

Научная статья
УДК 629.128
<https://doi.org/10.24143/2073-1574-2023-2-30-40>
EDN QCWWRO

Анализ аварийности судов, вызванной ненадежной работой системы охлаждения судовых энергетических установок

*Анна Эдуардовна Харламова¹✉, Михаил Николаевич Покусаев²,
Алексей Викторович Трифонов³*

¹*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,
Астрахань, Россия, usynina1987@gmail.com✉*

^{2, 3}*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия*

Аннотация. Рассматриваются транспортные происшествия на плавсредствах на внутренних водных путях, морских и океанских акваториях, вызванные ненадежной работой основных систем при эксплуатации в тяжелых для навигации ледовых и мелководных условиях и нарушениями членами экипажей судов правил технической эксплуатации. Приведены статистические данные о случаях аварийности, причинах аварий на воде. Отмечены частые причины поломок вследствие ненадежной работы разомкнутой (двухконтурной) системы охлаждения судовых энергетических установок судна. Разомкнутые системы, при которых пресная вода, циркулирующая через охлаждаемое энергетическое оборудование, охлаждается забортной водой, не обеспечивают требуемой надежности работы в условиях мелководья и битого льда, способствуя остановке судовой энергетической установки, возникновению аварийной ситуации. Механические примеси, поступающие в систему охлаждения, вызывают коррозионно-эрозионные разрушения трубопроводов и основных элементов, эксплуатационную нагрузку на фильтры забортной воды. В зимний период времени эксплуатация судна по мелководным участкам трасс приводит к забиванию кингстонных ящиков мелким льдом («шугой») и снижению поступления забортной воды для охлаждения судовых энергетических агрегатов. Возникает необходимость в отказе от использования забортной воды судном для обеспечения работы системы охлаждения энергетической установки. Сделаны выводы о том, что использование замкнутых систем охлаждения позволяет решить задачу надежного функционирования плавсредств в условиях мелководья и битого льда.

Ключевые слова: аварийность судов, забортная вода, система охлаждения судовой энергетической установки, эксплуатация судна в условиях мелководья, эксплуатация судна в условиях битого льда

Для цитирования: Харламова А. Э., Покусаев М. Н., Трифонов А. В. Анализ аварийности судов, вызванной ненадежной работой системы охлаждения судовых энергетических установок // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2023. № 2. С. 30–40. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2023-2-30-40>. EDN QCWWRO.

Original article

Analysis of ship accidents caused by unreliable operation of cooling systems of ship power plants

Anna E. Harlamova¹✉, Mikhail N. Pokusaev², Aleksey V. Trifonov³

¹*Astrakhan State University of Architecture and Construction,
Astrakhan, Russia, usynina1987@gmail.com✉*

^{2, 3}*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia*

Abstract. The article considers transport accidents on watercrafts in inland waterways, sea and ocean waters caused by unreliable operation of the main systems during operation in ice and shallow water conditions difficult for navigation and by the violations technical operation rules by the crew members. There are given the statistical data on the accidents and causes of accidents on the water. Frequent breakdowns due to unreliable operation of the open (two-circuit) cooling system of the ship's power plants are stated. Open systems, in which fresh water circulating through cooled power equipment is cooled by the seawater, do not provide the required reliable operation in shallow water and broken ice, causing the shutdown of the ship power plant or an emergency situation. Mechanical impurities entering the cooling system cause corrosion-erosive destruction of the pipelines, main elements and operational load on seawater filters. In the winter, the operation of the ship in shallow sections of the routes leads to clogging of sea chests with small ice particles (studge ice) and a poor seawater intake for cooling ship power units. The ship systems fail using seawater, which makes difficult the operation of the cooling system of the power plant. It has been inferred that using closed cooling systems makes it possible to solve the problem of reliable functioning of the watercrafts in the conditions of shallow waters and broken ice.

Keywords: accident rate of the ships, seawater, cooling system of the ship power plant, ship operation in conditions of shallow water, ship operation in conditions of broken ice

For citation: Harlamova A. E., Pokusaev M. N., Trifonov A. V. Analysis of ship accidents caused by unreliable operation of cooling systems of ship power plants. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technologies.* 2023;2:30-40. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2023-2-30-40>. EDN QCWWRO.

