

УДК 621.4

DOI: 10.37890/jwt.vi77.450

Энергосберегающая установка речного судна

В.Н. Тимофеев

И.Р. Салахов

Л.М. Кутепова

ORCID: 0000-0001-6600-5777

Н.В. Гречко

Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза

М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, г. Казань, Россия.

Аннотация. Настоящая статья относится к дизелестроению и может быть использована проектными организациями и судами речного флота, находящимися в эксплуатации. В устройстве энергосберегающей установки речного судна используется тепловой насос с высокотемпературным двухступенчатым компрессором и органический цикл Ренкина (ОЦР). В двухступенчатом компрессоре температура низкокипящего вещества достигает 100°C. Далее этот пар конденсируется в конденсаторе ОЦР, при этом теплоноситель нагревается до 95-98°C и через трехходовой кран происходит распределение полученного теплоносителя: часть потока теплоносителя поступает на объект отопления, другая часть теплоносителя через трехходовой кран поступает в испаритель ОЦР, где происходит теплообмен с низкокипящим веществом. Затем полученный пар с высоким давлением поступает в турбину. При этом паровая турбина приводится в действие с генератором и происходит выработка электрической энергии. Предложенная энергосберегающая установка может быть использована речными судами во время выполнения грузовых операций и вынужденных остановок, во время которых энергетическая установка: главный судовой дизель, дизель-генератор и вспомогательная котельная установка находятся в нерабочем состоянии, что приводит к существенной топливной экономичности судовой энергетической установки.

Ключевые слова: судовая энергетическая установка, энергосберегающая установка, речной транспорт, органический цикл Ренкина.

Energy-saving installation of a river vessel

Vitaly N. Timofeev

Ilyas R. Salakhov

Liudmila M. Kutepova

ORCID: 0000-0001-6600-5777

Nikolay V. Grechko

Institute of Sea and River Fleet named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyatayeva – Kazan branch of the Volga State University of Water Transport, Kazan, Russia

Abstract. This article relates to diesel engineering and can be used by design organizations and river fleet vessels in operation. The device of the energy-saving installation of a river vessel uses a heat pump with a high-temperature two-stage compressor and an Organic Rankine Cycle (ORC). In a two-stage compressor, the temperature of the low-boiling substance reaches 100°C. Further, this steam is condensed in the ORC condenser, while the coolant is heated to 95-98°C and the resulting coolant is distributed through a three-way valve: part of the coolant flow enters the heating object, the other part of the coolant enters the ORC evaporator through a three-way valve, where heat exchange with a low-boiling

substance takes place. The resulting high-pressure steam then enters the turbine. In this case, the steam turbine is driven with a generator and electrical energy is generated. The proposed energy-saving installation can be used by river vessels during cargo operations and forced stops, during which the power plant: the main marine diesel engine, diesel generator and auxiliary boiler plant are inoperative, which leads to significant fuel savings of the ship power plant.

Keywords: ship power plant, energy-saving plant, river transport, Organic Rankine Cycle.

Введение

В настоящее время на транспортных судах в судовых энергетических установках (СЭУ) успешно применяются двигатели внутреннего сгорания (ДВС). В связи с этим все ведущие дизелестроительные предприятия добились существенного повышения эффективности своих двигателей в результате технических решений. Так, в рабочих системах судовых дизелей успешно внедряются элементы автоматики и микропроцессорной техники [1].

Вместе с тем продолжают разрабатываться энергосберегающие установки, в которых за счет утилизации отработавшей тепловой энергии главного судового ДВС, дизель-генератора и тепловой энергии вспомогательного котла удастся получить необходимые параметры (тепловую электрическую энергию и источник холода) для эксплуатации судна во время стоянок, например, в ожидании погрузочно-разгрузочных работ, что способствует повышению технико-экономических показателей СЭУ речных судов.

