

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СТРУЙНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОДЫ НА ЛОПАСТИ ГРЕБНОГО ВИНТА ФИКСИРОВАННОГО ШАГА

А. С. Шаратов

*Керченский государственный морской технологический университет,
Керчь, Российская Федерация*

Ужесточение требований Международной конвенции по предотвращению загрязнения моря с судов 1973 г. с поправками требует снижения загрязнения окружающей среды, которое может быть достигнуто путём сохранения оперативного коэффициента энергетической эффективности судна постоянным в течение рейса. Режим работы главного двигателя на винт фиксированного шага в составе энергетической установки судна определяется условиями эксплуатации судна. Зависимость теплонагруженности главного двигателя от условий эксплуатации приводит к повышенному загрязнению окружающей среды продуктами сгорания топлива и росту оперативного коэффициента энергетической эффективности. Управление тепловой и механической напряжённостью главного двигателя при его работе по номинальной винтовой характеристике, в условиях её «утяжеления» или «облегчения», обеспечивает сохранение требуемых показателей энергетической эффективности при изменении условий эксплуатации. Проведён анализ способов реализации системы дополнительного струйного воздействия воды, подаваемой через щелевую насадку лопасти, на гребной винт с целью управления тепловой и механической напряжённостью главного двигателя независимо от влияния внешних условий эксплуатации. Проанализированы конструктивные факторы, зависящие от типа винто-рулевого комплекса судна и влияющие на способ подвода жидкости к щелевой насадке лопасти. Проведён анализ конструктивных особенностей современных гребных винтов фиксированного шага, способов изготовления гребных винтов. Выработаны основные критерии, предъявляемые к системе с целью минимизации негативного влияния на гребную установку и снижения полезного эффекта управляемого воздействия на теплонагруженность главного двигателя. Предложена конструкция системы подвода жидкости к щелевым насадкам лопастей гребного винта, характеризующаяся минимальным воздействием на гребную установку.

Ключевые слова: главный двигатель, лопасть, щелевая насадка, винт со струйным воздействием, трубопровод, насосная станция, винт фиксированного шага.

Для цитирования: Шаратов А. С. Особенности реализации дополнительного струйного воздействия воды на лопасти гребного винта фиксированного шага // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2019. № 1. С. 53–62. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-1-53-62.

Введение

Современная эксплуатация главной энергетической установки характеризуется высокими требованиями к её экономичности и экологической безопасности. Комплексно эти показатели можно обеспечить путём ограничения в эксплуатации операционного коэффициента энергетической эффективности [1]. Топливосберегающая эксплуатация судна может быть достигнута в результате ограничения влияния внешних условий на тепловую и механическую напряжённость главного двигателя, которая успешно обеспечивается с помощью изменяемых параметров гребного винта [2, 3]. При экспериментальном исследовании гребных винтов, оборудованных щелевой насадкой подачи дополнительной воды на лопасти, был установлен положительный эффект, заключающийся в изменении взаимного расположения винтовой и ограничительных характеристик двигателя [4].

Вопрос подвода газа к гребному винту рассматривается в материалах, посвящённых вентилируемым гребным винтам [5], мокрому выхлопу [6] и системам снижения шумности гребных винтов [7]. Для большинства исследований характерно использование литых гребных винтов с поллой ступицей. При этом не уделяется должного внимания возможности подачи дополнительной воды через существующие и возможные внутренние полости гребного винта.

Применение принципа дополнительного струйного воздействия [8] требует подвода воды к щелевой насадке, устанавливаемой на входной кромке засасывающей поверхности лопасти. За счёт дополнительного струйного воздействия воды, подаваемой на засасывающую поверхность лопасти, достигается полезный эффект, заключающийся в снижении гидродинамического момента сопротивления гребного винта и изменении его относительной поступи. За счёт целенаправленного изменения параметров подаваемой среды меняется теплонагруженность главного двигателя. При этом на полученный эффект оказывает влияние способ подвода жидкости к щелевой насадке и метод нагнетания воды. Необходимо проанализировать возможные способы подвода воды к щелевой насадке и выработать основные критерии, позволяющие минимизировать негативное влияние конструкции системы на главную судовую передачу и приводящие к снижению получаемого полезного эффекта.

Цель работы – произвести анализ факторов, определяющих конструкцию системы подвода воды и её влияние на главную судовую передачу, затраты энергии и разработать рекомендации по реализации дополнительного струйного воздействия на гребной винт с целью ограничения влияния внешних условий на теплонагруженность главного двигателя.

Для достижения поставленной цели в первую очередь необходимо проанализировать принцип работы создаваемой системы и определить способы подвода воды к гребному винту.

Анализ конструктивных особенностей принципиальной системы подвода жидкости к щелевой насадке

Для подачи жидкости на гребной винт используется специально созданная система.

