

СУДОВОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

SHIP POWER EQUIPMENT

УДК 621.431

DOI: 10.37890/jwt.vi76.398

Перспективы решения задач импортозамещения при комплектовании энергетической установки судов с водомерными движителями

В.А. Жуков

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4045-4504>

А. В. Мильрат

*Государственный университет морского и речного флота, г. Санкт-Петербург,
Россия*

Аннотация. Одной из важнейших проблем отечественного судостроения является модернизация флота в условиях санкций недружественных стран. Для решения данной проблемы необходимо обеспечить импортозамещение ключевых элементов энергетических установок судов и кораблей. Статья посвящена обзору современного состояния проектирования и производства основных элементов энергетических установок судов и кораблей с водомерными движителями. Описаны конструкции основных типов водомерных движителей, применяемых в энергетических установках, показаны их преимущества. Сформулированы требования, предъявляемые к приводным двигателям водомеров при использовании их в составе судовых энергетических установок. На основании анализа источников научно-технической информации, касающихся области исследования, показана перспективность использования водомерных движителей при создании скоростных судов и кораблей, эксплуатирующихся в условиях мелководья (низовья Волги, внутренние водные пути, прибрежные акватории Каспийского моря и т.д.). Приведены технические характеристики основных элементов энергетических установок (водомеров и двигателей), выпускаемых отечественными предприятиями. На основании проведенного обзора продукции отечественных предприятий сделан вывод о возможности решения задачи импортозамещения при комплектовании энергетических установок судов и кораблей с водомерными движителями. Показана необходимость продолжения научных исследований и опытно-конструкторских разработок, направленных на модернизацию систем двигателей, используемых для привода водомеров и поиск альтернативных конструкций приводных двигателей. Особое внимание следует уделить возможности комплектования энергетических установок с водомерами звездообразными двигателями отечественного производства.

Ключевые слова: импортозамещение, энергетические установки, комплектование, скоростные суда, водомерные движители, высокооборотные дизели, модернизация систем, звездообразные двигатели

Prospects for solving import substitution problems when completing the power plant of ships with water jet propellers

Vladimir A. Zhukov

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4045-4504>

Artur V. Milrat

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia

Abstract. One of the most important problems of domestic shipbuilding is the modernization of the fleet under the sanctions of unfriendly countries. To solve this problem, it is necessary to ensure import substitution of key elements of power plants of vessels and ships. The article is devoted to the review of the current state of design and production of the main elements of power plants of vessels and ships with water jet propulsion. The designs of the main types of water jet propellers used in power plants are described, their advantages are shown. The requirements for the drive engines of water cannons when using them as part of marine power plants are formulated. Based on the analysis of sources of scientific and technical information related to the field of research, the prospects of using water jet propulsion in the creation of high-speed vessels and ships operating in shallow water (lower Volga, inland waterways, coastal waters of the Caspian Sea, etc.) are shown. The technical characteristics of the main elements of power plants (water cannons and engines) produced by domestic enterprises are given. Based on the conducted review of the products of domestic enterprises, a conclusion is made about the possibility of solving the problem of import substitution when completing power plants of vessels and ships with water jet propulsion. The necessity of continuing scientific research and development aimed at upgrading the engine systems used to drive water cannons and the search for alternative designs of drive engines is shown. Particular attention should be paid to the possibility of completing power plants with water cannons with star-shaped engines of domestic production.

Keywords: import substitution, power plants, manning, high-speed vessels, jet propulsion, high-speed diesels, modernization of systems, star-shaped engines

Введение

Комплектование энергетических установок судов и кораблей является ответственным этапом их проектирования. Традиционно комплектованию предшествует выбор типа движителя, определение требуемой мощности главного двигателя, выбор его типа и марки, определение типа и состава главной передачи. Определяющее влияние на выбор типа движителя оказывает назначение судна или корабля и особенности акваторий планируемой эксплуатации. Принципы комплексного подхода к проектированию, как ному из этапов жизненного цикла изделий описаны в работе [1].