В статье приводится устройство, позволяющее на стоянке речного судна выработать электрическую, тепловую энергию и источник холода модернизацией судовой энергетической установки.

Методы

Предлагаемая статья относится к двигателестроению и может быть использована проектными организациями и судами речного флота, находящимися в эксплуатации.

Постоянный рост цен на энергоресурсы способствует поиску более современных и экономических средств получения тепловой и электрической энергии и источника холода в судовых энергетических установках на стояночных режимах речных судов.

В настоящее время известны высокотемпературные тепловые насосы, описанные в работе И.А. Султангузина и А.А. Потаповой [2]. В статье представлен высокотемпературный двухступенчатый тепловой насос, используемый в судовой энергетической установке, который в условиях эксплуатации в результате потребления 1 кВт электрической энергии позволяет получить 4-5 кВт тепловой энергии.

В тепловом насосе используется двухступенчатый компрессор, который в процессе эксплуатации поддерживает температуру рабочего вещества в пределах 95–100°C. В конструкции теплового насоса тепловая энергия горячей воды используется только для отопления, что является основным недостатком данного устройства.

Известен также органический цикл Ренкина (ОЦР), который позволяет преобразовать тепловую энергию в электрическую при использовании следующих тепловых режимов: 100°C, 90°C, 80°C и 70°C [3-9]. Доказано, что при температуре источника теплоты 80°C КПД может достигать 7,4%.

Для утилизации низкопотенциальной энергии в устройстве будет использован цикл Ренкина. В ОЦР используется органическое низкокипящее вещество, в результате чего может быть использован ОЦР при низкой температуре.

Наиболее близким техническим решением является патент № 176333 «Энергосберегающая установка речного судна» [10].

Предлагаемый патент содержит главный судовой дизель с валогенератором, дизель-генератор, рабочие системы дизеля, пульт управления, главный распределительный щит, потребители электрической энергии, паровую турбину с генератором, тепловой насос. Тепловой насос через испаритель подключен к низкопотенциальному источнику энергии – забортной воде, выход – к паровой турбине с возможностью подключения: через генератор к главному распределительному щитку, а через конденсатор к тепловым потребителям и рабочим системам главного судового дизеля. Охлажденный низкопотенциальный (забортная вода) источник энергии подключен к рабочим системам главного судового дизеля.

Основным недостатком данного патента является то, что в тепловом насосе используется одноступенчатый компрессор, который в процессе его эксплуатации температуру рабочего вещества поддерживает в пределах 65°C. Эта температура является недостаточной для выработки электрической энергии.

Заявляемая статья решает задачу создания устройства для получения энергетических параметров судовой энергетической установки речного судна во время вынужденной его остановки вдали от населенных пунктов, где нет возможности подключиться к береговой сети [11].

Техническим результатом, достигнутым в результате выполненной модернизации, является обеспечение энергетическими параметрами: тепловой и электрической энергией при нерабочей энергетической установке во время вынужденной остановки речного судна.

При этом, устройство, содержащее тепловой насос, дизель-генератор, трехходовой кран, органический цикл Ренкина дополнительно содержит высокотемпературный двухступенчатый компрессор, вход теплоносителя которого через конденсатор подключается к трехходовому крану, выход: через второй патрубок трехходового крана подключается к объекту отопления, через третий патрубок трехходового крана теплоноситель связан с испарителем органического цикла Ренкина. Кроме того, низкокипящее рабочее вещество органического цикла Ренкина подключается к паровой турбине, выход через конденсатор и насос связывается с испарителем органического цикла Ренкина.