Систему подвода жидкости можно разделить на три основных конструктивных элемента: щелевая насадка, устанавливаемая на лопасти гребного винта в районе входных кромок подсазывающей поверхности лопастей, система подвода жидкости к щелевой насадке и установка подготовки дополнительной воды.

Насосная станция подачи воды к щелевой насадке минимально состоит из приёмного фильтра и насоса подачи воды. Дополнительно система может компоноваться устройством снижения биологического загрязнения морской воды [9], системой изменения pH [10] и другими элементами, влияющими на активность обрастания [11].

На рис. 1 представлена принципиальная схема системы подвода жидкости к щелевой насадке.

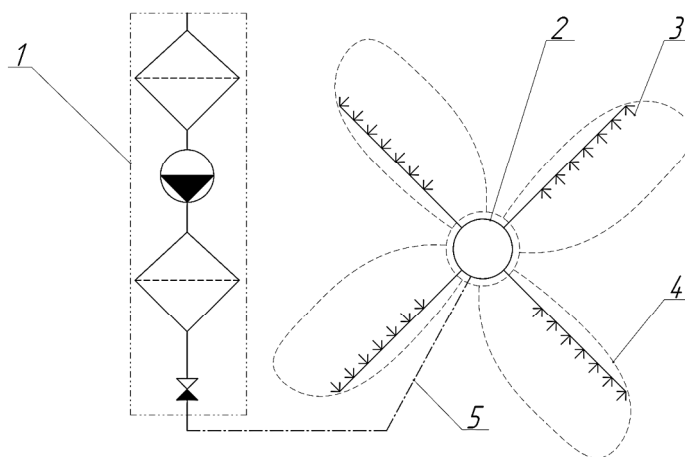


Рис. 1. Принципиальная схема подвода жидкости к щелевой насадке:

- 1 – станция подготовки воды; 2 – распределительное устройство; 3 – щелевая насадка лопасти;
4 – гребной винт; 5 – система трубопроводов, связывающих насосную станцию с распределительным устройством

Анализ рис. 1 определяет основные критерии, формирующие главные принципы функционирования системы подвода жидкости, а именно:

– требования к качеству подаваемой воды и затратам на подачу определяют необходимость и компоновку оборудования насосной станции, требования к её габаритам и размещению;

- конструкция гребного винта определяет способ установки щелевого аппарата;
- конструктивная реализация трубопроводов подвода жидкости зависит от типа винто-рулевого комплекса.

Анализ конструктивных особенностей винто-рулевого устройства судна, формирующих требования к системе подвода жидкости

В литературе рассматриваются различные варианты компоновки и модернизации винто-рулевого комплекса, результаты внедрения которых могут быть использованы совместно с реализацией системы подвода жидкости к щелевой насадке. К основным можно отнести создание подъёмной силы на вращающемся гребном вале [12], утилизацию потерь в гребных винтах [13, 14] и модернизацию винто-рулевого комплекса [15].

Анализ особенностей конструкции и опыта эксплуатации судов морского флота позволил обобщить наиболее распространённые способы реализации винто-рулевого комплекса транспортного судна. При анализе конструктивных особенностей современных транспортных судов использованы патентные источники и публикации в журналах [1, 5, 6]. Условиями работы гребного винта определяются его конструктивные особенности и метод подвода механической энергии.

На рис. 2 представлены два основных способа реализации винто-рулевого комплекса современного транспортного судна.

