



УДК 621.331
DOI: 10.25206/1813-8225-2021-178-46-51

А. Ф. БУРКОВ¹
В. В. МИХАНОШИН²
В. Х. НГУЕН¹

¹Дальневосточный
федеральный университет,
г. Владивосток

²Морской государственный
университет имени
адмирала Г. И. Невельского,
г. Владивосток

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МАЛОТОННАЖНЫХ ПАССАЖИРСКИХ СУДОВ

Статья посвящена решению задачи повышения энергоэффективности силовых электроэнергетических установок быстроходных малотоннажных (глиссирующих) судов, используемых для пассажирских перевозок между прибрежными населенными пунктами на примере порта Владивосток, расположенного на полуострове Муравьева-Амурского, имеющего преимущественно сухопутное сообщение с расположенными на побережье населенными пунктами. Перенасыщенность автотранспорта, обусловленная необходимостью сообщений между населенными пунктами, характеризующимися, как правило, плотной застройкой, относится к основным причинам возникновения многочасовых транспортных заторов, которые ухудшают экологическую обстановку и увеличивают социальную напряженность в обществе. При этом снижается и туристическая привлекательность Приморья. К перспективным направлениям решения этой транспортной проблемы относится использование малотоннажных пассажирских, в частности глиссирующих, судов с гибридными электрифицированными силовыми пропульсивными установками. Согласно имеющимся данным, у таких судов отмечается пониженный расход горючесмазочных материалов, необходимых для функционирования силовых электроэнергетических установок и уменьшение вредных выбросов в окружающую атмосферу более чем в два раза по сравнению с аналогичными традиционными дизельными судами. Кроме того, перспективность предлагаемого научно-технического решения обуславливается сокращением времени пассажирских перевозок при снижении стоимости проездов.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, гибридная электрифицированная энергетическая установка, главный двигатель, полупроводниковый преобразователь, синхронная обратимая машина.

Введение. К характерным особенностям научно-технического прогресса в области транспорта относится необходимость учета тенденции роста пассажиропотоков, расстояний между пунктами от-

правлений и назначений, скоростей движения и вариантов транспортных средств, и др. [1, 2]. При этом к актуальным задачам относится разработка и внедрение научно-технических решений, направлен-

Таблица расстояний между г. Владивостоком и другими прибрежными населенными пунктами

	г. Находка	г. Б. Камень	пгт. Славянка	пгт. Приморский
Расстояние по морю, км	88	37	49	24
Расстояние по автотрассе, км	185	116	180	144

ных на развитие высокоскоростных транспортных систем и коммуникаций, разработку технологий транспортной безопасности, транспортно-логистических систем и соответствующих инфраструктур. Использование существующего сухопутного транспортного комплекса для этих целей приводит к росту транспортных проблем и, как следствие, к увеличению вредных воздействий на атмосферу и к ухудшению экологической обстановки. Известные способы снижения отрицательных воздействий сухопутного (автомобильного) транспорта на экологию, например, такие как увеличение численности электромобилей, введение платных услуг въезда в населенные пункты и др. не приносят ожидаемых положительных результатов [3–5], в частности из-за большого количества и многообразия автотранспортных средств, а в ряде случаев, например, в силу географического положения города или неблагоприятных климатических условий, являются непригодными.

Альтернативой сухопутному транспорту в ряде случаев может служить водный транспорт. Например, географическое положение города Владивостока — столицы Дальневосточного федерального округа, таково, что морские маршруты между ним и населенными пунктами Приморского края (Большой Камень, Находка, Славянка и др.), также расположенными на побережье, оказываются существенно короче сухопутных (табл. 1).

Анализ данных, представленных в табл. 1, позволяет сделать вывод о том, что морские пути между пунктами во многих случаях являются короче сухопутных от двух до шести раз.

Очевидно, что доставка грузов и пассажиров морским транспортом между этими населенными пунктами может производиться существенно быстрее и дешевле. Несмотря на это преимущество, морские грузопассажирские перевозки между этими населенными пунктами используются в меньшей степени, а в ряде случаев не нашли применения. Малая распространённость морских перевозок объясняется тем фактом, что повсеместно устаревший парк водных транспортных средств не в состоянии обеспечить предъявляемых к нему требований, а по причине достаточно высокой стоимости горючесмазочных материалов (ГСМ) они являются низкорентабельными по сравнению с сухопутными перевозками.

