

ახალი ტექნოლოგიების გამოყენება გემთსაფარაშობაში (განახლებადი ქარის ენერჯის გამოყენება)

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МОРЕХОДСТВЕ (ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГИЯ ВЕТРА - ЭФФЕКТ МАГНУСА)

NEW TECHNOLOGIES IN NAVIGATION (THE USE OF WIND FORCE)

მზია დიასამიძე,

პროფესორი, ფიზიკა-
მათემატიკის მეცნიერებათა
კანდიდატი, საქართველო,
ბათუმი, ბათუმის სახელმწიფო
საზღვაო აკადემია

ირმა ტაკიძე,

ასოცირებული პროფესორი,
ფიზიკის აკადემიური დოქტორი,
საქართველო, ბათუმი, ბათუმის
სახელმწიფო საზღვაო აკადემია

МЗИЯ ДИАСАМИДЗЕ,

профессор, кандидат физико-
математических наук,
Грузия, Батуми, Батумская
Государственная Морская Академия

ИРМА ТАКИДЗЕ,

асоциированный профессор,
академический доктор,
Грузия, Батуми, Батумская
Государственная Морская Академия

MZIA DIASAMIDZE,

professor, Batumi
State Maritime
Academy

IRMA TAKIDZE,

Associate professor,
Batumi State Mari-
time Academy

ანოტაცია

ქარის ძალა დღემდე აქტიურად გამოიყენება არასწრაფმავალი ალქნიანი ნაგებობების/გემების გადსაადგილებლად. გემის სიჩქარისა და ნაკადის ძალის მიუხედავად, არსებობს ქარის ენერჯის გამოყენების ალტერნატიული მეთოდი „მაგნუსის ეფექტის“ გამოყენებით. მაგნუსის ეფექტი წარმოადგენს ისეთი ფიზიკური მოვლენების ერთობლივ შედეგს, როგორებიცაა: 1) ბერნულის ეფექტი და 2) გარემოში გარსადანი ფორმის მქონე ობიექტის ირგვლივ სასაზღვრო ფენის წარმოქმნა. ამ ეფექტების გამოყენებით აიგო გემი და მოხდა მისი გამოცდა სხვადასხვა პარამეტრებზე. გასული საუკუნის 80-იან წლებში ტურბო-იალქნის უფრო რთული ფორმა შეიმუშავეს ფრანგმა ინჟინრებმა ოკეანოლოგ ჟაკ-ივ კუსტოს ხელმძღვანელობით. საუკეთესო ჩვეულებრივ იალქნებთან შედარებით ტურბო-აფრა უზრუნველყოფდა $3,5 \div 4$ -ჯერ უფრო მაღალ წევის კოეფიციენტს. ტურბო-იალქანი შეიძლება დამონტაჟებულ იქნას ტანკერებზე, ბალკერებსა და

სხვა მძიმე გემებზე, რაც შეამცირებს საწვავის ხარჯს. დღეს-დღეობით სერიოზული ნაბიჯებია გადადგმული, რათა როტორული იალქნები დაინერგოს მასიურად. ისინი იძლევიან 30-დან 40%-მდე საწვავის ეკონომიას 16 კვანძი სიჩქარით მოძრაობის დროს. გერმანელი გემთმშენებლების გამოცდილება აჩვენებს, აქვს თუ არა აზრი გაგრძელდეს მაგნუსის ეფექტზე მომუშავე „იალქნიანი“ გემების განვითარება. იმედია, მალე დადგება დრო, როდესაც მსოფლიო საზღვაო ნავიგაცია გადავა იმ პრინციპების გამოყენებაზე, რომელსაც ნიჭიერი გერმანელი მეცნიერი აღწერდა ჯერ კიდევ 150-ზე მეტი წლის წინ.

საკვანძოსიტყვები: მაგნუსის ეფექტი, ბერნული ეფექტი, როტორული ხომალდი.