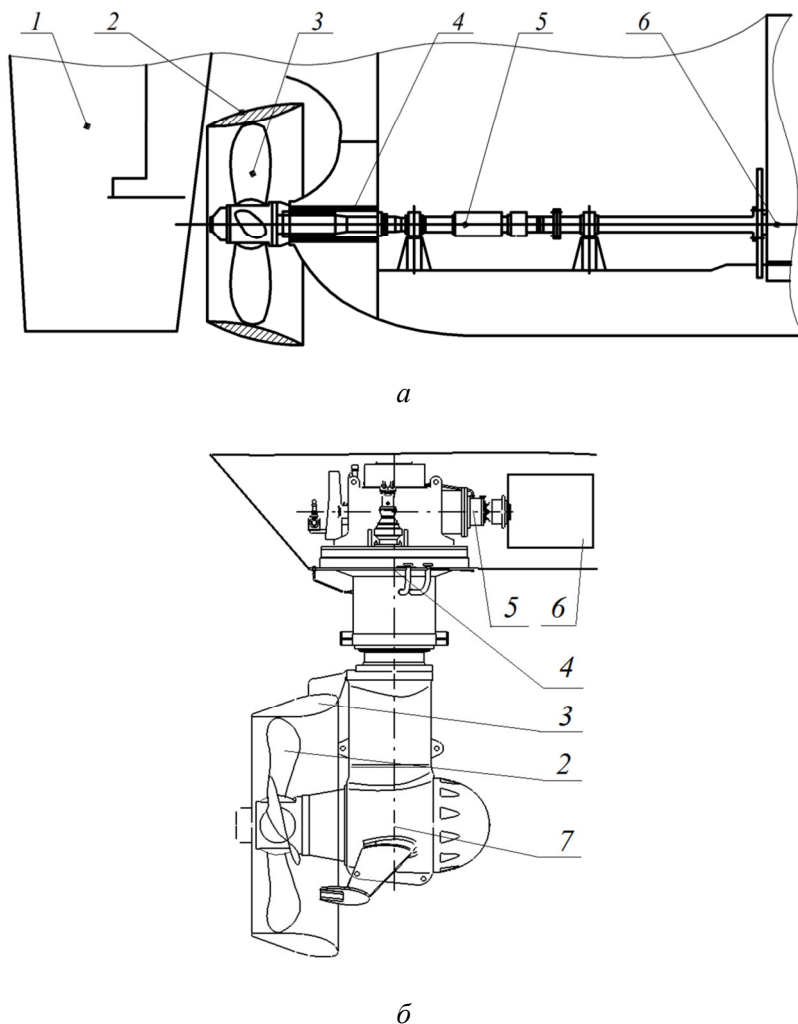


Рис. 2. Компоновка движительно-рулевого комплекса судна при раздельном (а) и совместном (б) принципе привода и управления: 1 – перо руля; 2 – винтовая насадка; 3 – гребной винт; 4 – дейдвудная труба; 5 – валопровод; 6 – главный двигатель; 7 – винто-рулевая колонка

Тип главного двигателя определяет конструкцию валопровода и необходимость применения передачи. На рис. 2, *а* приведён классический движительно-рулевой комплекс транспортного судна с кормовым расположением машинного отделения и главным двигателем, работающим через прямую передачу на винт фиксированного шага.

Для среднеоборотных и высокооборотных двигателей характерно наличие передачи и более сложная система валопровода. В последнее время в качестве винто-рулевого комплекса применительно к среднеоборотным и высокооборотным двигателям используется винто-рулевая колонка (см. рис. 2, *б*).

Анализ рис. 2 доказывает, что судно может быть оборудовано двумя принципиально разными видами рулевых устройств – классическим пером руля или винто-рулевой колонкой.

Тип рулевого устройства является одним из основных критериев, определяющих конструктивный способ подвода жидкости к сопловому аппарату.

Анализ способов формирования системы трубопроводов, обеспечивающих подвод жидкости от насосной станции к гребному винту

Среди многообразия способов подвода жидкости к щелевой насадке можно выделить основные:

- сверление гребного вала;
- защитная втулка вала;
- индивидуальная система трубопроводов;
- подвод воды через баллер или винто-рулевую колонку.

На рис. 3 проиллюстрированы теоретически возможные методы подвода жидкости к щелевой насадке.

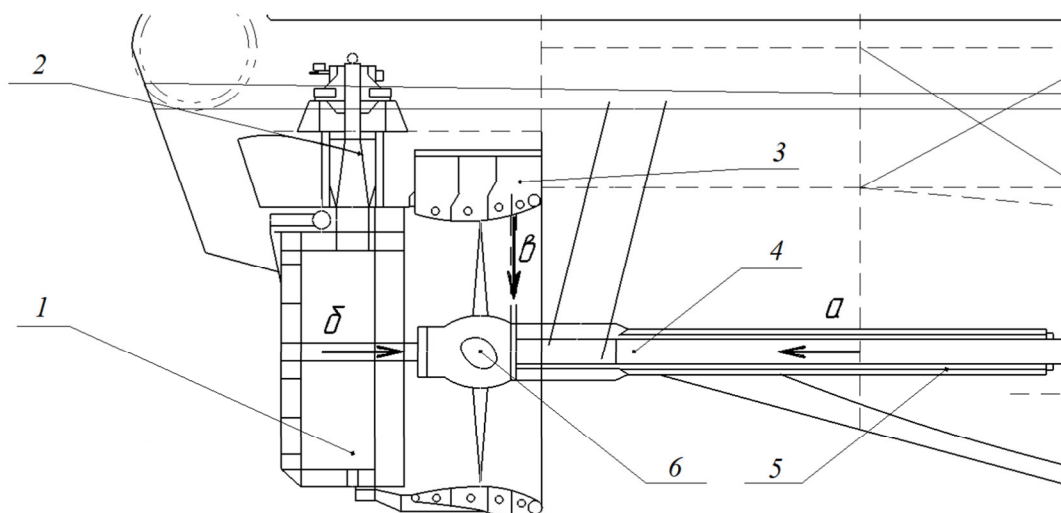


Рис. 3. Способы подвода жидкости к щелевой насадке:

- а* – в направлении подвода механической энергии, параллельно оси вращения гребного винта;
- б* – в направлении противоположном подводу механической энергии, параллельно оси вращения гребного винта;
- в* – в направлении перпендикулярном оси вращения гребного винта;
- 1* – перо руля;
- 2* – рулевая машина;
- 3* – винтовая насадка;
- 4* – валопровод;
- 5* – дейдвудное уплотнение;
- 6* – гребной винт

Анализ рис. 3 позволяет предложить два основных метода реализации подвода жидкости: с использованием уже существующего оборудования, определяющего живучесть судна (рис. 3, *а, б*) или подвода дополнительной системы трубопроводов (рис. 3, *в*).