На рис. 1 представлена разработанная коллективом Казанского филиала ВГУВТ принципиальная схема энергосберегающего устройства энергетической установки речного судна, которая содержит дизель-генератор 1; двухступенчатый компрессор 2; конденсатор теплового насоса (ТН) 3; испаритель теплового насоса (ТН) 4; испаритель ОЦР 5; турбину 6; генератор 7; конденсатор ОЦР 8; теплообменник 9; потребитель тепловой энергии 10; объект отопления 11; блок управления (БУ) 12; потребитель холода 13; потребитель электрической энергии 14; пульт управления 15; переключатель: 16 – дизель-генератора 1, 17 – двухступенчатого компрессора 2; клинкет 18; электрические насосы 19, 20, 21, 22; трехходовые краны 23, 24; дроссельный вентиль 25; невозвратный клапан 26; запорный клапан 27; каналы низкокипящего вещества ТН 28, 29, 30, 31; каналы низкокипящего вещества ОЦР 32, 33, 34, 35; каналы охлаждающей жидкости 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42; каналы хладоносителя 43, 44, 45; каналы горячей воды и отопления 46, 47, 48; 49, 50, 51, 52; каналы электрической энергии 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62.

В предлагаемом устройстве ОЦР представляет собой замкнутый цикл, который содержит испаритель ОЦР 5, паровую турбину 6, генератор 7, конденсатор ОЦР 8, электрический насос ОЦР 19. Замкнутый контур заправляется низкокипящим веществом (НВ). При выборе НВ необходимо учитывать ряд, предъявляемых к ним требований: дешевизна; хорошие теплофизические свойства; не токсичность; отсутствие экологического воздействия на окружающую среду (озоновый слой,

парниковый эффект); замерзание при достаточно низких отрицательных температурах, что важно для климатических условий северных регионов.

ТН представляет собой замкнутый цикл, содержит испаритель ТН 4, двухступенчатый компрессор 2, конденсатор ТН 3, дроссельный вентиль 25. Замкнутый контур заправляется низкокипящим веществом (НВ). Аналогично, при выборе НВ необходимо учитывать ряд, предъявляемых к ним требований: дешевизна; хорошие теплофизические свойства; не токсичность; отсутствие экологического воздействия на окружающую среду (озоновый слой, парниковый эффект); замерзание при достаточно низких отрицательных температурах, что важно для климатических условий северных регионов.