ABSTRACT

The course of the vessel in relation with the wind is an angle between the direction of the wind and the midship line of the vessel. One of the most

widespread use of the wing is its application in the wind-driven ship. But these ships are not so fast. But there also is an alternative way to use wind for ship movement despite wind speed and stream force – the application of Magnus Effect, which is the result of mutual impact of the physic phenomenon, such as Bernoulli effect and creation of border layer around streamlined object. Using this effect, the first rotor vessel was created. In 1980s more complicated form of turbo sail was developed by French engineers under supervision of oenologist Jacques Yves Cousteau. In comparison with the best of the usual sails, the turbo sail provided 3,5-4 larger propulsive coefficient. It was supposed to install turbo sails to the tankers, bulkers and the large ships to decrease fuel consumption rate. Nowadays there are attempts to put rotor sails into mass usage. The rotor sails give possibility to save 30-40% of fuel at 16 knots speed. The experience of German shipbuilders will show if it is useful to develop the sails, working in application of Magnus effect. We hope, that in future the world navigation will apply the principle, described by the talented German scientist more than 150 years ago.

Keywords. *Magnus Effect, Bernoulli effect, rotor vessel, comfortable navigation.*

Введение

Мы хотим затронуть давно забытую тему, касающуюся морской навигации и высказать мнение об ее ближайшем будущем, кор-



ни которого лежат в 20-ые годы прошлого века. **В мореходстве можно определить курс судна относительно ветра** - это угол между направлением ветра и диаметральной плоскостью

судна. Одним из наиболее распространенных применений ветра остается использование его для движения парусных судов. Впервые суда появились в Китае и Древнем Египте. Нет единого мнения, кто создал парусный корабль раньше. Парусники строились и на протяжении XX века, строятся и в XXI. В целом все типы парусных судов достаточно похожи, почти все они имеют, по меньшей мере одну мачту для содержания парусов, **такелаж** и **Киль**. Однако, парусные суда **не являются очень быстрыми**, путешествия ими через океаны длятся несколько месяцев, а обычной проблемой является попадание в штиль на длительный период, или отклонение от курса из-за шторма или в неудобного направления ветра. В современных кораблях такого типа парусное сооружение сворачивается с помощью электромоторов - освобождая человека от физической работы, а новые более легкие и прочные синтетические материалы позволяют заметно облегчить конструкцию.

Эффект Магнуса

Альтернативный способ использования ветра для передвижения судна вне зависимости от его скорости и силы потока реализуемо с помощью “**Эффекта Магнуса**” - физического явления, открытого в 1853 году **Генрихом Магнусом**. Суть Эффекта Магнуса состоит в следующем: Представим себе шар или цилиндр, которые вращаются в омывающем их потоке газа или жидкости. При этом цилиндрическое тело должно вращаться вдоль своей продольной оси. Во время этого процесса возникает сила, вектор которой перпендикулярен направлению потока. Отчего это происходит? На той стороне тела, где направление вращения и вектор движения потока совпадают, скорость воздушной или жидкой среды повышается, а давление, в соответствии с законом Бернулли, понижается. На противоположной стороне тела, где векторы вращения и потока разнонаправлены, скорость движения среды уменьшается, как бы тормозится, а давление нарастает. Возникающая на противоположных сторонах вращающегося тела разность давлений и порождает поперечную силу. В аэродинамике она известна как подъемная сила, удерживающая в полете

аппараты тяжелее воздуха. В случае же с роторными парусами, это сила с вектором, перпендикулярным направлению воздействия ветра на установленный вертикально на палубе и вращающийся вокруг продольной оси ротор-парус.

Т.о., эффект Магнуса является результатом совместного воздействия таких физических явлений, как: 1) ”**эффект Бернулли**” и 2) образования **пограничного слоя** в среде вокруг обтекаемого объекта. Разъясним последнее: воздух, коснувшийся поверхности цилиндра, образует на ней так называемый пограничный слой, в котором, чем ближе к поверхности, тем меньше его скорость относительно этой поверхности. На самой же поверхности воздух относительно неподвижен, он как бы к ней прилипает. По мере поворота цилиндра „прилипший“ к ней пограничный слой устремляется навстречу внешнему потоку, отрывается от поверхности цилиндра, и возникает давление, направленное перпендикулярно потоку, омывающему цилиндр. Такая же сила возникает и на парусе, и на крыле самолета. Но у цилиндра она примерно в 10 раз больше. Поэтому вращающиеся цилиндры (роторы) были использованы немецким инженером Флеттнером вместо парусов судна „Букау“. При совсем небольшом ветре 8 м/с на каждом цилиндре возникала сила тяги 2 300 кг. Цилиндры вращались электромоторами мощностью 18 л.с., получавшими энергию от дизельной электростанции. Под действием ветра судно двигалось со скоростью 40 км/ч, при этом на преодоление силы сопротивления расходовалась мощность около 700 л.с. Для сравнения: если то же судно двигать при помощи винтов, то понадобятся двигатели общей мощностью около 1 000 кВт! А будь „Букау“ парусником, для обслуживания парусов понадобились бы 20 человек. Между тем для обслуживания роторов Флеттнера хватало одного механика.