На территории России имеется большое количество водоемов со сложными условиями для эксплуатации судов. Особенности условий эксплуатации необходимо учитывать при проектировании морских и речных судов различного назначения. Основным требованием, предъявляемым к ряду судов, является высокая скорость и маневренность. К таким судам относятся патрульные катера водной полиции, катера рыбнадзора и другие. Приграничные территории России нуждаются в охране и патрулировании водных пространств скоростными высокоманевренными катерами. Все эти задачи необходимо выполнять на водоемах, где преобладают мели, перекаты, пороги, засоренный фарватер.

Требованиям, которые обуславливаются описанными условиями эксплуатации, наиболее полно отвечают водометные движители. Использование водометов на морских и речных судах и кораблях береговой охраны позволяет иметь высокую маневренность и подходить вплотную к берегу, не опасаясь повредить винт, гребной вал и рулевой механизм. Водометные катера чрезвычайно устойчивы при маневрах на высоких скоростях [2]. Опыт использования водометных движителей в судостроении проанализирован в работе [3]. Перспективность применения водометных движителей в современном судостроении подтверждается работой [4].

Для обеспечения надежной и эффективной эксплуатации судов требуется рациональное комплектование энергетической установки элементами, наиболее полно отвечающими эксплуатационным требованиям, и условиям совместной работы.

Комплектование энергетической установки судна с учетом особенностей его конструкции и назначения рассмотрено в работе [5].

В случае комплектования энергетической установки судна с водометным движителем необходимо решить три связанных задачи:

- выбор типа водометного движителя;
- выбор главного двигателя;
- выбор системы управления водометным движителем.

При решении указанных задач необходимо учитывать накопленный опыт строительства и эксплуатации судов с аналогичными энергетическими установками и стремиться максимально решать проблему импортозамещения, ориентируясь на отечественных производителей оборудования.

Методы и материалы

При выборе типа водометного движителя целесообразно рассмотреть три основных типа движителей, представленных на рисунках 1-3, описанных в работе [6].

Общими элементами водометных движителей всех типов являются рабочие колеса со спрямляющими аппаратами, рабочие сопла и сопла реверса.

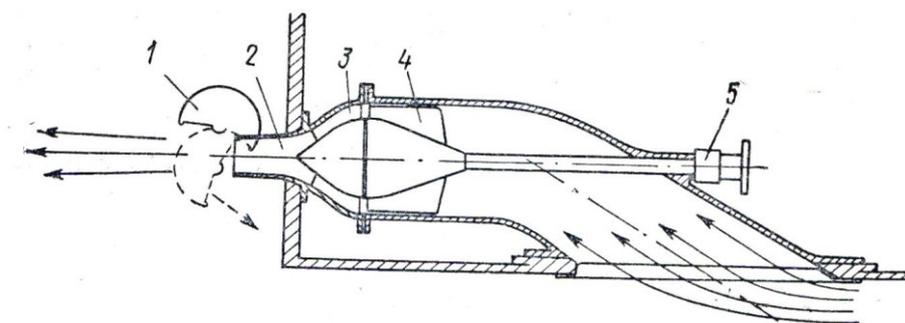


Рис. 1. Одноступенчатый осевой водометный движитель:

1 – сопло реверса, 2 – сопло, 3 – спрямляющий аппарат, 4 – рабочее колесо, 5 – приводной вал.

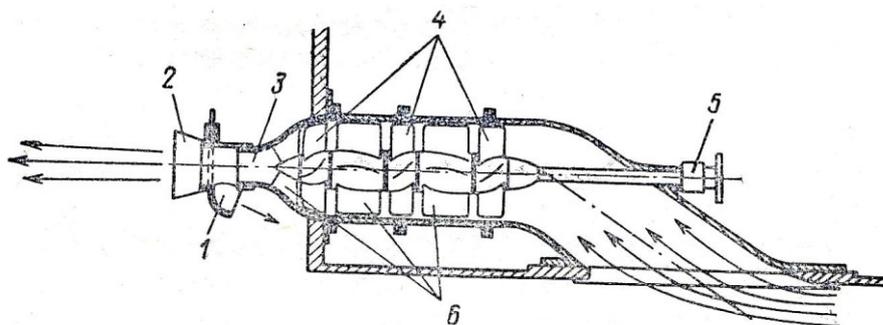


Рис. 2. Трехступенчатый осевой водометный движитель:

1 – сопло реверса, 2 – заслонка управления, 3 – сопло, 4 – три рабочих колеса, 6 – спрямляющие аппараты, 5 – приводной вал.