Из мировой практики судостроения известны электрические (аккумуляторные) паромы типа «Amperе», «Elektra», «Ellen» и др., эксплуатируемые на сравнительно коротких дистанциях [6]. Несмотря на нулевые вредные выбросы, такие суда характеризуются рядом недостатков:

1. Высокая стоимость, обусловленная наличием дорогой энергоёмкой тяговой аккумуляторной батареи.

2. Необходимость наличия на берегу (на причале) достаточно мощного зарядного устройства,

которое бы подзаряжало тяговые аккумуляторные батареи таких судов при их каждой швартовке.

3. Ограниченная автономность, что существенно суживает область их применения. Например, электропаром, с расчетной дальностью хода в 120 км, рассчитанный для рейсов г. Владивосток — г. Б. Камень, не сможет совершить прямой рейс г. Владивосток — г. Находка (табл. 1).

4. Сравнительно невысокая скорость хода. Известно, что скорость водоизмещающего судна имеет кубическую зависимость от развиваемой гребным винтом мощности

$$\frac{v}{v_{ном}} = \sqrt[3]{\left(\frac{P}{P_{ном}}\right)}, \quad (1)$$

где $v_{ном}$, $P_{ном}$ — номинальная скорость и номинальная развиваемая гребным винтом мощность. Поэтому для обеспечения прохождения судном заданной дистанции на одной зарядке аккумуляторов его скорость выбирается небольшой.

5. Беспроводная (индуктивная) зарядка, несмотря на большую надежность, имеет невысокий КПД (до 80 %), а зарядка через разъемы с контактами характеризуется меньшей надежностью. А учитывая специфику морского климата, частые дожди, туманы, представляющие собой аэрозоль-дисперсную систему, в которой соль содержится в виде частиц соли или капель солевого раствора, можно сказать, что зарядка через разъемы с контактами аккумуляторного судна невозможна без периодического её обслуживания. Кроме того, и проводная, и беспроводная зарядка требует достаточно точной установки судна у причала в заданной позиции вплоть до нескольких десятков сантиметров, что в условиях волнения моря и/или сильного ветра представляет собой для капитана судна труднореализуемую задачу.

Постановка задачи. Необходимо найти такое техническое решение, которое позволило бы увеличить рентабельность и скорость доставки пассажиров между прибрежными населенными пунктами при одновременном снижении вредного воздействия морского транспорта на окружающую среду и которое бы при этом характеризовалось отсутствием недостатков известных аккумуляторных судов.

Теория. Особенности функционирования судов малотоннажного флота в общем случае рассмотрены в [7]. Достижение высоких скоростей водным судном целесообразно не только за счет увеличения мощности главной его силовой установки, но и за счет снижения сопротивления движению. Наибольшую известность в мире получили суда на подводных крыльях (СПК) Р. Алексеева [8], в которых за счет действия на подводные крылья гидродинамических сил достигается полный или частичный выход корпуса судна из воды. При этом, во-первых, площадь смачиваемой поверхности судна снижает-

ся в десятки раз, а во-вторых, также уменьшается волнообразование, благодаря чему снижается сопротивление движению. Однако при эксплуатации таких быстроходных глиссирующих судов, в том числе СПК на сравнительно коротких дистанциях, возникает проблема достаточно низкой энергоэффективности и экологических показателей главных их энергетических установок. Это связано с тем фактом, что для преодоления волнового кризиса («горба» сопротивления) и выхода судна на режим глиссирования (режим движения на «крыльях») на нём должна быть установлена достаточно мощная главная энергетическая установка [9]. А после выхода судна на режим глиссирования (режим движения на «крыльях») сопротивление воды движению его корпуса снижается в 2,5...3 раза, коэффициент загрузки главной энергетической установки при этом существенно снижается. Работа энергетических установок с пониженным коэффициентом загрузки и с частыми переходными режимами характеризуется, как известно, повышенным удельным расходом топлива и повышенным многократно содержанием вредных веществ в выхлопных газах. Кроме того, эксплуатация энергетических установок в таких режимах приводит к снижению их эксплуатационного ресурса. Учитывая ухудшающуюся экологическую обстановку, значительный вклад в которую вносит морской и речной транспорт, высокую стоимость ГСМ, а также требования Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ), вступившие в силу в 2005 г., и Киотского протокола к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций (ООН) об изменении климата, принятого 11 декабря 1997 г., можно сделать вывод о том, что актуальным является поиск новых научно-технических решений, направленных на совершенствование пропульсивных установок морских и речных судов. Традиционные способы решения описанной выше проблемы являются недостаточно эффективными и / или морально устаревшими [9–10].