Каждый из рассматриваемых вариантов имеет свои достоинства и недостатки.

Доработки существующего оборудования (рис. 3, *а, б*) обладают как преимуществами:

- простота реализации во время докового ремонта;
- минимальный объём проектных работ;

так и недостатками:

- снижение надёжности эксплуатируемого оборудования;
- сложные технологические процессы изготовления системы.

Создание новой системы трубопроводов (рис. 3, в) обладает следующими преимуществами:

- высокая надёжность внедряемой системы;
 - высокая вариативность системы;
- и недостатками:
- значительный объём проектных работ;
 - необходимость минимизации влияния трубопроводов на пропульсивный комплекс.

К трубопроводам системы подвода жидкости выдвигаются требования минимального влияния на поток, набегающий на лопасти гребного винта.

Значительное влияние на метод подвода жидкости к гребному винту оказывает способ установки щелевой насадки.

Анализ способов изготовления гребных винтов фиксированного шага и метода установки щелевой насадки на входную кромку засасывающей поверхности лопасти гребного винта

Гребные винты различают по конструкции, материалу и способу изготовления.

Для установки щелевой насадки представляют интерес гребные винты фиксированного шага независимо от материала и конструкции. Основным фактором, влияющим на возможность реализовать щелевую насадку, является способ изготовления как конструктивная особенность: цельное литье или каркасная (полая) конструкция.

Анализ патентов по конструкции гребных винтов даёт следующие возможности реализации поставленной задачи по размещению щелевой насадки:

- полый гребной винт;
- восстановление кромки лопасти;
- удлинение лопасти.

На рис. 4 представлены два основных способа размещения щелевой насадки на засасывающей поверхности лопасти.

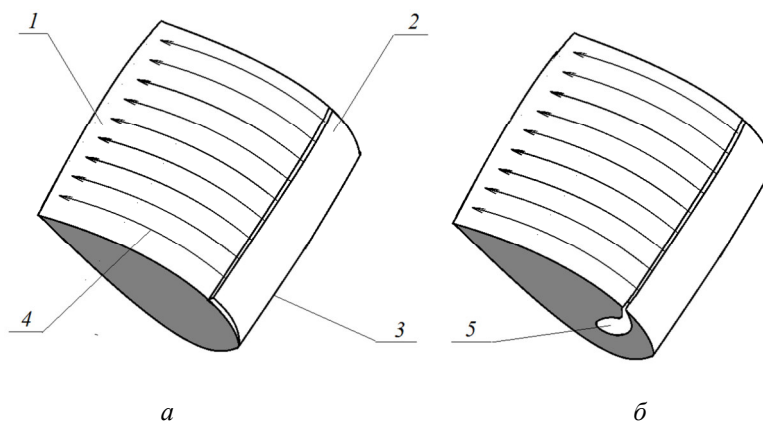


Рис. 4. Элемент лопасти гребного винта, оборудованного щелевой насадкой подачи жидкости вдоль засасывающей поверхности лопасти:

- а* – щелевая насадка устанавливается на поверхность лопасти: 1 – засасывающая поверхность лопасти; 2 – щелевая насадка; 3 – входная кромка; 4 – струя воды;
- б* – щелевая насадка находится в теле лопасти гребного винта: 5 – канал подвода воды

Для литых гребных винтов установка щелевой насадки на засасывающую поверхность лопасти (патент № 46740) [16] требует значительного объёма проектной разработки, направленной на минимизацию профильного сопротивления лопасти винта и обеспечения безударного натекания потока (рис. 4, *а*). Распределительное устройство может устанавливаться на ступице гребного винта.

Возможность проектирования и изготовления полых гребных винтов характеризуется значительным количеством патентов и обладает высокой сложностью реализации. При проектировании подобного гребного винта щелевые сопла могут быть предусмотрены на засасывающей поверхности (рис. 4, *б*) с подводом воды от распределяющего устройства в ступице.

Анализ рис. 4 позволяет сформировать основные принципы установки щелевой насадки – на поверхность лопасти гребного винта. Дополнительный интерес представляет исследование прочности лопасти гребного винта, имеющей канал во входной кромке лопасти и распределительное устройство в ступице.

Анализ рис. 2–4, а также достоинств и недостатков каждого из способов реализации подачи дополнительной воды на лопасти гребного винта позволяет сформировать два основных направления, направленных на унификацию проектирования системы – установка на эксплуатируемом и проектируемом судне.