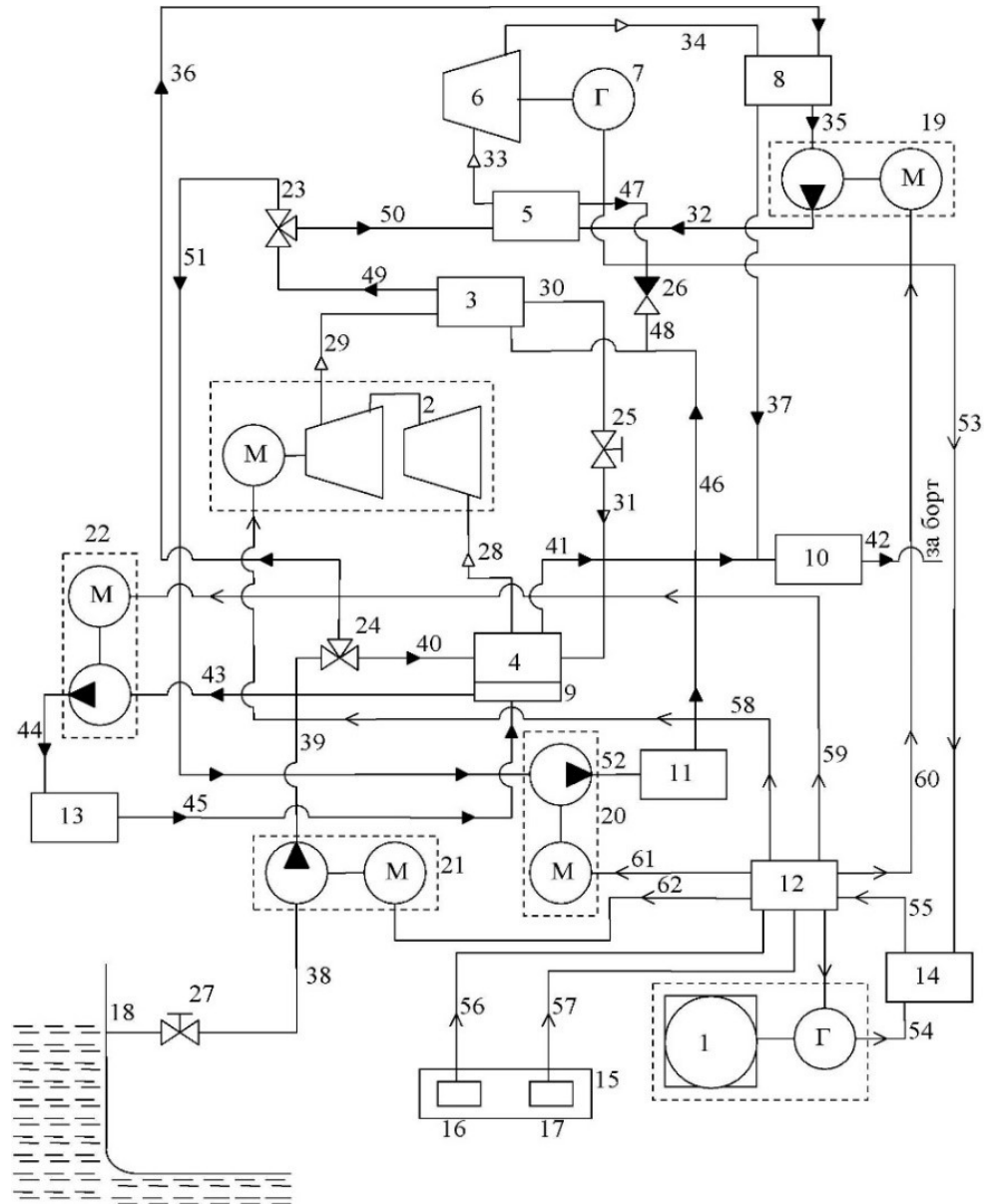


Рис. 1. Принципиальная схема энергосберегающей установки: 1 - дизель-генератор; 2 - двухступенчатый компрессор; 3 - конденсатор теплового насоса (ТН); 4 - испаритель теплового насоса (ТН)

насоса (ТН); 5 - испаритель ОЦР; 6 – турбина; 7 - генератор; 8 - конденсатор ОЦР; 9 – теплообменник; 10 - потребитель тепловой энергии; 11 - объект отопления; 12 - блок управления (БУ); 13 - потребитель холода; 14- потребитель электрической энергии; 15 - пульт управления; переключатель; 16 – дизель-генератора 1, 17 – двухступенчатого компрессора 2; 18 - клинкет; 19, 20, 21, 22 - электрические насосы; 23, 24 - трехходовые краны; 25 - дроссельный вентиль; 26 - невозвратный клапан; 27 - запорный клапан; 28, 29, 30, 31 - каналы низкокипящего вещества ТН; 32, 33, 34, 35 - каналы низкокипящего вещества ОЦР; 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42 - каналы охлаждающей жидкости; 43, 44, 45 - каналы хладоносителя; 46, 47, 48; 49, 50, 51; 52 - каналы горячей воды и отопления; 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62 - каналы электрической энергии

Таким образом, в предлагаемом устройстве тепловая машина, работающая по циклу Ренкина, применяется для привода теплового насоса, которую можно назвать двойным циклом Ренкина, при этом в обоих контурах можно использовать одинаковое рабочее тело.