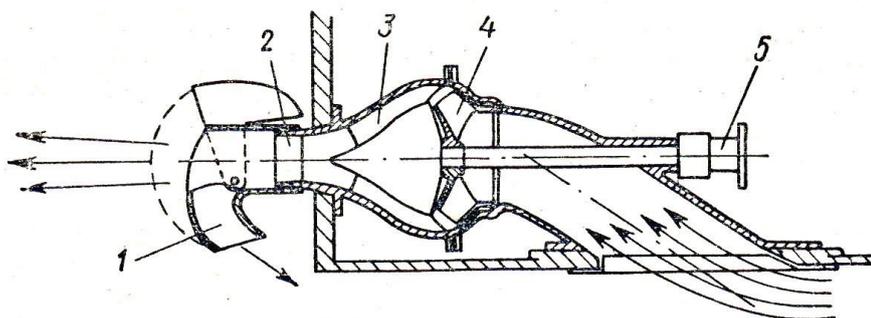


Рис. 3. Диагональный водометный движитель:
1 – сопло реверса, 2 – сопло, 3 – спрямляющий аппарат,
4 – рабочее колесо, 5 – приводной вал.

Увеличение количества рабочих колес водометов в трехступенчатых конструкциях обусловлено требованиями повышения мощности при увеличении водоизмещения судов. Использование нескольких последовательно расположенных насосных камер, включающих спрямляющие аппараты, снижает вероятность возникновения кавитационных процессов в проточной части водомета.

В диагональных водометных движителях наружные диаметры импеллера, спрямляющего аппарата и их ступиц изменяются по длине, при этом движение воды в пределах импеллера осуществляется под наклоном линий тока от оси к периферии, в спрямляющем аппарате — с наклоном от периферии к оси. Усложнение конструкции направлено на улучшение гидродинамических параметров водомета.

Существуют также оседиагональные водометные движители, которые имеют постоянный наружный диаметр импеллера и переменный по длине диаметр ступицы, а спрямляющий аппарат может иметь либо осевую, либо диагональную конструкцию.

В настоящее время в РФ на ряде предприятий освоено серийное производство водометных движителей. К ведущим отечественным производителям водометных движителей относятся НПО «Винт», Акционерное общество "Костромской судомеханический завод" и Акционерное общество "Центр судоремонта "Звездочка".

НПО «Винт» выпускает водометные движители мощностью от 35 до 300 кВт для судов и катеров различного назначения (рис. 4). В настоящее время наиболее востребованными являются следующие модели водометных движителей: ВД25/250, ВД31, ВД33, технические характеристики которых представлены в табл. 1 [7].



Рис. 4. Водометный движитель НПО «Винт»

Таблица 1

Водометные движители НПО «Винт»

| Модель | Мощность, кВт | Диаметр рабочего колеса, мм | Частота вращения, мин ⁻¹ |
|----------|---------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| ВД30/225 | 225 | 300 | 3840 |
| ВД25/250 | 190 | 250 | 3500 |
| ВД33 | 150...300 | 420 | 1500-2200 |
| ВД31 | 114 | 420 | 2200 |

АО "Костромской судомеханический завод" выпускает водометные движители моделей ВД-01, ВД-03, ВД-110, ВД-950. Водометный движитель модели ВД-110 представлен на рис. 5, а основные технические характеристики выпускаемых моделей в таблице 2 [8].