Вращающиеся паруса Флеттнера

Описанное физическое явление использовал немецкий инженер Антон Флеттнер при создании нового типа судового двигателя. Флеттнер сделал довольно простую вещь - он

установил на метровую испытательную шлюпку бумажный цилиндр-ротор, высотой около метра и диаметром 15 см. Для его вращения приспособил часовой механизм, и шлюпка поплыла. Доказав на практике возможность использования боковой силы, возникающей в результате эффекта Магнуса, Флеттнер решил переоборудовать трехмачтовик «Букау» в роторный корабль. В 1922 г. изобретатель получил патент на свое устройство, и в 1924 г. первый в истории роторный корабль. Его роторный парус имел вид вращающихся цилиндрических ветросиловых башен. Сверху на роторы-цилиндры Флеттнер поставил плоские тарелки для лучшей ориентации потоков воздуха вокруг цилиндра. Это позволило в два раза увеличить движущую силу. За счет упомянутого „Эффекта Магнуса“ результирующая сила и двигала судно. Эта сила примерно в **50 раз превышала силу давления ветра** на неподвижный ротор!

На испытаниях турбопаруса Флеттнера показали себя превосходно. В отличие от обычного парусника, сильный боковой ветер только улучшал ходовые качества экспериментального судна. Два цилиндрических ротора (высотой 15,6 м и диаметром 2,8 м) позволяли лучше сбалансировать судно. При этом, изменив направление вращения роторов, можно было изменить движение судна вперед или назад. В отличие от обычного парусного судна, роторный корабль практически не боялся непогоды и сильных боковых ветров, оно оказалось устойчивее парусника, которым «Букау» был до перестройки. Испытания проводились и в штиль, и в шторм, и с намеренной перегрузкой - и никаких серьезных недостатков выявлено не было. Разумеется, самым выгодным направлением ветра для создания тяги являлось строго перпендикулярное направление к продольной оси судна. Уже в феврале 1925 года «Букау» успешно прошла долгий путь из Данцига в Шотландию через Северное море, а годом позже корабль (переименованный в «Баден-Баден») совершил вояж из Европы в Америку через Атлантический океан. Казалось все шло хорошо, но в конце 1920-х грянула Великая депрессия. Чартерная компания отказалась от

дальнейшей аренды судна и ее продали. Новый владелец снял роторы и переоборудовал корабль по традиционной схеме. В итоге оно затонуло во время шторма в Карибском море в 1931 году. К сожалению, суда с ротором Флеттнера зависели от прихотей ветра и были вытеснены теплоходами.

