторов. Раньше команда трехмачтовой шхуны состояла как минимум из 20 матросов, после её переделки в роторный корабль хватило 10 человек.

В том же году на верфи был заложен второй роторный корабль – могучий грузовой лайнер «Барбара», приводимый в движение тремя 17-метровыми роторами. При этом для каждого ротора хватало одного маленького моторчика мощностью всего 35 л.с. (при максимальной скорости вращения каждого ротора 160 об/мин)! Тяга роторов была эквивалентна тяге винтового движителя вкуче с обычным корабельным дизелем мощностью около 1000 л.с. Впрочем, дизель на судне тоже наличествовал: в дополнение к роторам он приводил в движение винт (который оставался единственным движителем в случае безветренной погоды).



Vintagephotos

www.delcampe.net

Многообещающие опыты побудили судоходную компанию «Rob.M.Sloman» из Гамбурга в 1926 году построить судно «Барбара». На нем заранее намечалось оборудовать турбопаруса – роторы Флеттнера. На судне длиной 90 м и шириной 13 м были смонтированы три ротора высотой около 17 м.

«Барбара», как и планировалось, в течение некоторого времени успешно перевозила фрукты из Италии в Гамбург. Примерно 30-40 % времени рейса судно шло благодаря силе ветра. При ветре в 4-6 баллов «Барбара» развивала скорость 13 узлов.

Планировалось испытать роторное судно в более длительных рейсах в Атлантическом океане.

Но в конце 1920-х грянула Великая депрессия. В 1929 году чартерная компания отказалась от дальнейшей аренды «Барбары», и её продали. Новый владелец снял роторы и переоборудовал корабль по традиционной схеме. Всё-таки ротор проигрывал винтовым движителям в сочетании с обычной дизельной силовой установкой из-за своей зависимости от ветра и определенных ограничений по мощности и быстроходности. Флеттнер обратился к более перспективным исследованиям, а «Баден-Баден» в итоге затонул во время шторма в Карибском море в 1931 году. И о роторных парусах надолго забыли...

Начало роторных судов, казалось бы, было достаточно успешным, но они не получили развития и надолго были забыты. Почему? Во-первых, «отец» роторных судов А. Флеттнер погрузился в создание вертолетов и перестал интересоваться морским транспортом.

Во-вторых, несмотря на все свои преимущества, роторные суда так и остались парусниками с присущими им недостатками, основной из которых – зависимость от ветра.

Роторами Флеттнера снова заинтересовались в 80-х годах XX в., когда учёные начали предлагать различные меры по смягчению потепления климата, снижению загрязнения, более рациональному расходованию топлива. Одним из первых о них вспомнил исследователь глубин француз Жак-Ив Кусто (1910-1997). Для испытания работы системы турбопарусов и снижения расхода дорожающего топлива двухмачтовый катамаран «Alcyon» (Алкиона – дочь бога ветров Эола) был переделан в роторное судно. Выйдя в морское плавание в 1985 году, он побывал в Канаде и Америке, обогнул мыс Горн, обошёл Австралию и Индонезию, Мадагаскар и Южную Африку. Был перенесен в Каспийское море, где проплавал три месяца, занимаясь различными исследованиями. «Alcyon» до сих пор использует два разных движителя – два дизельных двигателя и два турбопаруса.



Vintagephotos

www.delcampe.net

Турбопарус Кусто

Парусники строились и на протяжении XX века. В современных кораблях такого типа парусное вооружение сворачивается с помощью электромоторов, новые материалы позволяют заметно облегчить конструкцию. Но парусник парусником, а идея использовать энергию ветра кардинально новым способом витала в воздухе ещё со времен Флеттнера. И её подхватил неутомимый искатель приключений и исследователь Жак-Ив Кусто.

23 декабря 1986 года, уже после того как упомянутая в начале статьи «Алкиона» была спущена на воду, Кусто и его коллеги Люсьен Малавар и Бертран Шарье получили совместный патент № US4630997 на «устройство, создающее силу посредством использования движущейся жидкости или газа». Общее описание звучит следующим образом: «Устройство помещается в среду, движущуюся в некотором направлении; при этом возникает сила, действующая в направлении, перпендикулярном первому. Устройство позволяет избежать использования массивных парусов, в которых движущая сила пропорциональна площади паруса». Чем же отличается турбопарус Кусто от роторного паруса Флеттнера?

В поперечном сечении турбопарус представляет собой нечто вроде вытянутой и скругленной с острого конца капли. По бокам «капли» расположены воздухозаборные решетки, через одну из которых (в зависимости от необходимости движения вперед или назад) производится отсос воздуха. Для максимально эффективного засасывания ветра в воздухозаборник на турбопарусе установлен небольшой вентилятор, приводимый в движение электромотором.