Введение

Статистические данные анализа и состояния аварийности судов, причин аварий на море и внутренних водных путях Ространснадзора и Федерального агентства по рыболовству свидетельствуют о ежегодном увеличении количества аварийных происшествий, в том числе и по причине ненадежной работы разомкнутой (двухконтурной) системы охлаждения судовых энергетических установок судна. В условиях мелководья эксплуатируются 30–50 % ледоколов и судов ледового плавания, в отдельные годы этот показатель достигал 80 % от общего времени движения во льдах [1].

Комплекс организационных и технических мероприятий направлен на обеспечение безопасности на акватории, а именно сохранность человеческих жизней, судовых транспортных средств и охрану окружающей среды [2]. Сегодня, учитывая статистику аварийности судов на море, проблема безопасности в тяжелых условиях работы в акватории выходит на первый план. По имеющимся статистическим данным, появление спасательных средств, плотов, шлюпок и т. п., новейших спутниковых средств радиосвязи не позволяет сократить аварийность морских судов [3]. Влияние неблагоприятных факторов и природных явлений носит скорее косвенный характер при недостаточном техническом оснащении судна и готовности всех основных систем [4] к эксплуатации в тяжелых для навигации условиях по мелководным трассам и при наличии ледовой нагрузки.

Состояние проблемы

Большая часть гражданского флота Российской Федерации в настоящее время состоит из судов,

выслуживших нормативные сроки службы и не соответствующих по своему физическому и моральному состоянию современным требованиям безопасности и экологичности [5]. Для обеспечения высоких экономических, экологических и ресурсных показателей таких судов особое внимание необходимо уделять организации их рационального охлаждения в процессе эксплуатации в условиях мелководья и битого льда, возможности которого использованы недостаточно полно, а неисправность системы охлаждения, выраженная в недостаточном количестве поступающей забортной воды на охладитель, свидетельствует об аварийных случаях на море и внутренних водных путях (ВВП).

Ежегодно Федеральная служба по надзору в сфере транспорта РФ (Ространснадзор) официально публикует в открытых источниках сведения об анализе и состоянии аварийности судов с целью информирования индустрии судоходства, рыболовства и общественности об общих обстоятельствах и причинах аварий на море и ВВП (рис. 1) [6].

В таблице приведенные на рис. 1 данные о транспортных происшествиях на ВВП за период 2020–2021 гг. распределены по видам.

В 2020 г. было зафиксировано 112 транспортных происшествий, а в 2021 г. – 119 (увеличение на 6 %). В 2021 г. на водном транспорте произошло 70 аварий на море, что на 9 аварий (15 %) больше, чем в 2020 г.

Данные Федерального агентства по рыболовству в 2016 г. свидетельствуют о случае поступления забортной воды в машинное отделение судна на малом рыболовном траулере кормового траления «Аметист» в Баренцевом море севернее мыса Канин Нос [7]. Основными причинами данной ава-

рии являются нарушения наставления по предупреждению аварий и борьбе за живучесть судов,

устава службы на судах, морской практики, а также правил технической эксплуатации судна.