Учитывая перечисленные выше недостатки аккумуляторных судов, представляется более целесообразным использование судов с гибридными силовыми электроэнергетическими (дизель-аккумуляторными) установками (ГСЭУ) [11]. Такие суда имеют более низкую стоимость по сравнению с аккумуляторными судами, и меньший расход ГСМ по сравнению с обычными (дизельными) судами. А учитывая вышесказанную тенденцию к росту пассажиропотоков и скоростей сообщения, можно предположить, что еще более целесообразно использовать гибридные установки на глиссирующих судах.

Предложение решения поставленной задачи.

На рис. 1 изображены структурная схема ГСЭУ и способ управления ею, предложенные авторами [12]. Данная схема содержит: главный (первичный) (дизельный) двигатель (ГД) (1), валопровод (2), разобщительную муфту (3), суммирующий редуктор (4), разобщительную муфту (5), гребной винт (6), синхронную машину обратимого типа (СМОТ) (7), разобщительную муфту (8), обратимый полупроводниковый преобразователь (ОПП) (9), аккумуляторную батарею (АБ) (10).

Разгон глиссирующего судна производят следующим образом. При разомкнутой разобщительной муфте (3) и замкнутых аналогичных муфтах (5) и (8) приводят гребной винт (6) во вращение от СМОТ (7), работающей в этот момент в двигательном ре-

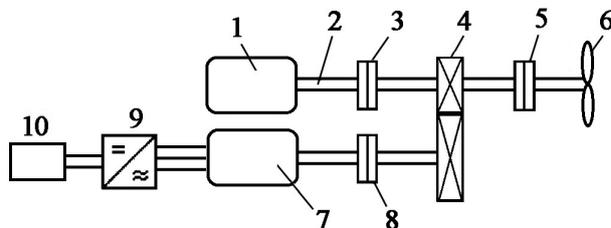


Рис. 1. Структурная схема ГСЭУ

жиме и получающей питание от АБ (10) через ОПП (9). Последним при этом осуществляют преобразование постоянного тока АБ (10) в переменный ток и плавно увеличивают частоту тока, подаваемого в фазные обмотки СМОТ (7), осуществляя тем самым плавный ее пуск как синхронного двигателя. Вращаясь с некоторой частотой вращения, гребной винт (6) создает упор, под действием которого судно движется с малой скоростью в водоизмещающем режиме. После выхода судна из порта (гавани) осуществляют пуск ГД (1), соединяют его с помощью разобщительной муфты (3) к суммирующему редуктору (4), увеличивают частоту вращения СМОТ (7), работающей в этот момент в двигательном режиме за счет увеличения частоты тока, подаваемого в ее фазные обмотки от ОПП (9), а также одновременно увеличивают частоту вращения ГД (1) за счет увеличения топливоподачи в его цилиндры. Благодаря совместной одновременной работе на гребной винт (6) через суммирующий редуктор (4) ГД (1) и СМОТ (7), работающей в этот момент в двигательном режиме, судно достаточно быстро разгоняется, преодолевая «горб» сопротивления. После выхода судна на режим глиссирования (или выхода на подводные крылья) сопротивление движению судна, как известно, резко снижается, поэтому СМОТ (7), работающую в двигательном режиме, отключают от источника питания (ОПП (9)) и отсоединяют от суммирующего редуктора (4) с помощью разобщительной муфты (8). Судно движется в режиме глиссирования (или на подводных крыльях) только за счет ГД (1). Таким образом, производят разгон судна.