При условии установки системы на эксплуатируемом судне необходима установка дополнительных трубопроводов вдоль линии гребного вала с защитным кожухом, снижающим создание подъёмной силы на вращающемся цилиндре, со стороны подвода механической энергии.

При проектировании судна возможна любая из комбинаций подвода жидкости к гребному винту с использованием эффективных устройств, рассматриваемых в работах [17, 18].

В качестве возможного источника механической энергии привода насосов могут быть использованы традиционные (привод от главного двигателя, ГРЦ) и утилизационные (турбогенератор и утилизационная турбина) способы [18].

Обобщим полученные конструктивные особенности в рекомендуемой конструкции системы струйного воздействия жидкости на динамику гребного винта. Для реализации системы рекомендуется использовать отдельные трубопроводы, проложенные параллельно направлению подводимой к гребному винту мощности. На рис. 5 представлена принципиальная схема подвода воды к щелевой насадке дополнительного струйного воздействия, реализованная для транспортного судна.

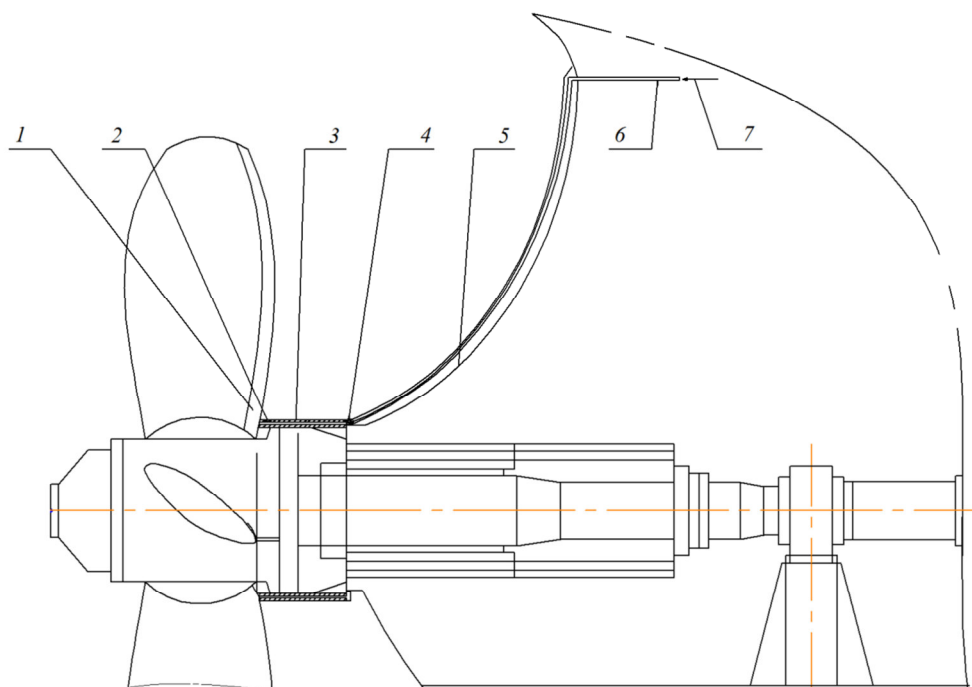


Рис. 5. Рекомендуемая принципиальная схема подвода воды к щелевой насадке гребного винта: 1 – щелевая насадка; 2 – вращающийся кожух трубопроводов; 3 – вращающиеся трубопроводы; 4 – неподвижное распределяющее устройство; 5 – кормовая оконечность корпуса судна; 6 – сверление в корпусе; 7 – подвод воды от системы забортной воды и блока подготовки

Анализ рис. 5 позволяет подтвердить концепцию минимального воздействия на конструкцию модернизируемого пропульсивного комплекса путём подвода жидкости:

- от насосной станции выше кромки гребного винта;
- не оказывающей влияние на функционирование гребной установки.

Заключение

В результате проведённого анализа факторов, влияющих на конструкцию системы подвода воды и определяющих её влияние на главную судовую передачу и затраты энергии, разработаны основные критерии и рекомендации по реализации системы дополнительного струйного воздействия на винт фиксированного шага.

В связи с многообразием способов реализации системы, выработаны основные критерии, предъявляемые к установке:

- минимальное влияние на функционирование гребной установки;
- минимальные затраты энергии на обеспечение работоспособности системы;
- простота конструкции;
- обеспечение требуемого качества подаваемой воды.

Для минимизации влияния системы подвода жидкости на надёжность главной энергетической установки рекомендуется выполнять систему подвода с минимальным влиянием на гребную установку. Трубопроводы подвода воды должны иметь минимальное влияние на процесс обтекания гребного винта.

В качестве источника энергии необходимо использовать доступные источники (сбросовая вода системы охлаждения забортной воды) или использовать средства утилизации.