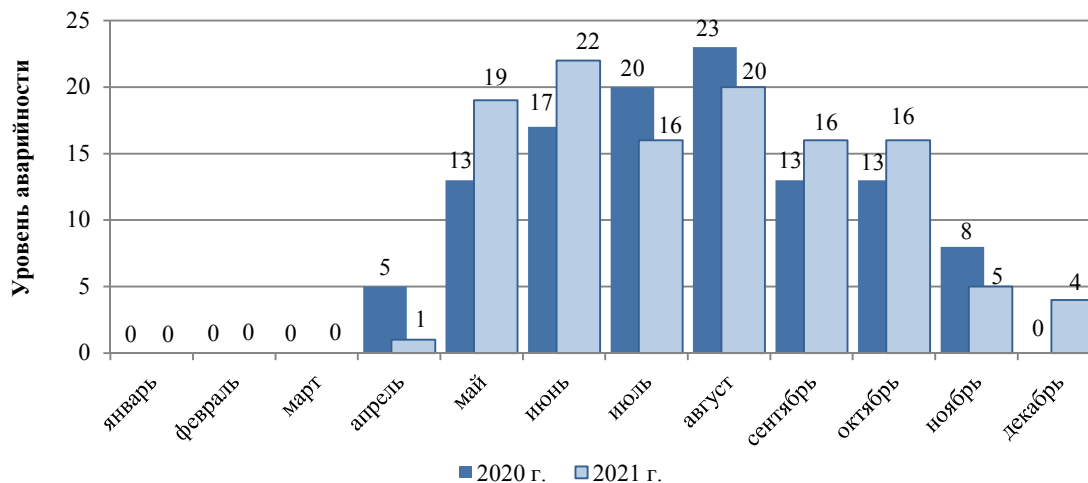


Рис. 1. Количество аварий судов на ВВП за период 2020–2021 гг.

Fig. 1. Number of ship accidents for the period 2020-2021

Количество транспортных происшествий на ВВП по видам*

Number of transport accidents in inland waterways by types

Виды транспортных происшествий	2020 г.	2021 г.
Столкновение	4	13
Затопление	4	3
Удар	40	55
Повреждение гидротехнического сооружения	20	19
Посадка на мель	43	28
Другие	1	1

*Составлено по [6].

В 2016 г. в акватории Тихого океана в районе острова Парамушир во время промыслового траления зафиксирована аварийная остановка главного двигателя сейнера-траулера «Киреевка» по причине срабатывания автоматики по температуре охлаждения главного двигателя.

В той же акватории на маломерном рыболовном траулере рефрижераторного типа «Гайдук» зафиксировано поступление воды в машинное отделение с последующей остановкой главного двигателя по причине прорыва межкингстонной магистрали. Экипаж судна, закрыв кингстонные клапаны, остановил поступление забортной воды, в связи с чем произошла остановка главного двигателя по причине отсутствия его охлаждения.

Затопление забортной водой машинного отделения судов по причине разрушения элементов системы охлаждения было зафиксировано в июле 2016 г. в заливе Опричник Японского моря на сейнере «Сергий Радонежский», а также в октябре

этого же года в Баренцевом море, где на выходе из порта Мурманск маломерное судно «Себекс» коснулось форштевнем береговой отмели, что вызвало поступление забортной воды в машинное отделение. В 2017 г. в той же акватории у судна вышел из строя главный двигатель.

В 2017 г. в Охотском море у полуострова Камчатка в 248-и милях западнее мыса Южный на сейнер-траулере «Стерлядь» при осуществлении промысловой работы при входе судна в ледовые поля прекратилось поступление забортной воды через забитый днищевой кингстон [8].

Ненадежная работа двухконтурной системы охлаждения, при которой пресная вода цикла охлаждения энергетического оборудования подвергается охлаждению забортной водой, явилась причиной аварийной ситуации на авианосце «Адмирал Кузнецов» в 2017 г. (рис. 2). Охлаждающая морская забортная вода вывела из работы теплообменное оборудование.



Рис. 2. Авианосец «Адмирал Кузнецов» в порту Мурманск (июль 2020 г.)

Fig. 2. Aircraft carrier “Admiral Kuznetsov” in the port of Murmansk (July 2020)

Мелководная загрязненная акватория, в которой осуществляется навигация судов, приводит к аналогичным происшествиям. Угроза аварийной остановки энергоустановки возникла на буксире «Севастополец», плавкране типа «Черноморец», «Богатырь» [9]. Экипажи судов вынуждены были предпринимать дополнительные меры снижения или полного исключения забортной воды путем

переключения системы охлаждения на имеющиеся цистерны забортной воды [10].

При работе на мелководье в Волго-Каспийском морском судоходном канале (ВКМСК) за последние пять лет отмечались частые загрязнения фильтров забортной воды, что требовало их частой очистки, данные подтверждены выписками из машинного журнала судна класса ледокол «Капитан Чечкин» (рис. 3) [11].

