

УДК 656.6

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДОВЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ

Мильрат Артур Вячеславович¹, аспирант

e-mail: rv3ms@mail.ru

¹ Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В данной статье рассмотрены технические характеристики и особенности различных судовых движителей. Определена оптимальная область применения каждого движителя. Методом сравнения выявлены достоинства и недостатки движителей, сложность изготовления и КПД на различных скоростях.

Ключевые слова: гребной винт, крыльчатый движитель, водометный движитель.

COMPARATIVE EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF MARINE PROPULSORS

Millrat Artur Vyacheslavovich¹, Doctoral Student of the Department of Shipbuilding and Power Plants

e-mail: rv3ms@mail.ru

¹ Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint Petersburg, Russia

Abstract. This article discusses the technical characteristics and features of various ship propulsors. Optimum application area of each propulsor is defined. The comparison method revealed the advantages and disadvantages of the propulsors, the complexity of manufacture and efficiency at various speeds.

Keywords: propeller, wing propulsor, water jet propulsor, efficiency of marine propulsion.

Выбор оптимального типа судового движителя является залогом эффективной и безопасной эксплуатации судна. На заре судостроения широкое распространение получили колесные движители. Они были просты в эксплуатации и изготовлении. Но вместе с ростом требований по грузоподъемности также росли требования и к скоростным характеристикам судна, поэтому колесные движители были вытеснены гребными винтами. В середине 17 века швейцарский физик Даниил Бернулли выдвинул идею использовать винт в качестве движителя для судов. Винт был гораздо сложнее в изготовлении в отличие от гребного колеса, поэтому в то время предложенная идея не получила практического применения. Первые суда с винтовым движителем появились практически через сто лет. Промышленность за это время получила значительное развитие, и изготовить винт с требуемыми характеристиками не представляло особенного труда. Винты изготавливали из разных материалов с различным диаметром, шагом и количеством лопастей, для

согласования его характеристик с судовым двигателем. В итоге винт прочно укрепился в качестве судового движителя и удерживает лидирующие позиции до сих пор [1]. Винтовые движители как правило имеют постоянный диаметр, а шаг винта может либо быть фиксированным, либо иметь возможность изменяться для более гибкой подстройки под условия эксплуатации судна. Поэтому по конструктивным особенностям винтовые движители делятся на винты фиксированного шага и винты регулируемого шага. В первом случае ступица винта и лопасти выполняются цельными. Во втором случае ступица винта и лопасти изготавливаются отдельно. Регулирование шага винта осуществляется синхронным поворотом лопастей на требуемый угол посредством механического привода.

В середине 20 века большую популярность приобрели гонки на скоростных катерах. В погоне за каждым узлом инженеры предпринимали попытки снизить гидродинамическое сопротивление гребного винта, кронштейнов и валопровода, что привело к возникновению разновидности винтового движителя, который стал называться частично погружной винт. Такой движитель показывал более высокую эффективность и не боялся кавитации при высоких рабочих оборотах, так как происходила продувка полостей с пониженным давлением, которые могли образовываться на засасывающей стороне лопастей. Вследствие этого отсутствует вскипание и гидравлические удары в локальные места лопастей. У классических винтов это приводит к выкрашиванию металла лопастей.

Гребной винт обладает довольно высоким КПД. Лучшие образцы винтов в составе сбалансированного пропульсивного комплекса могут иметь КПД 70 – 80 %. Но, как правило, КПД винтовых движителей оказывается существенно меньше, особенно на малотоннажных судах и составляет всего 40 – 45%.

Эксплуатировать судно с винтовым движителем возможно только на определенной глубине, поэтому при попытках пройти отмель, порожистую реку и другие сложные участки винт неминуемо будет поврежден. Так же может быть повреждена валовая линия и перо руля. В результате таких особенностей значительно снижаются эксплуатационные характеристики судна. Поэтому судно с винтовым движителем совершенно непригодно для такой эксплуатации.