На основании полученных критериев разработана система подвода жидкости, которая может быть реализована на судне, находящемся в эксплуатации (см. рис. 5).

Необходимо акцентировать внимание на том, что подобную модернизацию рекомендуется проводить на проектируемом судне. Это позволит максимизировать эффект путём оптимизации всего пропульсивного комплекса [19], а также обеспечит комплексную реализацию энергосберегающих технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Леонов В. Е., Тимошенко В. В.* Исследование влияния параметров морского перехода на операционный коэффициент энергетической эффективности судна // Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2018. Т. 10. № 2. С. 390–401. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-390-401.
2. *Осовский Д. И., Шаратов А. С.* Управление пропульсивными характеристиками судна за счёт струйного воздействия жидкости на лопасти гребного винта // Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России: материалы VIII Межвуз. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 17 мая 2017 г.). СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2017. С. 212–216.
3. *Шаратов А. С.* Оценка возможности поддержания при эксплуатации двигателя оптимального удельного расхода топлива путём струйной подачи воды на лопасти винта // Материалы Нац. ежегод. науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова» (Санкт-Петербург, 10 сентября–20 октября 2018 г.). СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2018. Т. 2. С. 279–287.
4. *Осовский Д. И., Шаратов А. С.* Исследование гидродинамических характеристик гребного винта, оборудованного струйной механизацией в гидродинамической трубе // Рыбное хоз-во Украины. 2007. № 6. С. 37–38.
5. *Яковлева О. В., Салазкин И. В., Егорова Н. И., Фомичев Д. И.* Особенности формирования управляющих сил на судах с днищевой воздушной каверной с вентилируемыми водометными движителями // Тр. ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. 2015. № 88. С. 69–80.
6. *Безюков О. К., Ерофеев В. Л., Пряхин А. С.* Использование хладопотенциала сжиженного природного газа для снижения выбросов диоксида углерода теплоэнергетическими установками, работающими на сжиженном природном газе // Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2016. № 3 (37). С. 143–155.
7. *Вишневский Л. И.* Выравнивание потока в месте расположения движителей путём подачи газа в гидродинамический след за выступающими частями корпуса судна // Тр. Крылов. гос. науч. центра. 2017. № 1. С. 14–23.
8. *Шаратов А. С.* Струйное воздействие на динамику гребного винта // Вісник двигунобудування. 2010. № 2. С. 82–85.
9. *Бобылев В. С., Бросалина А. А., Кириллов А. И., Куприна Е. Э.* Современное состояние проблемы очистки судовых балластных вод от биологических загрязнений и пути её решения // Мор. интеллектуал. технологии. 2014. № 4. С. 22–29.
10. *Куи Н. К., Кияненко Е. А., Зайнуллина Л. Р., Петухов А. А., Григорьев Е. И.* Изменение pH воды в процессе озонирования // Вестн. Казан. технологич. ун-та. 2013. Т. 16. № 10. С. 232–234.

11. Dafforn K. A., Lewis J. A., Johnston E. L. Antifouling strategies: History and regulation, ecological impacts and mitigation // *Marine Pollution Bulletin*. 2011. Vol. 62 (3). Pp. 453–465. DOI:10.1016/j.marpolbul.2011.01.012.
12. Wood J. Pumping up power down under // *International Water Power and Dam Construction*. 2011. Vol. 53 (11). Pp. 32–34.
13. Mizzi K., Demirel Y. K., Banks C., Turan O., Kaklis P., Atlar M. Design optimisation of Propeller Boss Cap Fins for enhanced propeller performance // *Applied Ocean Research*. 2017. Vol. 62. Pp. 210–222. DOI:10.1016/j.apor.2016.12.006.
14. Ashok P., Kumar P. J., Prema Kumar P. S. Effect of stacking sequence on the performance of composite marine propeller // *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. 2017. Vol. 9 (Special Iss. 14). Pp. 1823–1839.
15. Park S., Oh G. H., Rhee S. H., Koo B.-Y., Lee H. Full scale wake prediction of an energy saving device by using computational fluid dynamics // *Ocean Engineering*. 2015. Vol. 101. Pp. 254–263. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.04.005.
16. Пат. 46740 Украина, МПК В63Н 1/00. Конструкция механизированного гребного винта / Осовский Д. И., Шаратов А. С. № 200903725; заявл. 16.04.2009; опубл. 11.01.2010, Бюл. № 1. 4 с.
17. Ерофеев В. Л., Жуков В. А., Мельник О. В. О возможностях использования вторичных энергетических ресурсов в судовых ДВС // *Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова*. 2017. № 3 (43). С. 570–580.
18. Kim J. H., Choi B. J., Chung S. H., Seo H. W. Development of energy-saving devices for a full slow-speed ship through improving propulsion performance // *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*. 2015. Vol. 7. Iss. 2. Pp. 390–398. DOI:10.1515/ijnaoe-2015-0027.
19. Шаратов А. С. Взаимодействие главного двигателя и активного гребного винта // *Современные тенденции и закономерности развития транспортно-логистического комплекса Азово-Черноморского бассейна: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Новороссийск, 17–19 сентября 2015 г.)*. Новороссийск: Изд-во ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова, 2015. С. 35–40.