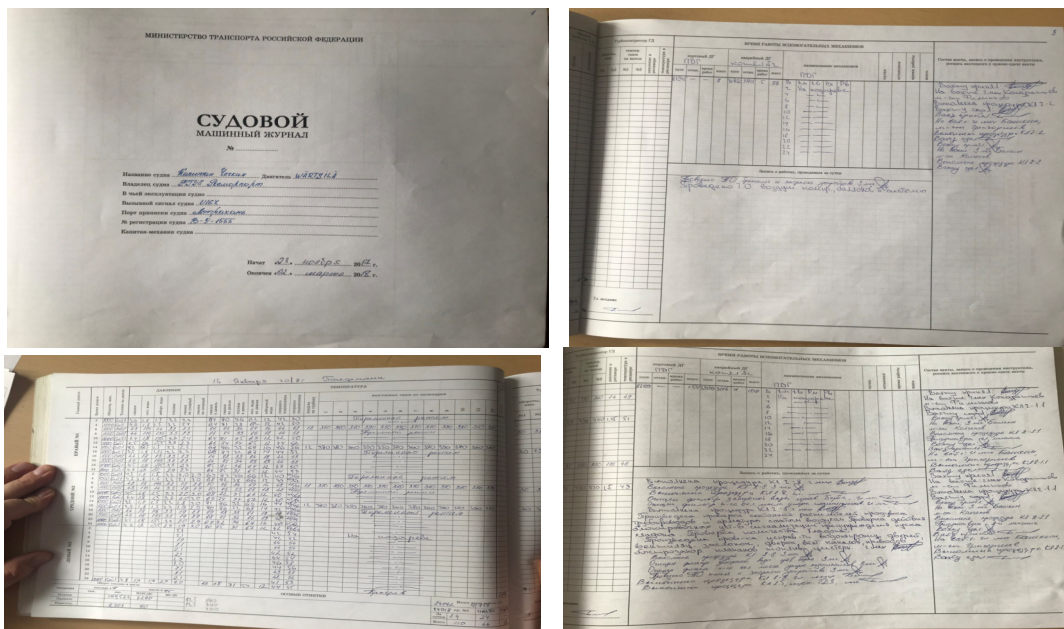


Рис. 3. Записи в судовом машинном журнале судна «Капитан Чечкин» по расчистке фильтров забортной воды (апрель 2020 г.)

Fig. 3. Entries on cleaning the water filters in the engine log of the ship “Kapitan Chechkin” (April 2020)

Харламова А. Э., Покусев М. Н., Трифонов А. В. Анализ аварийности судов, вызванной ненадежной работой системы охлаждения судовых энергетических установок

В Астраханском морском порту у теплохода «ВТС-1», осуществляющего навигацию по Каспию (Дагестан, Казахстан, Иран и др.), неоднократно забивались взвесью кингстонные ловушки, что требовало непрерывной их чистки. В связи с изно-

сом фильтрующих ловушек (рис. 4) в 2020 г. было принято решение о разработке совместно с конструкторским бюро «Галактика» нового проекта фильтров, включающего двойную систему защиты.



Рис. 4. Износ кингстонных ловушек теплохода «ВТС-1» (март 2020 г.)

Fig. 4. Wear of the kingstone traps of the m/v “VTS-1” (March 2020)

Во время навигации «ВТС-1» в Иран по акватории Каспийского моря фильтры подвергались интенсивному загрязнению, попадая в агрегаты холодильного оборудования судна. Для поддержания эксплуа-

тационных характеристик судовых энергетических установок судна было принято решение использования балластных вод для их охлаждения (рис. 5).

