

Евгений Данилов

Гребной винт – вариатор

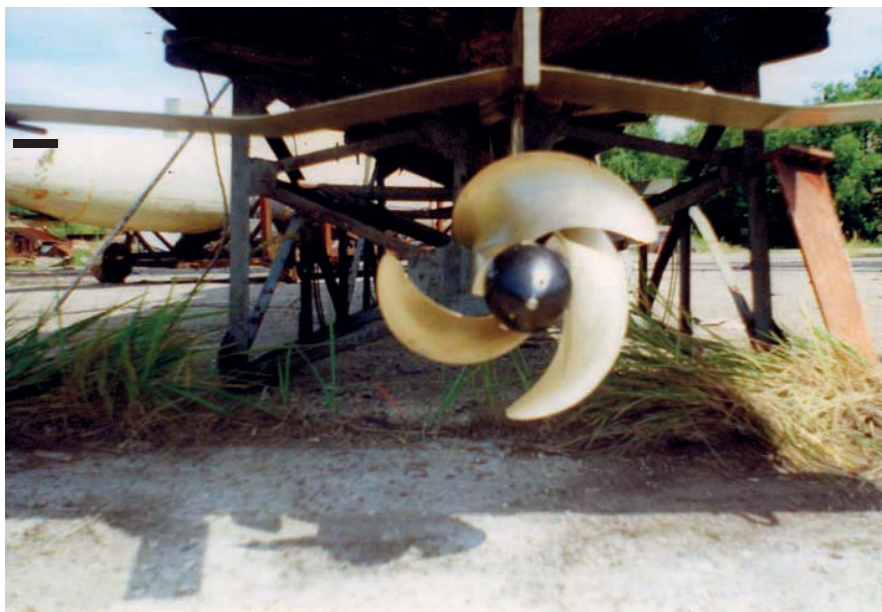
Нужен ли владельцам судов сухогрузного, наливного и тралового флота, спортсменам-гонщикам моторных катеров и всем тем, кто всегда против, простой, дешевый и чрезвычайно экономичный движитель для судна? И существует ли такой сегодня?

Да, существует! Только о нем практически никто и ничего не знает, несмотря на существующие публикации. Видно, время теперь такое. С одной стороны, с социализмом еще не расстались, с другой – расчетливый капитализм нами тоже еще не овладел.

Все знают, что гребной винт – гениальное изобретение человечества. Многие десятилетия он модернизировался и, казалось бы, достиг совершенства. КПД хорошего гребного винта уже зашкаливает за 0,7, а в некоторых случаях (большие глубины) и за 0,8. Куда же дальше! А вот есть куда: все дело в том, что лопасти обычного винта жестко зафиксированы в своем положении, поэтому он и называется винтом фиксированного шага (ВФШ). По этой причине его нагрузочная характеристика зависит только от двух параметров: частоты вращения и скорости движения судна.

Если частоту вращения на установившемся режиме принять за постоянную величину, то скорость движения судна будет зависеть лишь от буксировочного сопротивления корпуса. Буксировочное сопротивление одного и того же корпуса, в свою очередь, зависит от очень многих факторов: направления ветра, течений, волнения, степени обрастания погруженной части корпуса и, что самое главное, от того, идет ли судно в грузу или порожнем. Поэтому и придумали винт регулируемого шага (ВРШ), который за счет изменения угла разворота лопастей решает задачу оптимального соответствия скорости нагрузке.

Хорош, конечно, ВРШ, но уж очень сложен и дорог, да и в его конструкции никак не обойтись без смазочных минеральных масел и дорогих, не всегда надежных уплотнений. К тому же как обязательное приложение ВРШ необходима сложнейшая система управления с гидравлической и электриче-



ской системой обратной связи, а без этих «прибамбасов» ВРШ просто не нужен. В результате его стоимость вырастает до таких размеров, что создатели новых судов долго «морщатся», прежде чем решиться на подобную роскошь, не всегда оправданную экономически.

Вот если бы можно было создать ВРШ простым, надежным, без сложной гидравлики, системы обратной связи и системы управления, который решал бы наши упомянутые злободневные вопросы... Представьте себе, такой ВРШ есть. Только называется он не ВРШ, а ВИГ – винт изменяемой геометрии. Думаю, что у многих читателей готово вырваться: «Фантастика!».