Предлагаемое устройство состоит из теплового насоса, основными элементами которого являются двухступенчатый компрессор 2, конденсатор ТН 3, испаритель ТН 4. В ТН происходит теплообмен между низкокипящим веществом, циркулирующим в замкнутом контуре: двухступенчатый компрессор 2, канал 29, конденсатор ТН 3, канал 30, дроссельный вентиль 25, канал 31; и теплоносителем, циркуляция которого тоже происходит в замкнутом контуре: канал 46, конденсатор ТН 3, канал 49, трехходовой кран 23, где теплоноситель распадается на два потока: первый поток – второй патрубок трехходового крана 23, канал 51, насос 20, канал 52, объект отопления 11; второй поток – третий патрубок трехходового крана 23, канал 50, испаритель ОЦР 5, канал 47, невозвратный клапан 26, канал 48, канал 46, где второй поток смешивается с первым потоком и полученный теплоноситель поступает в конденсатор ТН 3 и цикл повторяется.

Таким образом, в устройстве происходит комбинированная работа теплового насоса с организационным циклом Ренкина.

В теплообменнике 9 происходит теплообмен с испарителем ТН 4, при этом полученный источник холода по каналам 43, 45 перекачивается насосом 22 потребителю холода 13.

Предлагаемое устройство служит для повышения топливной экономичности при вынужденных стоянках судна в ожидании выгрузки, погрузки груза, например речного песка, на стоянках при плохой видимости вдали от населенных пунктов, когда нет возможности подключиться к береговой сети и т. д.

В двухступенчатом компрессоре 2 происходит повышение температуры низкокипящего вещества - пара до 100°C и повышение его давления. Полученный пар поступает по каналу 29 в конденсатор ТН 3, где в результате конденсации с теплоносителем, поступающим из объекта отопления 11 и испарителя ОЦР 5, температура теплоносителя становится равной 95-98°C. Далее этот теплоноситель поступает по каналу 49 в трехходовой кран 23, где происходит распределение потока теплоносителя, через второй патрубок по каналу 51 и насос 20, канал 52, объект отопления 11, а другая часть через третий патрубок трехходового крана 23 и канал 50 идет в испаритель 5 ОЦР.

Энергосберегающее устройство судовой энергетической установки речного судна работает следующим образом.

Пусть речное судно в ожидании погрузки речного песка на карьере становится на якорь. Тогда судовой главный дизель останавливается (на рисунке главный судовой дизель не показан), а дизель-генератор 1 запускается нажатием на переключатель 16, который начинает вырабатывать электрическую энергию, которая поступает в потребитель электрической энергии 14. Далее нажатием на переключатель 17 запускается данное устройство, при этом открывается запорный вентиль 27, а в блок

управления 12 по каналу 55 поступает электроэнергия. Блок управления 12 подачей электроэнергии по каналу 57 запускает двухступенчатый компрессор 2, а подачей электроэнергии по каналам 53, 60, 61, 62 запускает электрические насосы 19, 20, 21, 22.

В теплообменнике 9 происходит теплообмен хладоносителя с испарителем ТН 4, при этом полученный источник холода по каналам 43, 45 перекачивается насосом 23 потребителю холода 13.

Результаты

По каналу 28 поступает низкокипящее вещество в виде пара в двухступенчатый компрессор ТН 2, который поднимает его давление и температуру, по каналу 29 пар подается в конденсатор ТН 3. Одновременно в конденсатор ТН 3 поступает теплоноситель из объекта отопления 11 и испарителя ОЦР 5. В результате теплообмена низкокипящего вещества и теплоносителя в конденсаторе ТН 3 происходит конденсация низкокипящего вещества и повышение температуры теплоносителя до 95-98°C. Полученный теплоноситель по каналу 49 поступает на первый патрубок трехходового крана 23 и происходит распределение горячего теплоносителя: через второй патрубок теплоноситель по каналу 51 направляется на объект отопления 11, а по каналу 50 – в испаритель ОЦР 5. Одновременно в испаритель ОЦР 5 по каналу 32 поступает низкокипящее вещество, где в результате теплообмена происходит испарение и превращение низкокипящего вещества в пар с высоким давлением, который по каналу 33 поступает в турбину 6, где в результате работы турбины 6 с генератором 7 происходит выработка электрической энергии, которая по каналу 53 поступит в потребитель электроэнергии 14. После этого происходит остановка дизель-генератора 1 и начинается повышение топливной экономичности эффективности СЭУ.