Статья поступила в редакцию 18.12.2018

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Шаратов Алексей Сергеевич – Россия, 298309, Керчь; Керченский государственный морской технологический университет; инженер-механик 1 категории учебно-научной лаборатории «Машинный зал судовых энергетических установок»; seykgmtu@gmail.com.



FEATURES OF THE IMPLEMENTATION OF ADDITIONAL JET OF WATER ONTO THE FIXED PITCH PROPELLER BLADE

A. S. Sharatov

*Kerch State Maritime Technological University,
Kerch, Russian Federation*

Abstract. Toughening the requirements of the international Convention for the prevention of the sea from vessels of 1973, with amendments, demands to reduce the environmental pollution, which can be achieved by maintaining the operational coefficient of energy efficiency of the vessel constant during the voyage. The behavior of the main engine with the fixed pitch propeller in the ship power plant is determined by the operating conditions of the vessel. The dependence of thermal load of the main engine on the operating conditions leads to increased pollution of the environment by fuel combustion products and increased operative ratio of energy efficiency. The control of the thermal and mechanical intensity of the main engine when it is working on a non-nominal screw characteristic, under its “weighting” or “relief”, ensures the preservation of the required energy efficiency indicators when operating conditions change. There have been analyzed

the methods of implementing the system of additional water jet impact supplied through the slot nozzle of the blade on the propeller to control the thermal and mechanical intensity of the main engine, regardless of the influence of external operating conditions. The design factors dependent on the type of the helical-steering complex of the vessel and affecting the method of liquid supply to the slotted nozzle of the blade have been analyzed. The analysis of the design features of modern fixed pitch propellers, methods of making screw propellers has been given. The main criteria for the system have been determined in order to minimize the negative impact on the propeller system and to lower the useful effect of controlled response on heat load of the main engine. The proposed design of the system of liquid supply to the slotted nozzles of propeller blades is characterized by minimal impact on the propeller unit.

Key words: main engine, blade, slotted nozzle, jet impact propeller, piping system, pump station, fixed pitch propeller.

For citation: Sharatov A. S. Features of the implementation of additional jet of water onto the fixed pitch propeller blade. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2019;1:53-62. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2019-1-53-62.

REFERENCES

1. Leonov V. E., Timoshenko V. V. Issledovanie vlianiia parametrov morskogo perekhoda na operatsionnyi koeffitsient energeticheskoi effektivnosti sudna [Studying parameters of marine transition to operational coefficient of the ship power efficiency]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2018, vol. 10, no. 2, pp. 390-401. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-390-401.
2. Osovskii D. I., Sharatov A. S. Upravlenie propul'sivnymi kharakteristikami sudna za schet struinogo vozdeistviia zhidkosti na lopasti grebnogo vinta. Sovremennye tendentsii i perspektivy razvitiia vodnogo transporta Rossii [Control of propulsive characteristics of the ship due to fluid jet impact onto propeller blades. Current tendencies and future of the water transport in Russia]. *Materialy VIII Mezhvuzovskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Sankt-Peterburg, 17 maia 2017 g.)*. Saint-Petersburg, Izd-vo GUMRF imeni admirala S. O. Makarova, 2017. Pp. 212-216.
3. Sharatov A. S. Otsenka vozmozhnosti podderzhivaniia pri ekspluatatsii dvigatel'ia optimal'nogo udel'nogo raskhoda topliva putem struinoi podachi vody na lopasti vinta [Assessment of ways of continuous optimal specific fuel consumption by water jet supply]. *Materialy Natsional'noi ezhegodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava FGBOU VO «GUMRF imeni admirala S. O. Makarova» (Sankt-Peterburg, 10 sentiabria–20 oktiabria 2018 g.)*. Saint-Petersburg, Izd-vo GUMRF imeni admirala S. O. Makarova, 2018. Vol. 2. Pp. 279-287.
4. Osovskii D. I., Sharatov A. S. Issledovanie gidrodinamicheskikh kharakteristik grebnogo vinta, oborudovannogo struinoi mekhanizatsiei v gidrodinamicheskoi trube [Study of hydrodynamic characteristics of the propeller screw equipped with jet mechanism in water tunnel]. *Rybnoe khoziaistvo Ukrainy*, 2007, no. 6, pp. 37-38.
5. Iakovleva O. V., Salazkin I. V., Egorova N. I., Fomichev D. I. Osobennosti formirovaniia upravliaiushchikh sil na sudakh s dnishchevoi vozdushnoi kavernoii s ventiliruemyimi vodometnymi dvizhiteliami [Specific features of creating forces on ships with bottom air cavern with ventilated hydrojets]. *Trudy TsNII imeni akademika A. N. Krylova*, 2015, no. 88, pp. 69-80.
6. Beziukov O. K., Erofeev V. L., Priakhin A. S. Ispol'zovanie khladopotentsiala szhizhennogo prirodno gaza dlia snizheniia vybrosov dioksida ugleroda teploenergeticheskimi ustanovkami, rabotaiushchimi na szhizhenom prirodnom gaze [Using cooling potential of liquefied natural gas for lowering carbon dioxide discharge from heat power units working on liquefied natural gas]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2016, no. 3 (37), pp. 143-155.
7. Vishnevskii L. I. Vyravnivanie potoka v meste raspolozheniia dvizhitelei putem podachi gaza v gidrodinamicheskii sled za vystupaiushchimi chastiami korpusa sudna [Aligning the flow in propeller location by gas supply into hydrodynamic trace behind extended parts of the ship body]. *Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra*, 2017, no. 1, pp. 14-23.
8. Sharatov A. S. Struinoe vozdeistvie na dinamiku grebnogo vinta [Jet impact on dynamics of propeller screw]. *Visnik dvigunobuduvannia*, 2010, no. 2, pp. 82-85.
9. Bobylev V. S., Brosalina A. A., Kirillov A. I., Kuprina E. E. Sovremennoe sostoianie problemy ochistki sudovykh ballastnykh vod ot biologicheskikh zagriaznenii i puti ee resheniia [Current state of the problem of ballast water purification from biological pollution and methods of its solution]. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*, 2014, no. 4, pp. 22-29.
10. Kui N. K., Kiiianenko E. A., Zainullina L. R., Petukhov A. A., Grigor'ev E. I. Izmenenie ph vody v protsesse ozonirovaniia [Changing water ph during ozone treatment]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2013, vol. 16, no. 10, pp. 232-234.