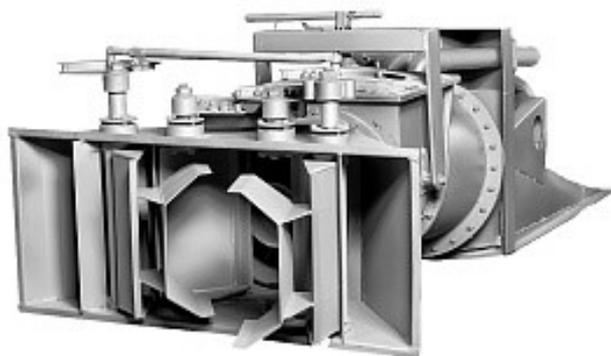


Рис. 5. Водометный движитель ВД-110

Таблица 2

Водометные движители АО "Костромской судомеханический завод"

| Модель | Мощность, кВт | Диаметр рабочего колеса, мм | Частота вращения, мин ⁻¹ | Масса, кг | Водоизмещение судна, т |
|--------|---------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------|------------------------|
| ВД-01 | 140...200 | 230 | 4300 | 100 | 1,5...3,5 |
| ВД-03 | 295...370 | 268 | 3500 | 190 | 3,5...5,5 |
| ВД-110 | 185...310 | 392 | 2100 | 325 | 8,0...20,0 |
| ВД-950 | 185...310 | 392 | 2100 | 310 | 7,0...20,0 |

Продукцией АО "Центр судоремонта "Звездочка" является водометный движитель ВД-21630М-01, технические характеристики которого представлены в таблице 3 [9].

Таблица 3

Водометный движитель АО "Центр судоремонта "Звездочка"

| Модель | Мощность, кВт | Диаметр рабочего колеса, мм | Частота вращения, мин ⁻¹ | Масса, кг | Водоизмещение судна, т |
|--------------|---------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------|------------------------|
| ВД-21630М-01 | 7355 кВт | 1400 | 550 | 8500 | 400...500 |

Два водомета данной модели используются в качестве движителей на малых артиллерийских кораблях проекта 21630 «Буян». Проект был разработан предприятием (ФГУП) «Зеленодольское ПКБ» под руководством главного конструктора Я. Е. Кушнера с учётом особенностей Каспийского моря и дельты Волги. Особенности

водомотных движителей обеспечивают возможность прохождения корабля на незначительных глубинах и максимальную скорость 26 узлов.

В дополнение к серийно выпускаемым водомотам в Российской Федерации активно ведется разработка новых моделей водомотных движителей. По заказу Минпромторга РФ проведена опытно-конструкторская работа «Разработка технологии создания типоряда водомотных движителей мощностью до 1,5 МВт в обеспечение серийного строительства скоростных судов и судов повышенной мореходности». По данным источников [10, 11] с целью замены продукции зарубежных фирм, таких как HamiltonJet (Новая Зеландия), Wartsila (Финляндия), Rolls-Royce (великобритания) в России создан типоразмерный ряд водомотных движителей диагонального типа мощностью от 115 кВт до 1500 кВт, включающий модели:

- ВД177Д – мощность до 115 кВт,
- ВД230Д – мощность до 330 кВт,
- ВД280Д – мощность до 500 кВт,
- ВД370Д – мощность до 950 кВт,
- ВД490Д – мощность до 1500 кВт

К настоящему времени разработаны и изготовлены опытные образцы трех типоразмеров водомотных движителей с диагональной лопастной системой ВД177Д, ВД280Д и ВД490Д, проведены швартовные и ходовые испытания.

Достижимые скорости движения судна с разработанными ВД:

- с ВД177Д при мощности 115 кВт – 40 узлов;
- с ВД280Д при мощности 500 кВт – 50 узлов;
- с ВД490Д при мощности 1500 кВт – 51 узел.

Проведением опытно-конструкторских работ и изготовлением опытных образцов занималась московская компания «ДМ Технолоджи» (рис. 6).



Рис. 6. Водомот производства «ДМ Технолоджи»

Источник:

«ДМ Технолоджи» http://shipbuilding.ru/rus/news/russian/2018/12/30/boat_water-jet_propeller/

Пропульсивный КПД разработанных моделей достигает значений более 0,67 при высокой кавитационной стойкости. Эти качества определяют высокую мореходность скоростных судов, оснащенных указанными пропульсивными комплексами, при волнении до 3-4 баллов на скорости хода до 35 узлов.

Технические характеристики водомотных движителей, прежде всего мощность и частота вращения, являются основой для выбора главного двигателя при комплектовании судовой или корабельной энергетической установки. Для привода большинства моделей водомотов требуются двигатели с частотой вращения

коленчатого вала от 2000 до 4500 мин⁻¹. Указанный диапазон частот вращения характерен для высокооборотных дизелей и бензиновых двигателей.