Еще в советское время, в середине 70-х гг., в КБ «Винт» по инициативе сотрудника ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова Л. И. Вишневого был разработан и реализован такой винт. Его так и называли – винт Вишневого. Позднее при участии конструктора А. Н. Степанова и сотрудника 1 ЦНИИ МО РФ И. И. Сизова движитель прошел полномасштабную натурную проверку. Однако разворачиванию работ по созданию таких ВИГ помешала перестройка.

В нем была блестяще решена поставленная перед создателями задача: объединены достоинства ВРШ и ВФШ в единый простой механизм.

Попробуем популярно объяснить принцип действия этого движителя, на научную разработку которого потребовалось более 20 лет напряженного труда. Известно, что в ВРШ для изменения нагрузочной характеристики используется одновременный поворот всех лопастей на определенный угол. Но также известно, что мощность, реализуемая гребным винтом, определяется как

$N_e = K_m \cdot 2\pi \cdot n^3 \cdot D^5$, где изменяемым параметром при постоянной частоте вращения n помимо зависящего от шага коэффициента момента K_m является диаметр винта D . Именно путь варьирования диаметра и выбрал д-р техн. наук Л. И. Вишневский для решения задачи.

Правда, не все так просто. Должен быть еще один параметр, который «чувствовал» бы степень загрузки лопастей гребного винта в зависимости от скорости набегающего потока. И такой параметр был предложен – это вращающаяся инерционная масса лопастей, или центробежная сила. Она и определяет место положения лопасти на описываемой ею окружности при условии, что лопасть в ступице закреплена через поворотный шарнир.

Так как контур лопасти имеет саблевидную геометрию (лопасть с откидкой), при вращении гребного винта она всегда стремится занять положение, когда инерционные массы лопасти, приведенные к одной точке, проходят через ось гребного вала. При этом сила упора, действующая на лопасть, стремится развернуть ее в одну сторону, а сила от набегающего скоростного потока и центробежная сила – в другую. Результатом взаимодействия будет некоторое равновесное положение лопасти. Во время вращения гребного вала лопасть может «покачиваться» относительно своей оси, закрепленной на ступице, по часовой стрелке или против нее. При этом механизм изменения диаметра винта соответственно обеспечивает оптимальную моментную нагрузку, действующую на каждую лопасть. Благодаря вышеприведенной зависимости, где $D = f(D5)$ такое «покачивание» составляет максимум около $\pm 1^\circ$. Количество покачиваний за один оборот мо-

Об изобретателе

Леонид Иосифович Вишнеvский родился в 1945 г. в России. В 1960 г. начал трудовую деятельность на Адмиралтейском судостроительном заводе, где принял участие в строительстве и заводских испытаниях боевых кораблей и судов. Окончил Ленинградский кораблестроительный институт (гидроаэродинамика, 1968 г.) и аспирантуру при нем (прикладная математика, 1974 г.). В 1968 г. приступил к проведению научных исследований в области гидродинамики корабля в ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. Во время работы в ЦНИИ защитил кандидатскую (1975 г.) и докторскую (1998 г.) диссертации. Научную деятельность совмещает с преподаванием в ряде вузов Санкт-Петербурга. Участвовал в проектировании тяжелого атомного крейсера «Петр Великий», кораблей противолодочной обороны с авианесущим вооружением «Москва», «Ленинград», а



также в разработке и испытаниях на Черном море перспективных малозумных корабельных движителей для боевых кораблей и подводных лодок. Ведущий специалист стран СНГ по созданию корабельных движителей нетрадиционного типа (малозумные, высокоэкономичные) для боевых кораблей и судов различного назначения. Узкая область научных интересов – гидродинамика, гидроакустика и прочность корабельных движителей.

Он – автор и соавтор более 200 научных трудов, 35 изобретений. Трижды лауреат премий Научно-технического общества судостроителей им. А. Н. Крылова за лучшие работы по теории корабля. Награжден медалью «300 лет Российскому флоту». Действительный член Международной академии информатизации.

Увлечения – плавание (моржевание), лыжи, народная музыка. В настоящее время – ведущий научный сотрудник ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, профессор кафедры «Гидроаэродинамика и морская акустика» при Санкт-Петербургском государственном морском техническом университете. Имеет квалификацию лицензированного гида на английском языке в музеях Петербурга.

жет быть несколько, правда, на значительно меньший угол, так как система реагирует даже на малое изменение внешних сил.