Дополнительным преимуществом судна с предложенной схемой, с помощью которой реализуется способ разгона судна, является возможность его движения в порту (гавани) с нулевыми вредными выбросами в атмосферу, т.е. при выключенном ГД (1). При этом привод гребного винта осуществляют только от СМОТ (7), работающей в этот момент в двигательном режиме и получающей питание от АБ (10) через ОПП (9). ОПП (9) работает при этом в инверторном режиме, преобразуя постоянный ток АБ (10) в переменный ток с регулируемой частотой и напряжением, за счет чего регулируют частоту вращения СМОТ (7), работающей в этот момент в двигательном режиме, и, соответственно, гребного винта (6).

При движении судна в глиссирующем режиме (или режиме движения на подводных крыльях) или в водоизмещающем режиме с приводом гребного винта (6) от ГД (1) при наличии избыточной мощности последнего имеется возможность отбора этой мощности с помощью СМОТ (7), которую переводят при этом в генераторный режим. Регулирование отбираемой мощности производят ОПП (9), работающим при этом в режиме управляемого вы-

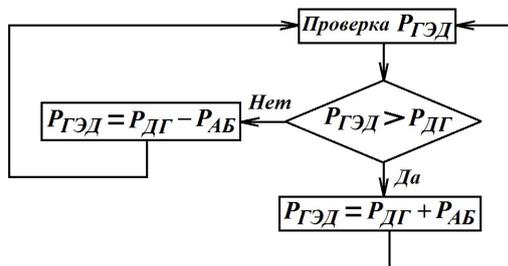


Рис. 2. Алгоритм подключения источников питания

прямителя. Получаемый с помощью этого управляемого выпрямителя постоянный ток направляют на подзаряд АБ (10). Таким образом, независимо от того, в каком режиме движения (водоизмещающем или глиссирующем) движется судно, при наличии избытка мощности ГД (1) имеется возможность полезно использовать эту избыточную мощность, осуществляя подзаряд АБ (10), и одновременно обеспечивать при этом такую номинальную его нагрузку по моменту, при которой он имеет минимальный удельный расход топлива и минимальные вредные выбросы в атмосферу, что также является дополнительным преимуществом предложенного решения.

Кроме того, при движении судна в глиссирующем режиме (или режиме движения на подводных крыльях) с приводом гребного винта (6) от ГД (1) мощность на гребном валу и, соответственно, скорость судна, при необходимости, может быть кратковременно увеличена за счет подключения к суммирующему редуктору (4) с помощью разобщительной муфты (8) СМОТ (7), работающей в этот момент в двигательном режиме и получающей питание от АБ (10) через ОПП (9). Таким образом, появляется возможность снизить динамические нагрузки на ГД (1) в маневровых режимах работы судна и тем самым продлить его эксплуатационный ресурс и снизить вредные выбросы в атмосферу.

При кратковременной стоянке судна у причала, например во время высадки-посадки пассажиров с работающим ГД (1), последний может работать только на подзаряд АБ (10) с номинальной частотой вращения и с моментом нагрузки на валу, пропорциональным току заряда, при этом разобщительная муфта (5) разомкнута, муфты (3) и (8) замкнуты, СМОТ (7) работает в генераторном режиме, а ОПП (9) работает в режиме управляемого выпрямителя.

Учитывая кратковременность режима разгона по сравнению с временем движения судна в режиме глиссирования (режим движения на «крыльях») алгоритм подключения источников питания может быть представлен в следующем виде (рис. 2).

При разгоне судна во время выхода его на режим глиссирования, когда требуется наибольшая мощность на гребном винте $P_{ГВ}$, мощности главного двигателя $P_{ГД}$ недостаточно ($P_{ГВ} > P_{ГД}$). Для увеличения мощности на гребном винте параллельно ГД через редуктор включают СМОТ в двигательном режиме с питанием от АБ через ОПП, которая развивает при этом недостающую механическую мощность $P_{ГВ}$: $P_{ГВ} = P_{ГД} + P_{ГВ}$. А после преодоления «горба» сопротивления и выхода судна на режим глиссирования сопротивление движению судна значительно снижается. Потребляемая гребным винтом мощность при этом также уменьшается ($P_{ГВ} < P_{ГД}$). Для отбора излишков мощности главного двигателя СМОТ может быть переведена в генераторный ре-

жим: $P_{ГВ} = P_{ГД} - P_{ген.}$, а вырабатываемую при этом электроэнергию направляют на подзаряд АБ.