Анализ данных по имеющимся судам и кораблям с водометными движителями позволяет установить, что на многих проектах установлены двигатели зарубежного производства: MAN (Германия), Caterpillar (США), MTU (Германия), HND (Китай). В рамках решения проблемы импортозамещения необходимо осуществлять комплектование энергетических установок судов и кораблей отечественными двигателями. Обзор российских производителей поршневых ДВС проведен в работе [12]. Сведения о технических характеристиках перспективных отечественных высокооборотных дизелей (ВОД) приведены в таблице 4.

Таблица 4

Перспективные российские ВОД

| Двигатели малой мощности | | | | |
|--|------------------|--------------------|-------------|--------|
| Агрегатная мощность, кВт | 10 – 50 | 30 – 180 | 100 – 250 | |
| Производитель | Дагдизель | Тверьдизельагрегат | ЯМЗ | |
| Размерность, см | 8,5/11 9,5/11 | 11/12,5 | 10,5/12,8 | |
| Число цилиндров | 2, 4 | 2, 4, 6 | 4, 6 | |
| Цилиндровая мощность, кВт | 5 – 25 | 15 – 60 | 25 – 45 | |
| Среднее эффективное давление, МПа | 0,8 – 1,2 | 1,2 – 1,5 | 1,2 – 1,6 | |
| Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹ | 1500 – 2400 | | | |
| Двигатели средней мощности | | | | |
| Агрегатная мощность, кВт | 250 – 600 | | 500 – 1500 | |
| Производитель | ТМЗ | ЯМЗ | УДМЗ | Звезда |
| Размерность, см | 14/14 | 14/14 | 21/21 | 18/20 |
| Число цилиндров | 8 | 12 | 6, 8, 12 | 6, 12 |
| Цилиндровая мощность, кВт | 40 – 70 | | 80 – 125 | |
| Среднее эффективное давление, МПа | 2,2 – 2,6 | | 1,6 – 2,0 | |
| Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹ | 1500 – 2100 | | 1200 – 1600 | |
| Двигатели большой мощности | | | | |
| Агрегатная мощность, кВт | 1500 – 4500 | | | |
| Производитель | УДМЗ | | Звезда | |
| Размерность, см | 18,5/21,5 | | 16/17 | |
| Число цилиндров | 12, 16, 20 | | 42, 56 | |
| Цилиндровая мощность, кВт | 140 – 240 | | 70 – 90 | |
| Среднее эффективное давление, МПа | 2,0 – 2,2 | | 1,4 – 1,6 | |
| Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹ | 1500 – 1900 | | 1750 – 2000 | |

В энергетических установках судов и кораблей с водометными движителями могут также использоваться модификации дизельного двигателя ЗМЗ-514 производства Заволжского моторного завода. Двигатели имеют агрегатную мощность от 80 до 115 кВт при частоте вращения коленчатого вала 3500 мин⁻¹, что соответствует характеристикам определенных типов водометов. Недостатком данного двигателя

является использование в его конструкции критически важных импортных комплектующих, прежде топливной аппаратуры.

Результаты

Проведенный обзор отечественных производителей водометных движителей и поршневых двигателей внутреннего сгорания позволяет сделать заключение о возможности комплектования энергетических установок скоростных судов и кораблей изделиями российских предприятий. Необходимо отметить при этом, что российские водометы по техническим и массо-габаритным характеристикам практически не уступают зарубежным аналогам, тогда как отечественные высокооборотные двигатели уступают зарубежным по степени форсированности, удельной мощности, экономичности.

Обсуждение

В связи с тем, что потребность в скоростных, высокоманевренных судах и кораблях с хорошими мореходными качествами сохраняется на высоком уровне, потребность в комплектующих их энергетических установок продолжает расти. Это обуславливает необходимость продолжения внедрения отечественных разработок в производство. Особое внимание необходимо уделять совершенствованию дизельных двигателей, используемых для привода водометов. Поскольку большинство двигателей, за исключением двигателя М507 производства АО «Звезда», являются конвертированными автотракторными, специальных доработок требуют системы смазки, охлаждения, впуска.