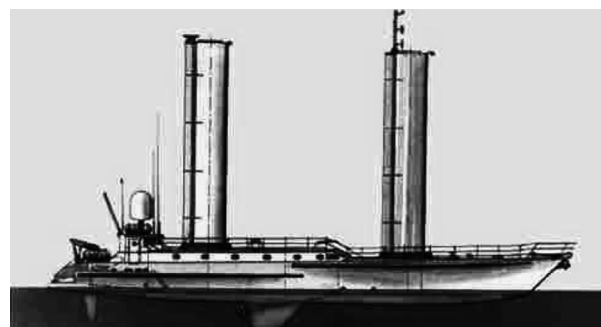
Турбопарус от Кусто

Идею принципиально новой системы, использующей для создания тяги судна энергию ветра, подхватил французский исследователь и изобретатель Жак-Ив Кусто. В начале 1980-х он приступил к работе над созданием таких движителей для современного судна. За основу он взял турбопаруса Флеттнера, но значительно модернизировал систему, усложнив, но, в тоже время, повысив ее эффективность. Конструкция Кусто представляет собой вертикально установленную полую металлическую трубу, имеющую аэродинамический профиль и действующую по тому же принципу, что крыло самолета. В поперечном сечении труба имела каплевидную или яйцеобразную форму. По бокам ее расположены воздухозаборные решетки, через которые посредством системы насосов нагнетается воздух. А дальше в игру вступает эффект Магнуса. Завихрения воздуха создают внутри и снаружи паруса разницу давлений. У одной стороны трубы создается разрежение, у другой – уплотнение. В результате возникает поперечная сила, которая и заставляет судно двигаться. По сути турбопарус – это установленное вертикально аэродинамическое крыло. По аналогичному принципу создается подъемная сила на самолете.

Впервые Кусто испытал прототип своего турбопаруса в 1981 году на катамаране „Ветряная мельница“ (Moulin a Vent) в ходе плавания через Атлантический океан. Во время путешествия катамаран для безопасности сопровождал более крупный корабль экспедиции. Экспериментальный турбопарус давал тягу, но меньше, чем традиционные паруса и моторы. Кроме того, к концу путешествия сварочные швы вследствие усталости металла лопнули под напором ветра, и конструкция упала в воду. Тем не менее, сама идея подтвердилась, и Кусто с коллегами сосре-

доточились на разработке более крупного роторного судна – «Алсион». Оно было спущено на воду в 1985 г. 23 декабря 1986 года, уже после того, как упомянутая в начале статьи «Алсион» была спущена на воду. Кусто и его коллеги получили совместный патент US4630997. В сравнении с лучшими из обычных парусов, турбопарус обеспечивал в **3,5-4 раза больший коэффициент тяги**. Турбопарус способен **обеспечить экономию до 35% горючего**. Даже спустя 20 лет после смерти своего создателя, «Алсион» все еще на ходу и остается флагманом флотилии Кусто. Незадолго до смерти в 1997 году Кусто активно прорабатывал проект судна „Калипсо II“ с турбопарусом, но завершить его не успел.

Французское научно-исследовательское судно «Алсион» (L= 27,4 м; В= 9 м; Т= 0,9 м; D=76 т; N= 230 кВт), построенное в 1985 г. по заказу Ж.



Кусто для замены знаменитого «Калипсо», было оборудовано двумя «турбопарусами», используемыми для создания тяги отсос пограничного слоя.

Выводы и перспективы

Таким образом, в настоящее время существует два типа движителей системы Турбопарус.



Обычный роторный парус, изобретенный Флеттнером в начале XX в., и его модернизированная версия от Жака-Ива Кусто. В первой модели результирующая сила возникает снаружи вращающихся цилиндров; во втором более сложном варианте электронасосы создают разницу давления воздуха внутри полой трубы. Первый турбопарус способен давать ход судну лишь при боковом ветре. Именно по этой причине турбопаруса Флеттнера не получили распространения в мировом судостроении. Конструктивная особенность турбопаруса от Кусто позволяет получить движущую силу независимо от направления ветра. Оборудованное такими движителями судно может плыть даже против ветра, что является неоспоримым преимуществом как над обычными парусами, так и над роторными.

В настоящее время предпринимаются немало попыток, чтобы воплотить в жизнь идею Флеттнера. Имеется ряд любительских проектов. В 2010 году было построено третье в истории после «Букау» и «Алсион» судно с роторными парусами – 130метровый немецкий грузовик класса Ro-Lo. Двигательная система судна представлена двумя парами вращающихся роторов и сцепкой из дизелей на случай шторма и для создания дополнительной тяги. Роторные паруса играют роль вспомогательных двигателей: для судна водоизмещением 10,5 тысяч тонн четырех ветросиловых башен на палубе недостаточно. Тем не менее, эти устройства позволяют сэкономить до 40% топлива на каждом рейсе. Турбопарус можно устанавливать на танкеры, балкеры и другие тяжелые суда для уменьшения расхода топлива. Турбопарус снабжен автоматическими датчиками и смонтирован на поворотной платформе, которая управляется компьютером. Компьютеры координировали работу турбопарусов и дизелей, запуская последние, когда ветер полностью стихал и останавливая их при достаточной скорости ветра. Умная машина располагает ротор с учетом ветра и задает давление воздуха в системе. Для управления судном достаточно было всего 5 человек.