Обсуждение предложенного способа решения поставленной задачи. Предложенное техническое решение за счет применения СМОТ, ОПП и АБ с высокой плотностью энергии позволяет не только обеспечить экологичный и экономичный разгон глиссирующих судов, в том числе судов с подводными крыльями, но и улучшить эксплуатационные и эколого-экономические показатели подобных быстросходных судов в целом.

АБ имеют высокие характеристики и способны отдавать 10-кратные (lifePo4) и более (например, серия Turnigy [13]) ёмкости (в Ач) ток, поэтому снижения грузоподъемности судна, из-за установки дополнительных устройств — АБ, СМОТ, муфт и ОПП практически не происходит вследствие того, что ГД имеет меньшую мощность и массу.

Ограничений по используемому под оборудование пространству для водоизмещающих судов, в том числе и для глиссирующих, в отличие от береговых транспортных средств, в судостроении, как известно, практически нет. Однако для глиссирующих судов актуальной является задача обеспечения минимальной их массы. Поэтому представляет интерес изменения полезной грузоподъемности таких судов («Комета», «Восход», «Полесье») при модернизации их силовой установки.

Эколого-экономический эффект от проведенной модернизации СПК (например, «Комета»), выполняющего рейсы между г. Владивосток и пгт Славянка, может быть оценен следующим образом. Установленные ранее турбодизели (2 шт.) марки М-401А с газотурбинным наддувом, массой $m_{гиз1} = 1200$ кг каждый и мощностью 1100 лошадиных сил при суммарном часовом расходе топлива 340—350 литров могут быть заменены на дизели в 2 раза меньшие по мощности, например, на двигатели Д6-440 [14] мощностью 440 л. с. и массой $m_{гиз2} = 790$ кг каждый.

Полагая, что максимальная мощность модернизированной силовой установки не изменится, требуемая мощность АБ

$$P_{АБ} = 2(1100 - 440) \cdot 0,735 = 970,2 \text{ кВт.} \quad (2)$$

Полагая, длительность работы в разрядном режиме АБ $t_{АБ} = 0,3$ ч, коэффициент полезного действия (КПД) ОПП $\eta_{опп} = 0,95$; КПД СМОТ $\eta_{смот} = 0,94$; требуемая энергоемкость АБ

$$W = \frac{P_{АБ} \cdot t_{АБ}}{\eta_{опп} \cdot \eta_{смот}} = \frac{970,2 \cdot 0,3}{0,95 \cdot 0,94} = 325,935 \text{ кВт}\cdot\text{ч.} \quad (3)$$

Полагая удельную плотность энергии АБ $\rho = 150 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{кг}}$, можно рассчитать её массу

$$m_{АБ} = \frac{W}{\rho} = \frac{325935}{150} = 2172,9 \text{ кг.} \quad (4)$$

Учитывая тот факт, что при расчете удельной плотности энергии мощность определяется при токе не более 1С, где С — ёмкость АБ в Ач, а на судне АБ будет эксплуатироваться кратковременно, то её ток и, соответственно, мощность могут быть увеличены в 3...5 раз, соответственно, во столько же раз может быть уменьшена и масса АБ:

$$m_{AB,расч} = \frac{m_{AB,расч}}{3} = \frac{2172,9}{3} = 724 \text{ кг.}$$

Масса модернизированной ГСЭУ ориентировочно может быть рассчитана следующим образом:

$$m_{ГСЭУ} = m_{AB,расч} + m_{гуз2} + m_{m2} + m_{ОПП} + m_{СМОТ} = 724 + 2 \cdot 790 + 1280 + 900 + 2890 = 7374 \text{ кг, (5)}$$

где $m_{ОПП} = 900$ кг — масса ОПП; $m_{СМОТ} = 2890$ кг — масса СМОТ; $m_{m2} = 1280$ кг — масса топлива.