Отработанный пар из турбины 6 по каналу 34 поступает в конденсатор ОЦР 8, куда одновременно насосом 21 через канал 36 подается забортная вода и в результате теплообмена пар конденсируется, далее через канал 35, циркуляционный насос 19 низкокипящее вещество продолжит свою циркуляцию. Забортная вода после теплообмена в конденсаторе 8 по каналам 37 и 41 поступит в потребитель теплоты 10.

А другая часть забортной воды через третий патрубок трехходового крана 24 по каналу 40 поступает в испаритель ТН 4, где в результате теплообмена с низкокипящим веществом происходит его кипение, полученный пар направляется по каналу 28 в двухступенчатый компрессор 2, а забортная вода из испарителя ТН 4 в канале 41 смешивается с потоком забортной воды, поступающим по каналу 37 и поступает в потребитель теплой воды 10. Отработанная вода по каналу 48 удаляется за борт.

Низкокипящее вещество в испарителе ТН 4 в результате теплообмена с забортной водой происходит кипение низкокипящего вещества и превращение его в пар. Полученный пар поступает по каналу 29 в двухступенчатый компрессор 2, где в результате сжатия происходит увеличение его давления и температуры до 100°C. Полученный пар по каналу 36 поступает в конденсатор ОЦР 3, где в результате теплообмена с теплоносителем ОЦР происходит его повышение температуры до 95-98°C.

Обсуждения

Предложенное энергосберегающее устройство энергетической установки речного судна может быть использовано речными судами во время выполнения грузовых операций и вынужденных остановок, при этом энергетическая установка: главный судовой дизель, дизель-генератор и вспомогательная котельная установка во время

выполнения грузовых операций и вынужденных остановок, находятся в нерабочем состоянии, что приводит к существенной топливной экономичности СЭУ.

Кроме того, предложенное устройство может быть использовано в сельской местности для обеспечения тепловой и электрической энергией частных домов.