11. Dafforn K. A., Lewis J. A., Johnston E. L. Antifouling strategies: History and regulation, ecological impacts and mitigation. *Marine Pollution Bulletin*, 2011, vol. 62 (3), pp. 453-465. DOI:10.1016/j.marpolbul.2011.01.012.
12. Wood J. Pumping up power down under. *International Water Power and Dam Construction*, 2011, vol. 53 (11), pp. 32-34.
13. Mizzi K., Demirel Y. K., Banks C., Turan O., Kaklis P., Atlar M. Design optimisation of Propeller Boss Cap Fins for enhanced propeller performance. *Applied Ocean Research*, 2017, vol. 62, pp. 210-222. DOI:10.1016/j.apor.2016.12.006.
14. Ashok P., Kumar P. J., Prema Kumar P. S. Effect of stacking sequence on the performance of composite marine propeller. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 2017, vol. 9 (special iss. 14), pp. 1823-1839.
15. Park S., Oh G. H., Rhee S. H., Koo B.-Y., Lee H. Full scale wake prediction of an energy saving device by using computational fluid dynamics. *Ocean Engineering*, 2015, vol. 101, pp. 254-263. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.04.005.
16. Osovskii D. I., Sharatov A. S. *Konstruktsiia mekhanizirovannogo grebnogo vinta* [Design of mechanized propeller screw]. Patent RF № 200903725; 11.01.2010. 4 p.
17. Erofeev V. L., Zhukov V. A., Mel'nik O. V. O vozmozhnostiakh ispol'zovaniia vtorichnykh energeticheskikh resursov v sudovykh DVS [On possible use of reprocessed power resources in marine internal combustion engines]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2017, no. 3 (43), pp. 570-580.
18. Kim J. H., Choi B. J., Chung S. H., Seo H. W. Development of energy-saving devices for a full slow-speed ship through improving propulsion performance. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 2015, vol. 7, iss. 2, pp. 390-398. DOI:10.1515/ijnaoe-2015-0027.
19. Sharatov A. S. Vzaimodeistvie glavnogo dvigatelya i aktivnogo grebnogo vinta. Sovremennye tendentsii i zakonomernosti razvitiia transportno-logisticheskogo kompleksa Azovo-Chernomorskogo basseina [Interaction of the main engine and active propeller. Current tendencies and regularities of developing of transport-logistic complex of the Azov-Black Sea basin]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Novorossiisk, 17–19 sentiabria 2015 g.)*. Novorossiisk, Izd-vo GMU imeni admirala F. F. Ushakova, 2015. Pp. 35-40.

The article submitted to the editors 18.12.2018

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Sharatov Aleksei Sergeevich – Russia, 298309, Kerch; Kerch State Maritime Technological University; Mechanical Engineer of 1 Category Educational and Scientific Laboratory “Engine Room of Ship Power Plants”; seykgmtu@gmail.com.