Для уточненного расчета в формулу (4) следует также ввести массы суммирующего редуктора и разобщительных муфт.

Масса установленной ранее силовой установки

$$m_{СУЭ} = m_{гуз1} + m_{m1} = 2 \cdot 1200 + 3200 = 5600 \text{ кг, (6)}$$

где $m_{m1} = 3200$ кг — масса топлива.

Конструктивно снижение массы ГСЭУ при необходимости может быть выполнено, например, за счет замены тихоходной СМОТ с её номинальной частотой вращения 1500 об/мин на быстроходную машину с частотой вращения до 10000...12000 об/мин с установленным на её валу понижающим редуктором. Такое решение позволяет уменьшить массу электропривода обычно в 2...3 раза.

Полезная грузоподъемность СПК с ГСЭУ уменьшится

$$\Delta Q = \left(1 - \frac{Q_{исх}}{Q_{исх} + m_{ГСЭУ} - m_{СУЭ}} \right) \cdot 100\% = \left(1 - \frac{17000}{17000 + 7374 - 5600} \right) \cdot 100\% = 9,45\%, \quad (7)$$

где $Q_{исх} = 17000$ кг — исходная грузоподъемность дизельного СПК.

Расход топлива уменьшится

$$\Delta G = G_{исх} - G_{ГСЭУ} = 350 - 2 \cdot 77 = 196 \text{ л/час, (8)}$$

где $G_{ГСЭУ} = 77$ л/час — расход топлива одного двигателя D6-440 при максимальной его частоте вращения [14].

Зная стоимость дизельного топлива — порядка 50 руб/л, можно рассчитать экономический эффект проведенной модернизации. Например, при 4-часовом рабочем дне экономический эффект составит

$$\text{ЭЭ} = 196 \cdot 4 \cdot 50 = 39200 \text{ руб. сутки. (9)}$$

Ввиду того, что при расчете ЭЭ был принят максимальный расход топлива двигателей D6-440 ГСЭУ, а на судне они эксплуатируются большую часть времени с меньшими нагрузками и, соответственно, с меньшим часовым расходом топлива, то фактический экономический эффект будет больше расчетного значения.

Аналогичным образом по приведенной выше методике определено снижение расхода топлива СПК типа «Восход» и «Полесье» с их эксплуатационной мощностью главного двигателя 1000 л.с. и 434 л.с. соответственно (рис. 3).

Выводы. Предложено техническое решение в виде быстроходных глиссирующих судов с установленными на них ГСЭУ, использование которых

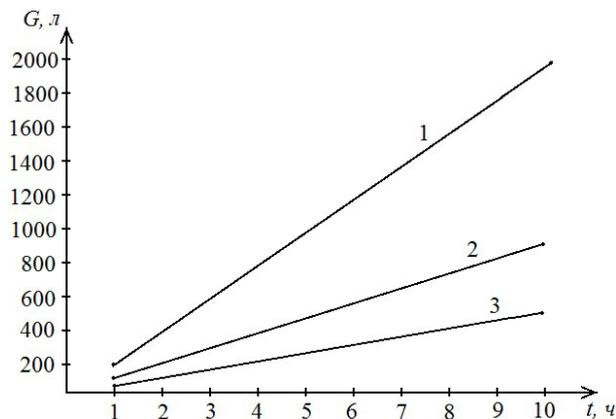


Рис. 3. Зависимость снижения расхода топлива от времени СПК типа:
1 — «Комета», 2 — «Восход», 3 — «Полесье»

позволяет многократно повысить скорость доставки пассажиров между прибрежными населенными пунктами, снизить эксплуатационные расходы, связанные с затратами на ГСМ, а также снизить более чем в 2 раза вредные выбросы в атмосферу. При этом оно свободно от недостатков, характерных для аккумуляторных судов.

Расчеты на примере СПК «Комета» показали, что при установке ГСЭУ вместо обычной дизельной установки грузоподъемность судна снизится на 9,45 %, экономический эффект при 4-часовом рабочем дне составляет 39200 руб./сутки.