Список литературы

1. Механизмы управления рабочим процессом дизельного двигателя / С.Е. Андрусенко, О.Е. Андрусенко, В.В. Колыванов, Ю.И. Матвеев // Научные проблемы водного транспорта. – 2021. – № 68 (3). – С.98-108. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi68.206>.
2. Султангузин И.А., Потапова А.А. Высокотемпературные тепловые насосы большой мощности для теплоснабжения / И.А. Султангузин, А.А. Потапова // Новости теплоснабжения. – 2010. – № 10. – С.23-27.
3. Белов Г.В., Дорохова М.А. Органический цикл Ренкина и его применение в альтернативной энергетике / Г.В. Белов, М.А. Дорохова // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2014. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskiy-tsikl-renkina-i-ego-primenenie-v-alternativnoy-energetike> (дата обращения: 28.04.2023).
4. Quoilin S., Van Den Broeck M., Declaya S., Dewallefa P., Lemorta V. Techno-economic survey of Organic Rankine Cycle (ORC) systems / S. Quoilin, M. Van Den Broeck, S. Declaya, P. Dewallefa, V. Lemorta // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2013. – Vol. 22. – P.168-186. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.028>.
5. Li Y., Tang T. Performance Analysis and Optimization of a Series Heat Exchangers Organic Rankine Cycle Utilizing Multi-Heat Sources from a Marine Diesel Engine. / Youyi Li, Tianhao Tang // Entropy. – 2021. – Vol. 23(7):906. DOI: <https://doi.org/10.3390/e23070906>.
6. Xia X. X. et al. Working fluid selection of dual-loop organic Rankine cycle using multi-objective optimization and improved grey relational analysis / Xiao Xia Xia, Zhi Qi Wang, Nai Jun Zhou, Yan Hua Hu, Jian Ping Zhang, Yin Chen // Applied Thermal Engineering. – 2020. – T. 171. – С. 115028. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115028>.
7. Lion S., Vlaskos I., Taccani R. A review of emissions reduction technologies for low and medium speed marine Diesel engines and their potential for waste heat recovery / S. Lion, I. Vlaskos, R. Taccani // Energy Conversion and Management. – 2020. – T. 207. – С. 112553. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112553>.
8. Ping X. et al. Thermodynamic, economic, and environmental analysis and multi-objective optimization of a dual loop organic Rankine cycle for CNG engine waste heat recovery / Xu Ping, Baofeng Yao, Hongguang Zhang, Fubin Yang // Applied Thermal Engineering. – 2021. – T. 193. – С. 116980. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.116980>.
9. Wang M. et al. An innovative Organic Rankine Cycle (ORC) based Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) system with performance simulation and multi-objective optimization / Meng Wang, Rui Jing, Haoran Zhang, Chao Meng, Ning Li, Yingru Zhao // Applied Thermal Engineering. – 2018. – T. 145. – С. 743-754. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.09.075>.
10. Патент № 176333. Энергосберегающая установка речного судна: № 2016148025: заявл. 07.12.2016: опубл. 17.01.2018 / В.Н. Тимофеев, Н.Ф. Чесухин, Д.В. Тимофеев; заявитель, патентообладатель Тимофеев В.Н. – 7 с.
11. Тимофеев В.Н., Салахов И.Р., Кутепова Л.М. и др. Утилизация вторичной теплоты рабочих систем судовых двигателей внутреннего сгорания / В.Н.Тимофеев, И.Р.Салахов, Л.М.Кутепова, Н.В.Гречко, А.Р.Юнусова // Актуальные проблемы и перспективы развития системы отраслевого транспортного образования: Сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции. Под ред. И.Р. Салахова. – Казань, 2022. – С. 124-135.

References

1. Andrusenko S.E. , Andrusenko O.E. , Kolyvanov V.V., Matveev YU.I. Mekhanizmy upravleniya rabochim protsessom dizel'nogo dvigatelya [Diesel Engine Workflow Control Mechanisms]. Nauchnye problemy vodnogo transporta [Scientific problems of water transport] 2021, No. 68 (3), P.98-108. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi68.206>.