Одним из разновидностей судовых движителей является крыльчатый движитель, предложенный в начале 20 века инженером Эрнестом Шнайдером. Данный движитель объединяет в себе рулевое устройство, поэтому является движительно-рулевым комплексом [1]. Лопасти крыльчатого движителя могут изменять угол атаки в широких пределах, что дает возможность судну маневрировать с высокой точностью. Крыльчатые движители показали свою эффективность лучше всего в подруливающих устройствах. Крыльчатый движитель также является и рулевым механизмом судна. Современный движитель выполнен в виде ротора, который установлен на специально отформованном участке днища судна. Ротор приводится во вращение от главного двигателя судна. На роторе установлены лопасти (крылья), их количество может быть различным. Лопасти движителя могут изменять свой шаг, как и винт регулируемого шага. Конструктивная сложность и стоимость изготовления крыльчатого движителя относительно велика. Вес данного типа движителя значительно превышает вес гребного винта. Так же для своей установки крыльчатый движитель требует особенных форм кормовой части судна. Лопасти такого движителя уязвимы и часто повреждаются. При килевой качке движитель завоздушивается и работает не эффективно. Из-за больших механических потерь в редукторах для привода крыльчатого движителя его КПД обычно не превышает 0,5 — 0,6. При скоростях свыше 20 узлов. возникает неустраняемая кавитация. Применение такого движителя оправдано на судах, где важны высокие маневренные качества, например на портовых буксирах, плавучих кранах, дноуглубительных снарядах.



Водометные движители появились в конце 19 века, но сама идея использовать энергию выбрасываемой насосом струи появилась еще в середине 16 века, задолго до изобретения гребного винта [2]. Появились эффективные высокопроизводительные насосы различных типов, которые можно установить в корпус судна вместе с судовым двигателем. Насос забирал забортную воду и создавал мощную струю, направленную в противоположную от направления движения судна сторону. Со временем были спроектированы различные типы водометных движителей, в зависимости от конструкции насоса называемые центробежными или осевыми водометами [3]. Современные водометные движители могут различаться количеством ступеней насосов и типом поджатия струи. Обычно применяются одно или двухступенчатые водометы с оседиагональным поджатием струи. Все водометные движители объединяет один принцип – движущей силой для судна является реактивная сила отбрасываемой струи.

Из-за особенностей водометного движителя оснащенные им суда могут маневрировать на полном ходу, вплоть до разворота на максимальных скоростях и мгновенной полной остановки, без вреда для двигателя. Для скоростного высокоманевренного судна это одни из главных качеств, расширяющих эксплуатационные показатели. Водометный движитель имеет значительные преимущества перед гребным винтом, но и обладает рядом недостатков: вода, находящаяся в водоводе, увеличивает массу судна, на малых скоростях водомет имеет неудовлетворительную маневренность, конструкция водомета содержит множество деталей высокой точности обработки и высокую стоимость изготовления. Частота вращения импеллера не пропорциональна скорости судна, поэтому на малых скоростях КПД водометного движителя ниже гребного винта и составляет всего 35...45% [4]. В случае применения газотурбинных двигателей для привода водомета пропульсивный КПД может достичь значения 80%, что на 6 – 8% выше пропульсивного КПД гребного винта, спроектированного для того же судна.

Проанализировав сравнительные характеристики современных движителей можно сделать вывод, что движители обладают относительно высоким КПД (таблица 1) и различными уникальными техническими характеристиками, что позволяет строить суда различного назначения. Очевидно, что грамотный выбор движителя зависит от типа и назначения судна. Для высокоманевренных скоростных судов, движущихся по мелководью оптимально использовать водометный движитель. Для высокоманевренных тихоходных судов оптимален крыльчатый движитель. Для большинства других случаев оптимален гребной винт, который может быть установлен на валопроводе, в виде частично погружного винта (привод Арнесона) или в составе винторулевой колонки.

Таблица 1

КПД судовых движителей

Тип движителя	КПД при скорости	
	менее 20 узлов	более 20 узлов
Гребной винт	60 – 70%	70 – 80%
Крыльчатый движитель	50 – 60%	Не используется
Водометный движитель	35 – 45%	75 – 80%

Список литературы:

1. Движители кораблей и судов. – URL: <https://shipshub.com/ru/article/1485-2.html> (дата обращения: 10.12.2022)
2. Жуков В. А., Мильрат А. В. Водометные движители в судовой энергетике: история и перспективы // Транспортное дело России. – 2022 . – № 6 (163). – С. 34 – 38.



3. Жуков В.А., Мильрат А.В., Никифоров В.Г. Применение водометных движителей в современном судостроении // Судостроение. – 2023. – № 4. – С. 32 – 37.
4. Хорхордин Е.Г. Стационарные водометы. Справочник. М.: Издательский дом Рученькиных. – 2004. – 160 с.