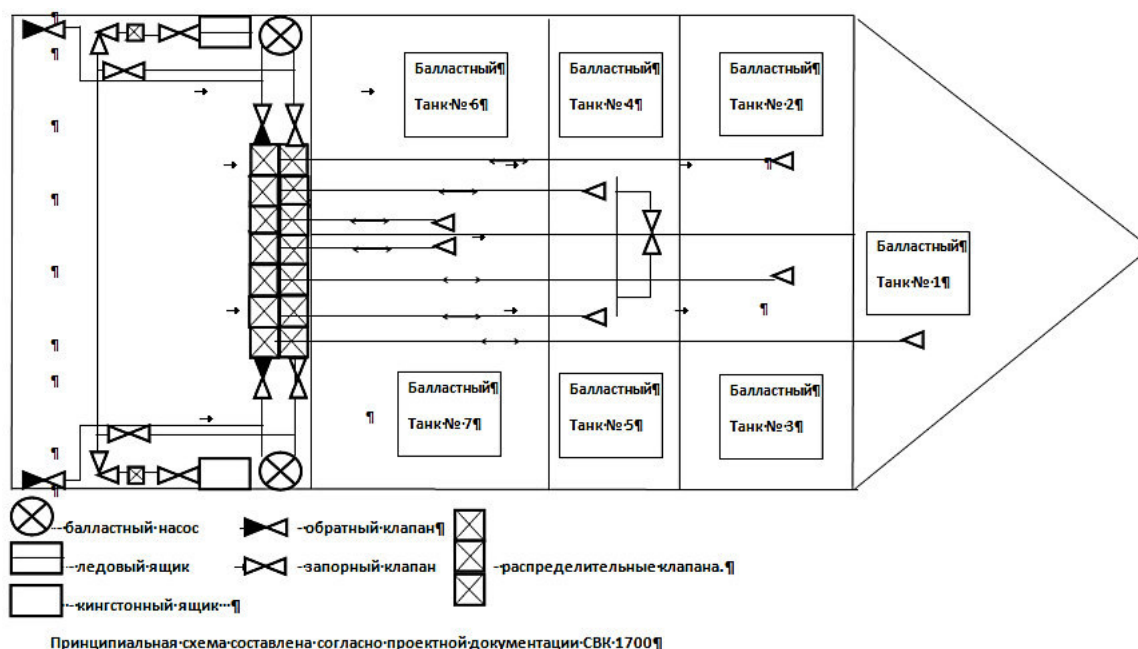


Рис. 5. Схема балластной системы судна «ВТС-1» (март 2020 г.)

Fig. 5. Scheme of the ballast system of the vessel “VTS-1” (March 2020)

В 2016 г. в Астраханском филиале ФГУП «Росморпорт» началась эксплуатации нового современного высокопроизводительного самоходного фрезерного землеса «Петр Саблин», который построен на

производственных мощностях ООО «Онежский судоремонтно-судостроительный завод» по заказу ФГУП «Росморпорт» для выполнения дноуглубительных работ в акватории ВКМСК. После ввода

земснаряда в работу в течение первых месяцев эксплуатации обозначилась проблема с системой охлаждения главного дизеля CAT-3516C (привод грунтового насоса) и вспомогательного CAT-3512C (привод гидронасоса). Фильтры постоянно забивались взве-

сью, часть которой, минуя фильтрующие ловушки, забивала пластинчатые холодильники на главном и вспомогательном двигателе, охладители топлива и охладитель гидравлического масла (рис. 6).



Рис. 6. Состояние фильтрующих ловушек землесоса «Петр Саблин» (август 2016 г.)

Fig. 6. State of the filter traps of the dredger “Petr Sablin” (August 2016)

Очистку охладителя проводили раз в неделю, очистку фильтрующих ловушек кингстонов – ежедневно. Вследствие частых разборок теплообмен-

ника происходила деформация пластин и уплотнительных резинок (рис. 7).



Рис. 7. Повреждение пластин теплообменника «Петр Саблин» (август 2016 г.)

Fig. 7. Damage to the heat exchanger plates of the dredger “Peter Sablin” (August 2016)

Снижение протока в контуре забортной воды приводило к уменьшению тепловой мощности охладителя, а следовательно, и к общему перегреву двигателей и повышению температуры наддувочного воздуха после охладителя наддувочного воздуха

и, как следствие, к повышению температуры газов по цилиндрам. Повышение температуры газов по цилиндрам приводит к повышенному износу узлов и деталей системы газораспределения, что оказы-

вает отрицательное влияние на эксплуатационные характеристики двигателя.