Он искусственно повышает скорость движения воздуха с подветренной стороны паруса, всасывая воздушную струю в

момент её отрыва от плоскости турбопаруса. Это создаёт разрежение с одной из сторон турбопаруса, одновременно предотвращая образование турбулентных вихрей. А дальше действует эффект Магнуса: разрежение с одной стороны, как результат – поперечная сила, способная приводить судно в движение. Собственно, турбопарус – это поставленное вертикально самолётное крыло, по крайней мере принцип создания движущей силы схож с принципом создания подъёмной силы самолета. Для того чтобы турбопарус всегда был повернут к ветру наиболее выгодной стороной, он оборудован специальными датчиками и установлен на поворотной платформе. Кстати, патент Кусто подразумевает, что воздух может отсасываться изнутри турбопаруса не только вентилятором, но и, к примеру, воздушным насосом – таким образом Кусто прикрыл калитку для последующих «изобретателей».

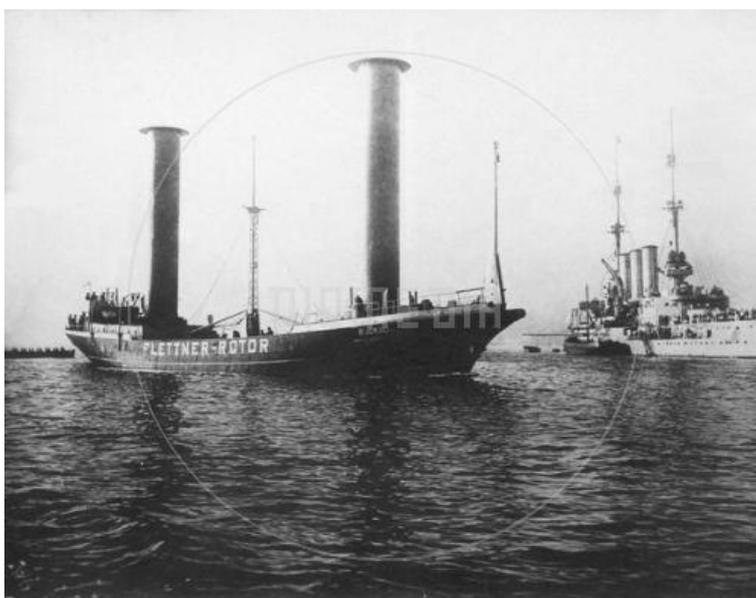
Собственно, впервые Кусто испытал прототип турбопаруса на катамаране «Ветряная мельница» (Moulin à Vent) в 1981 году. Самым крупным успешным плаванием катамарана было путешествие из Танжера (Марокко) в Нью-Йорк под присмотром более крупного корабля экспедиции.

А в апреле 1985 года в порту Ла-Рошель была спущена на воду «Алкиона» – первый полноценный корабль, оборудованный турбопарусами. Сейчас она по-прежнему на ходу и на сегодняшний день является флагманом (и, по сути, единственным крупным кораблем) флотилии команды Кусто. Турбопаруса на ней служат не единственным двигателем, но помогают обычной сцепке из двух дизелей и нескольких винтов (что, кстати, позволяет сократить расход горючего примерно на треть). Будь великий океанограф жив, он бы, наверное, построил ещё несколько подобных кораблей, но энтузиазм его соратников после ухода Кусто заметно спал.

Незадолго до смерти в 1997 году Кусто активно прорабатывал проект судна «Калипсо II» с турбопарусом, но завершить его не успел. По последним данным, зимой 2011 года «Алкиона» стояла в порту Каен и ждала новой экспедиции.

И снова Флеттнер

Сегодня предпринимаются попытки возродить идею Флеттнера и сделать роторные паруса массовыми. Например, знаменитая гамбургская компания Blohm + Voss после нефтяного кризиса 1973 года начала активную разработку роторного танкера, но к 1986-му эконо-



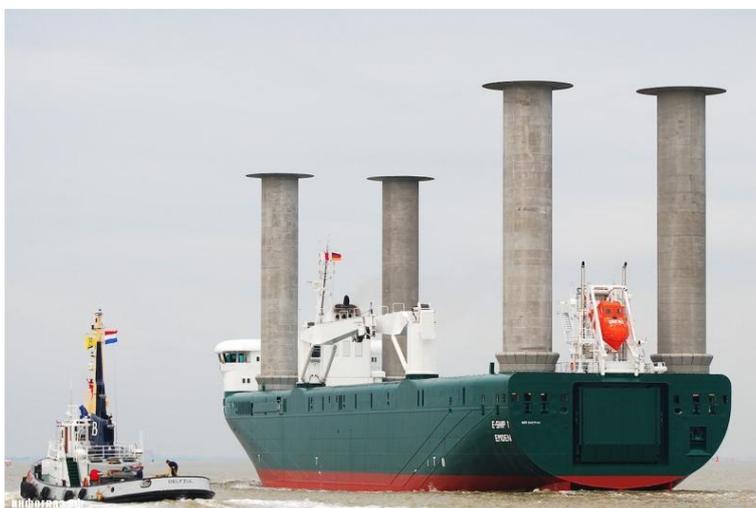
01A81XF3 * © Photos 12 - Archive|www.diormedia.com * Turbosail: Plettner Rotor (Magnus effect) * 17 Nov 2013