2. Sultanguzin I.A., Potapova A.A. Vysokotemperaturnye teplovye nasosy bol'shoi moshchnosti dlya teplosnabzheniya [Large capacity high temperature heat pumps for heating supply]. *Novosti teplosnabzheniya* [Heat supply news] 2010, no.10, p.23-27.
3. Belov G.V., Dorokhova M.A. Organicheskiy tsikl Renkina i ego primeneniye v al'ternativnoi ehnergetike [Organic Rankine cycle and its application in alternative energy]. *Mashinostroeniye i komp'yuternyye tekhnologii* [Mechanical engineering and computer technology] 2014, no.2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskiy-tsikl-renkina-i-ego-primeneniye-v-al'ternativnoy-energetike> (accessed 28.04.2023).
4. Quoilin S., Van Den Broeck M., Declaye S., Dewallefa P., Lemorta V. Techno-economic survey of Organic Rankine Cycle (ORC) systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2013, Vol. 22, P.168-186. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.028>.
5. Li Y., Tang T. Performance Analysis and Optimization of a Series Heat Exchangers Organic Rankine Cycle Utilizing Multi-Heat Sources from a Marine Diesel Engine. *Entropy* 2021, Vol. 23(7):906. DOI: <https://doi.org/10.3390/e23070906>.
6. Xia X. X. et al. Working fluid selection of dual-loop organic Rankine cycle using multi-objective optimization and improved grey relational analysis. *Applied Thermal Engineering* 2020, Vol. 171, P.115028. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115028>.
7. Lion S., Vlaskos I., Taccani R. A review of emissions reduction technologies for low and medium speed marine Diesel engines and their potential for waste heat recovery. *Energy Conversion and Management* 2020, Vol. 207, P.112553. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112553>.
8. Ping X. et al. Thermodynamic, economic, and environmental analysis and multi-objective optimization of a dual loop organic Rankine cycle for CNG engine waste heat recovery. *Applied Thermal Engineering* 2021, Vol. 193, P.116980. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.116980>.
9. Wang M. et al. An innovative Organic Rankine Cycle (ORC) based Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) system with performance simulation and multi-objective optimization/ *Applied Thermal Engineering* 2018, Vol. 145, P.743-754. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.09.075>.
10. Patent no.176333. Ehnergoberegayushchaya ustanovka rechnogo sudna [Energy-saving installation of a river vessel]: no.2016148025: zayavl. 07.12.2016: opubl. 17.01.2018. V.N. Timofeev, N.F. Chesukhin, D.V. Timofeev; zayavitel', patentoobladatel' Timofeev V.N. 7 p.
11. Timofeev V.N., Salakhov I.R., Kutepova L.M. i dr. Utilizatsiya vtorichnoi teploty rabochikh sistem sudovykh dvigatelei vnutrennego sgoraniya [Utilization of secondary heat of working systems of marine internal combustion engines]. *Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya sistemy otraslevogo transportnogo obrazovaniya: Sbornik statei IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Pod red. I.R. Salakhova. Kazan, 2022, P.124-135.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Тимофеев Виталий Никифорович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой электромеханических объектов водного транспорта, Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, 420108, г. Казань, ул. Портовая, д. 19, e-mail: timofeev.vitaly2010@yandex.ru

Салахов Ильяс Рахимзянович, к.п.н., доцент, директор института, Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, 420108, г. Казань, ул. Портовая, д. 19, e-mail: vguvtkazan@yandex.ru

Vitaly N. Timofeev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Electromechanical Objects of Water Transport, Institute of Sea and River Fleet named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyatayeva – Kazan branch of the Volga State University of Water Transport, 19, Portovaya st, Kazan, 420108

Ilyas R. Salakhov, Ph.D. in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute, Institute of Sea and River Fleet named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyatayeva – Kazan branch of the Volga State University of Water Transport, 19, Portovaya st, Kazan, 420108

Кутепова Людмила Михайловна, к.п.н.,
доцент кафедры электромеханических объектов
водного транспорта, Институт морского и
речного флота имени Героя Советского Союза
М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского
государственного университета водного
транспорта, 420108, г. Казань, ул. Портовая, д.
19, e-mail: masa_m@bk.ru

Гречко Николай Владимирович, к.т.н., доцент
кафедры электромеханических объектов
водного транспорта, Институт морского и
речного флота имени Героя Советского Союза
М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского
государственного университета водного
транспорта, 420108, г. Казань, ул. Портовая, д.
19, e-mail: nvg.vguvt@yandex.ru

Liudmila M. Kutepova, Ph.D. in Pedagogical
Sciences, Associate Professor of the
Department of Electromechanical Objects of
Water Transport, Institute of Sea and River
Fleet named after Hero of the Soviet Union
M.P. Devyatayeva – Kazan branch of the
Volga State University of Water Transport, 19,
Portovaya st, Kazan, 420108

Nikolay V. Grechko, Ph.D. in Engineering
Sciences, Associate Professor of the
Department of Electromechanical Objects of
Water Transport, Institute of Sea and River
Fleet named after Hero of the Soviet Union
M.P. Devyatayeva – Kazan branch of the
Volga State University of Water Transport, 19,
Portovaya st, Kazan, 420108

Статья поступила в редакцию 24.05.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.
Received 24.05.2023; published online 20.12.2023.