Библиографический список

- Jiuchun Jiang, Caiping Zhang. Fundamentals and applications of lithium-ion batteries in electric drive vehicles. Beijing Jiaotong University, China, 2015. 299 p. DOI: 10.1002/9781118414798.fmatter.
- Emadi A. Advanced electric drive vehicles. McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada, 2015. 604 p.
- Логинова В. А. Транспортные проблемы в городе // Молодой ученый. 2018. № 21 (207). С. 60–62.
- Лобанов Е. М. Транспортные проблемы современных больших городов // Транспорт Российской Федерации. 2005. № 1. С. 29–31.
- Бирюков В. К., Власов А. В., Демченко К. Н. Проблемы транспортных систем городов и возможные пути их решения // Научно-исследовательский журнал. 2015. Вып. 2 (33). Ч. 1. С. 27–29.
- Электрический паром «Ellen» с батареей в 4,3 МВт·ч. URL: <https://el-book.ru/2019/09/25/elektricheskiy-parom-ellen-s-batareey/> (дата обращения: 05.05.2021).
- Бурков А. Ф., Веревкин В. Ф., Радченко П. М. Повышение энергоэффективности морского транспорта и транспортной инфраструктуры: моногр. Санкт-Петербург: Лань, 2019. 132 с. ISBN 978-5-8114-3852-5.
- Миклус А. Ростислав Алексеев: «Ракеты», «Кометы», «Буревестники», 2015. URL: <https://www.kp.ru/daily/26394/3271212/> (дата обращения: 06.05.2021).
- Мурутов В. С., Яременко О. В. Морские суда на подводных крыльях (СПК). Москва: Морской транспорт, 1962. 137 с.
- Фиясь И. П., Евграфов В. В. Обратимая валогенераторная установка с полупроводниковым преобразователем частоты: сб. науч. тр. Москва: В/О, «Мортехинформреклама», 1987. 68 с.
- Mi C., Masrur M. A. Hybrid electric vehicles: principles and applications with practical perspectives. 2nd ed. John Wiley & Sons, 2018. 580 p. ISBN 978-1-118-97056-0.

12. Пат. 2716514 Российская Федерация, МПК В63Н 5/125 (2006.01), В60W 20/00 (2006.01). Способ разгона глиссирующего судна / Михановин В. В., Наумов И. М. № 2019112769, заявл. 25.04.2019; опубл. 12.03.2020, Бюл. № 8.

13. Аккумуляторы LiFePo4. URL: https://hobbyking.com/ru_ru/batteries-chargers/batteries/life.html (дата обращения: 03.05.2021).

14. Абрамов С. Дизели для коммерческих судов (110–1000 л.с.). URL: https://www.kvartet.biz/ru/volvopenta_engines/marine_commercial/diesel_inboard.html (дата обращения: 03.05.2021).

БУРКОВ Алексей Федорович, доктор технических наук, доцент (Россия), профессор Инженерной школы Дальневосточного федерального университета (ДВФУ), г. Владивосток.

SPIN-код: 1892-8849

AuthorID (РИНЦ): 573588

ORCID: 0000-0002-3927-563X

AuthorID (SCOPUS): 56800300900

МИХАНОШИН Виктор Викторович, доцент кафедры электрооборудования и автоматики судов

Морского государственного университета имени адмирала Г. И. Невельского, г. Владивосток.

SPIN-код: 3354-9524

AuthorID (РИНЦ): 564385

ORCID: 0000-0001-6741-0061

AuthorID (SCOPUS): 57216621545

НГУЕН Ван Ха, аспирант департамента энергетических систем, направление подготовки 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, ДВФУ, г. Владивосток.

Адрес для переписки: tetrodoksин@mail.ru

Для цитирования

Бурков А. Ф., Михановин В. В., Нгуен В. Х. Повышение энергоэффективности силовых электроэнергетических установок малотоннажных пассажирских судов // Омский научный вестник. 2021. № 4 (178). С. 46–51. DOI: 10.25206/1813-8225-2021-178-46-51.

Статья поступила в редакцию 08.05.2021 г.

© А. Ф. Бурков, В. В. Михановин, В. Х. Нгуен