В качестве альтернативы рядным и V-образным двигателям на судах с водометными движителями можно рассматривать газотурбинные двигатели, а также малоразмерные звездообразные двигатели, предлагаемые д.т.н., профессором Матвеевым Ю.И. [13, 14].

Модернизация двигателей и применение новых конструкций должны быть экономически оправданными и обеспечивать повышение энергоэффективности и надежности судовых энергетических установок.

Заключение

Анализ собранной научно-технической информации позволяет сделать следующие выводы:

- суда и корабли, оснащенные водометными движителями, обладают рядом достоинств, которые обуславливают их применение в гражданском и военном флоте;
- к двигателям, используемым для привода водометов, предъявляются особые требования по частоте вращения и компактности;
- в настоящее время в Российской Федерации имеются серийные образцы и опытно-конструкторские разработки комплектующих энергетических установок судов с водометными движителями, а также предприятия способные обеспечить их производство с целью решения задачи импортозамещения;
- необходимо продолжение научных исследований, направленных на повышение экономичности и надежности главных двигателей судов с водометными движителями за счет совершенствования систем двигателей и поиска альтернативных конструкций.

Список литературы:

1. Никитин, В. С. Научно-техническое сопровождение создания кораблей и судов / В. С. Никитин // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2018. – № 1(383). – С. 5-12.
2. Мавлюдов М.А. Русецкий А.А. Двигатели быстроходных судов. – Л.: Судостроение. – 1982. – 280 с.
3. Жуков, В. А. Водометные двигатели в судовой энергетике: история и перспективы / В. А. Жуков, А. В. Мильрат // Транспортное дело России. – 2022. – № 6. – С. 34-38.
4. Анчиков С.Л. Водометные двигатели. Вопросы проектирования – СПб.: Реноме. – 2021. – 251 с.
5. Сахновский, Б. М. Прогнозирование мощности главных двигателей при проектном обосновании характеристик скоростных судов / Б. М. Сахновский // Судостроение. – 2006. – № 5(768). – С. 23-27.
6. Хорхордин Е.Г. Стационарные водометы. Справочник. М.: Издательский дом Рученькиных. – 2004. –160 с.
7. Продукция НПО «Винт» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vintnpo.ru>. Дата обращения 04.05.2023.
8. Акционерное общество "Костромской судомеханический завод" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ecs-sko.ru/catalog/factory/194/> Дата обращения 04.05.2023.
9. Центр судоремонта «Звездочка». Производство пропульсивных комплексов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.star.ru/Deyatelnost/Proizvodstvo-propulsivnih-kompleksov>. Дата обращения 05.05.2023.
10. Современные отечественные водометные двигатели // Морская наука и техника 2022 № 2, С. 60-65 / <https://marine.org.ru/morinform/11042/>
11. Для «малого флота» силовиков создадут водометы трех типоразмеров [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://shipbuilding.ru/rus/news/russian/2018/12/30/boat_water-jet_propeller/. Дата обращения 30.04.2023.
12. Безюков, О. К. Состояние и перспективы судового двигателестроения в России / О. К. Безюков, В. А. Жуков // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2017. – № 2. – С. 40-53.
13. Пешков В. Г., Василев Н. В., Торопов М. Н., Матвеев Ю. И. Перспективное направление оптимизации импортозамещения судовых дизелей // Москва, Речной транспорт (XXI век). 2022. № 3 (103). С.58-60.
14. Матвеев, Ю. И. Пропульсивный комплекс на основе звездообразного дизеля с вертикальной осью вращения коленчатого вала / Ю. И. Матвеев, М. Н. Новосельцев // Морские технологии: проблемы и решения - 2023 : Сборник трудов по материалам научно-практических конференций преподавателей, аспирантов и сотрудников ФГБОУ ВО "КГМУ", Керчь, 24–28 апреля 2023 года. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2023. – С. 107-110.