мические факторы прикрыли этот проект. Потом был целый ряд любительских конструкций.

В 2007 году студенты Фленсбургского университета построили катамаран, приводимый в движение роторным парусом (Unicat Flensburg).

В 2010 году появился третий в истории корабль с роторными парусами – тяжелый грузовик E-Ship 1, который был построен по заказу компании Enercon, одного из крупнейших производителей ветрогенераторов в мире. 6 июля 2010 года корабль был впервые спущен на воду и совершил короткое плавание из Эмдена в Бремерхафен. А уже в августе он отправился в свой первый рабочий вояж в Ирландию с грузом из девяти ветрогенераторов. Судно оборудовано четырьмя роторами Флеттнера и, конечно, традиционной силовой установкой на случай безветрия и для получения дополнительной мощности. Всё-таки роторные паруса служат лишь вспомогательными движителями: для 130-метрового грузовика их мощности маловато, чтобы развивать должную скорость. Двигателями служат девять силовых установок Mitsubishi, а роторы вращаются с помощью паровой турбины производства Siemens, использующей энергию отработавших газов. Роторные паруса позволяют сэкономить от 30 до 40% топлива на скорости 16 узлов.

А вот турбопарус Кусто пока остается в некотором забвении: «Алкиона» на сегодняшний день – единственный полноразмерный корабль с таким типом движителя. Опыт немецких кораблестроителей покажет, имеет ли смысл и дальше развивать тему парусов, работающих на эффекте Магнуса. Главное – найти этому экономическое обоснование и доказать эффективность. А там, глядишь, и всё мировое судоходство перейдет на принцип, который талантливый немецкий ученый описал более 150 лет назад.





В Северном море в 2010 году можно было увидеть странное судно «E-Ship 1». На его верхней палубе возвышаются четыре высоких округлых трубы, однако из них никогда не клубится дым. Это – так называемые роторы Флеттнера, пришедшие на смену традиционным парусам.

Крупнейший в мире производитель ветряных силовых установок «Enercon» 2 августа 2010 спустил на воду на судовой верфи Линденау в Киле 130-метровое роторное судно шириной 22 м, которое позднее было названо «E-Ship 1». Потом оно успешно было испытано в Северном и Средиземном морях, и в настоящее время перевозит ветряные генераторы из Германии, где их производят, в другие страны Европы. Оно развивает скорость в 17 узлов (32 км/час), одновременно перевозит более 9 тыс. тонн груза, его экипаж – 15 человек.

Расположенная в Сингапуре судопромышленная компания «Wind Again», занимающаяся созданием технологий по снижению расхода топлива и выбросов, предлагает устанавливать на танкерах и грузовых судах роторы Флеттнера особой конструкции (складные). Они позволяют сократить расход топлива на 30-40 % и окупаться за 3-5 лет.

Действующая в Финляндии компания морской инженерии «Wartsila» уже планирует приспособить турбопаруса и на круизных паромках. Это связано со стремлением финского паромного оператора «Viking Line» сокращать расход топлива и загрязнение окружающей среды.



Использование роторов Флеттнера на прогулочных судах изучает университет Фленсбурга (Германия). Похоже, растущие цены на нефть и вызывающее тревогу потепление климата создают благоприятные условия для возвращения ветряных движителей.



Яхта конструкции Джона Марплса «Клодия» (Cloudia) представляет собой перестроенный тримаран Searunner 34. Первые тесты яхта прошла в феврале 2008 года в городе Форт-Пирс, Флорида, США, а её создание финансировал телеканал Discovery. «Клодия» показала себя невероятно маневренной: она останавливалась и включала задний ход за считанные секунды, свободно двигалась под углом порядка 15° к ветру. Заметное улучшение характеристик по отношению к традиционному ротору Флеттнера обусловлено дополнительными поперечными дисками, установленными на передний и задний роторы тримарана.

установленными на передний и задний роторы тримарана.





2013г., источники

<http://www.popmech.ru/article/8606-to-li-machta-to-li-parus/>

<http://www.jura24.lt/ru/novosti/raznoje/-369138>