Похоже, растущие цены на нефть и вызывающее тревогу потепление климата

создают благоприятные условия для возвращения ветряных движителей. Сегодня предпринимаются попытки, возродить идею Флеттнера и сделать роторные паруса массовыми. Многие компании начали активную разработку роторного танкера. В 2010 году появился третий в истории корабль с роторными парусами – тяжелый грузовик „E-ship 1“, который был построен по заказу компании Enecon, одного из крупнейших производителей ветрогенераторов в мире. Судно оборудовано четырьмя роторами Флеттнера, и конечно, традиционной силовой установкой на случай безветрия и для получения дополнительной мощности.

Все-таки, паруса служат лишь вспомогательными движителями: для 130 метрового грузовика их мощность маловато, чтобы развивать должную скорость. Двигателями служат 9 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.

Засположенная в Сингапуре судопромышленная компания „WindAgain“, занимающаяся созданием технологий по снижению расхода топлива и выбросов, предлагает устанавливать на танкерах и грузовых судах роторы Флеттнера особой конструкции (складные). Они позволят 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 паромах. Это связано со стремлением финского паромного оператора „VikingLine“ сократить расход топлива и загрязнение окружающей среды. Использование роторов Флеттнера на прогулочных судах изучает университет Фленсбурга (Германия).

В марте 2017 года компании **RoyalDutchShell** и **Maersk** объявили о планах по оборудованию роторными парусами нефтяного танкера длиной 245 метров и дедвейтом почти 110 000 тонн, паруса высотой 30 метров и диаметром 5 метров будут построены из легких композитных материалов и из углеродного волокна. Предполагается, что паруса будут установлены в первой половине

2018 года и протестированы до конца 2019 года. По оценкам представителей Компании, данная технология позволит экономить в среднем до 10% топлива на стандартных маршрутах.

Заклучение

В заключении можно с уверенностью предположить, что внедрение турбопарусов имеет следующие перспективы:

- Использовать бесплатную и возобновляемую энергию ветра на морских судах;
- Сэкономить топливо, т.е. деньги;
- Врзможно на принципе Эффекта Магнуса улучшить КПД ветряных электростанций;

- Турбопарусаобеспечат более эффективно управлять судном, исключая ряд проблем, связанных с погодой, т.е. это - комфортная навигация !
- Появляются новые рабочие места, для обеспечения которого нужноподготовка новыхспециалистов;
- Для подготовки специалистов - нужнавн-едрение в ВУЗ-ах новых образовательных программ, что привлечет больше абитуриентов в Морских Учебных Заведений;
- Потребность новых педагогов!
- В итоге можно решить проблемы, связанные с экологией морей и океанов, который в свою очередь имеет мировое значение для всего человечества!

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

[1]. «Алсион» на сайте Команды Кусто
 [2]. **Martin G. Brown.** F.P.S.O. technology applied to O.T.E.C. (англ.) The International OTEC/DOWA Association newsletter. 1998. vol. 9, 2
 [3]. **Chen Luyu, Chen Shunhuai, Wang Yigong.** Analysis on sail selection and energy conservation of a Panamax bulk carrier, International Conference on Advances in Energy Engineering (ICAEE), 2010
 [4]. **Yasuo Yoshimura.** A prospect of sail-assisted fishing boats. Fisheries Science. — 2002. vol. 68
 [5]. **Алексей Невельский.** Грузоперевозчики испытуют на танкерах роторные паруса, 2017
 [5]. Фильм «Одиссея Жака Кусто – Алкиона: Дочь ветра» 1992-1993гг. Студия – TheCousteauSociety, Inc.,режиссер – Филипп Кусто, Жак-Ив Кусто
 [6]. Жупнал „Популярнаямеханика“, 2011 г