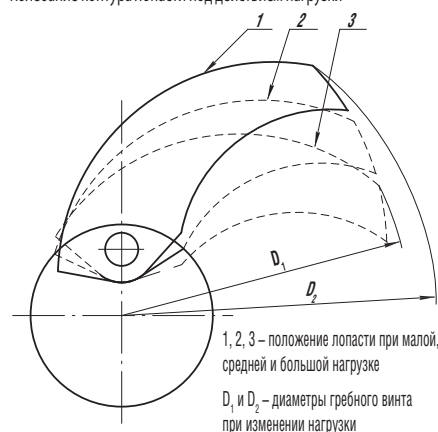
Иными словами, мы получили не винт регулируемого шага, а винт регулируемого диаметра, хотя это не совсем точно, потому что при изменении диаметра концентрические сечения лопастей как бы перемещаются на другой радиус, что приводит также к изменению шага то в большую, то в меньшую сторону. То есть получен механизм, действительные значения параметров по нагрузке которого остаются неизменными для конкретного режима движения. Вот уж, действительно, фантастика!

А теперь осталось «самое малое» – вывести математическую зависимость, «замешанную» на гидромеханике, которая позволила бы четко определять параметры винта для любых судов и режимов движения. И эту задачу успешно решил Л. И. Вишнеvский, а последующие экспериментальные работы на натурных образцах катеров подтвердили его правильность.

Таким образом, мы имеем гребной винт, реагирующий на малейшее изменение внешней нагрузки, связанной не только с воздействием внешних сил, порождаемых движением судна, но с косыми и встречными течениями, обрастанием корпуса и самого гребного винта, и что, самое главное, тонко реагирующий на изменение сопротивления движению, а это абсолютно недоступно самой совершенной системе управления. И все это без «прибамбасов», системы управления и обратных связей.

Далее уместен законный вопрос: «А выше или ниже КПД ВИГ, чем КПД «вылизанного» ВФШ?» Не ниже и не выше при условии уста-

Колебание контура лопасти под действием нагрузки



новившегося движения на спокойной воде и постоянстве значений буксировочного сопротивления. Однако дело в том, что таких условий, к сожалению, в природе не бывает, поэтому и был создан ВРШ.

Лучше ли ВИГ, чем ВРШ? Да, лучше. Ни один ВРШ с самой совершенной системой регулирования не способен на столь тонкое поддержание постоянства нагрузки на двигатель. И, конечно, он лучше тем, что стоимость его на порядок ниже стоимости ВРШ. Точнее, она несколько превышает себестоимость ВФШ. Но главное ВИГ позволяет достичь минимальных удельных расходов топлива в широком диапазоне режимов работы главного двигателя. Оценки показывают, что для крупных грузовых судов это позволяет значительно, до 10–15%, экономить топливо на промежуточных ходах, включая экономический. Именно это открывает перспективу широкого применения винта изменяемой геометрии, особенно если судно во время эксплуатации используется в режиме буксировки или свободного хода.

Есть ли отрицательная сторона у ВИГа? Есть. Для обеспечения заднего хода ему, в отличие от ВРШ, требуется реверс-редуктор либо реверсивный приводной двигатель, т. е. то, что требуется и любому ВФШ.

В заключение еще раз скажем об экономичности ВИГ в процессе эксплуатации. Сколько можно сэкономить топлива, если считать, что минимальная эффективность составляет 6–8% для сухогруза водоизмещением 2000 т при мощности силовой установки 800 л.с. и скорости движения 20 км/ч?

Принимаем, что расстояние передвижения из одного пункта в другой равно 1000 км. Тогда, не утомляя читателя вычислениями, скажем, что экономия составит 7200 руб. А за навигацию это будут сотни тысяч рублей только для одного судна. Для траловых или наливных судов экономия топлива окажется значительно больше – здесь уже пахнет миллионами.

Для малого судна оптимальный КПД винта при движении на различных режимах не слишком актуален (хотя, скажем, рыбаки-«дорожечники» смогли бы высоко оценить подобное устройство), тем не менее винт, поддерживающий нагрузку на двигатель постоянной, положительно сказался бы на его ресурсе при ходе по волне, в сложных погодных условиях и на переходных режимах движения.

В годы бурного развития советского флота ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова воспитал и вырастил плеяду выдающихся ученых, преумноживших славу отечественной науки. Сегодня остались «последние из могикан». В дальнейших публикациях надеемся осветить их неоценимый вклад в дело развития флота.