References

1. Nikitin, V. S. Nauchno-tehnicheskoe soprovozhdeniesozdaniya korablej i sudov / V. S. Nikitin // Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo centra. – 2018. – № 1(383). – S. 5-12.
2. Mavlyudov M.A. Ruseckij A.A. Dvizhiteli bystrokhodnykh sudov. – L.: Sudostroenie. – 1982. – 280 s.
3. Zhukov, V. A. Vodometnye dvizhiteli v sudovoj ehnergetike: istoriya i perspektivy / V. A. Zhukov, A. V. Mil'rat // Transportnoe delo Rossii. – 2022. – № 6. – S. 34-38.
4. Anchikov S.L. Vodometnye dvizhiteli. Voprosy proektirovaniya – SPb.: Renome. – 2021. – 251 s.
5. Sakhnovskij, B. M. Prognozirovanie moshchnosti glavnykh dvigatelej pri proektnom obosnovanii kharakteristik skorostnykh sudov / B. M. Sakhnovskij // Sudostroenie. – 2006. – № 5(768). – S. 23-27.
6. Khorkhordin E.G. Stacionarnye vodometry. Spravochnik. M.: Izdatel'skij dom Ruchen'kinykh. – 2004. –160 s.

7. Produkciya NPO «VinT» [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://vintpo.ru>. Data obrashcheniya 04.05.2023.
8. Akcionernoe obshchestvo "Kostromskoj sudomekhanicheskij zavod" [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://ecs-sko.ru/catalog/factory/194/> Data obrashcheniya 04.05.2023.
9. Centr sudoremonta «Zvezdochka». Proizvodstvo propul'sivnykh kompleksov [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.star.ru/Deyatel'nost/Proizvodstvo-propulsivnih-kompleksov>. Data obrashcheniya 05.05.2023.
10. Sovremennye otechestvennye vodomyotnye dvizhiteli // Morskaya nauka i tekhnika 2022 № 2, S. 60-65 / <https://marine.org.ru/morinform/11042/>
11. Dlya «malogo flota» silovikov sozdatut vodomety trekh tiporazmerov [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://shipbuilding.ru/rus/news/russian/2018/12/30/boat_water-jet_propeller/. Data obrashcheniya 30.04.2023.
12. Bezyukov, O. K. Sostoyanie i perspektivy sudovogo dvigatelestroeniya v Rossii / O. K. Bezyukov, V. A. Zhukov // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. – 2017. – № 2. – S. 40-53.
13. Peshkov V. G., Vasilev N. V., Toropov M. N., Matveev YU. I. Perspektivnoe napravlenie optimizatsii importozameshcheniya sudovykh dizelei // Moskva, Rechnoi transport (XXI vek). 2022. № 3 (103). S.58-60.
14. Matveev, YU. I. Propul'sivnyi kompleks na osnove zvezdoobraznogo dizelya s vertikal'noi os'yu vrashcheniya kolenchatogo vala / YU. I. Matveev, M. N. Novoseltsev // Morskie tekhnologii: problemy i resheniya - 2023 : Sbornik trudov po materialam nauchno-prakticheskikh konferentsii prepodavatelei, aspirantov i sotrudnikov FGBOU VO "KGMTU", Kerch', 24–28 aprelya 2023 goda. – Kerch': FGBOU VO «Kerchenskii gosudarstvennyi morskoi tekhnologicheskii universitet», 2023. – S. 107-110.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Жуков Владимир Анатольевич, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой судостроения и энергетических установок (ФГБОУ ВО ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова), 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7, e-mail: zhukov_vla@mail.ru

Мильрат Артур Вячеславович, аспирант кафедры судостроения и энергетических установок (ФГБОУ ВО ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова), 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7, e-mail: kaf_sdvs@gumrf.ru

Vladimir A. Zyukov, doctor of technical sciences, Head of the Department of shipbuilding and power plants, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 198035, St. Petersburg, Dvinskaya st., 5/7, e-mail: zhukov_vla@mail.ru

Artur V. Milrat, postgraduate of the Department of shipbuilding and power plants, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 198035, St. Petersburg, Dvinskaya st., 5/7, e-mail: kaf_sdvs@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 13.05.2023; опубликована онлайн 20.09.2023.
Received 13.05.2023; published online 20.09.2023.