Подобные проблемы частого забивания фильтров системы забора воды при двухконтурной си-

стеме охлаждения отмечались на буксире «Мангыстау-1» при навигации в Каспийском бассейне, а также в мае 2022 г. на грузовом судне «Азов Форвард» во время навигации в Азовском море (рис. 8).



Рис. 8. Фильтры судна «Азов Форвард» в порту Таганрог (май 2022 г.)

Fig. 8. Filters of the vessel “Azov Forward” in the port of Taganrog (May 2022)

Системы охлаждения с бокскулерами не лишены недостатков. В источнике [10] приводится довольно широкий спектр судов, оборудованных замкнутыми системами охлаждения с бокскулерами. Среди них военные корабли, рыболовецкие суда, паромы, буксиры, яхты и др.

В результате интервью с механиками теплохода «Петробалк 1» в августе 2020 г. было выявлено, что для охлаждения бокскулера нужна постоянная

проточная вода. Однако во время работы на мелководье в летний период в бассейне Азовского моря при температуре забортной воды более 25 °С главные двигатели превышали допустимую температуру воды и масла, возникла необходимость снижения нагрузки на главный двигатель посредством снижения его оборотов по причине низкой работоспособности системы охлаждения. Бокскулеры подвергались загрязнению забортной водой (рис. 9).



Рис. 9. Состояние бокскулера теплохода «Петробалк 1» за период работы в Азовском и Черном морях (август 2020 г.)

Fig. 9. State of the boxcooler of the m/v “Petrobalk 1” for the period of operation in the Azov and Black Seas (August 2020)

На буксирах «Мангыстау-4», «Мангыстау-5» (рис. 10) охлаждение внутреннего контура системы охлаждения энергетических установок происходит за счет боксулеров, установленных к кингстонной

коробке. При навигации в загрязненной акватории и по мелководным трассам боксулеры подвергаются обрастанию.



Рис. 10. Буксир «Мангыстау-5» компании Caspian Offshore Construction (2016 г.)

Fig. 10. Tug “Mangystau-5” of Caspian Offshore Construction Company (2016)

В период стоянки ледокольного судна снабжения «Мангыстау-5» в доке Волго-Каспийского судоремонтного завода города Астрахани была произведена

очистка и опрессовка боксулеров (рис. 11) после демонтажа их из кингстонных ящиков (рис. 12).



Рис. 11. Боксулеры до и после очистки во время докования судна (2016, 2021 гг.)

Fig. 11. Boxcoolers before and after cleaning while docking (2016, 2021)



Рис. 12. Состояние кингстонных ящиков после демонтажа боксулеров на «Мангыстау-5» (2021 г.)

Fig. 12. State of the sea chests after dismantling of the box coolers on the tug “Mangystau-5” (2021)

На судне «Балт Флот 15» во время исполнения рейса в 2020 г. «Туркменбаши – Азербайджан (Апшерон)» произошло засорение кингстонных ловушек водорослями. Была произведена активная подача воздуха в кингстонные ящики и активирована резервная система охлаждения, открыт прием воды из балластных танков. Ледовые условия создают дополнительную нагрузку на работу системы охла-

ждения судна. Согласно предоставленной информации экипажа судна при его эксплуатации в ледовых условиях было выявлено забивание мелкими фракциями льда решеток кингстонных ящиков, а также «шугой» (смеси льда и воды) – фильтрующих элементов фильтров забортной воды (рис. 13), что способствовало перегреву двигателей, вплоть до их полной аварийной остановки [11].



Рис. 13. Обледенение судна «Балт Флот 15» в Балтийском море (январь 2018 г.)

Fig. 13. Icing of the vessel “Balt Flot 15” in the Baltic Sea (January 2018)

Теплоход «Амур 2506», осуществляя рейс «Россия (Астрахань) – Иран (Амирабат)» в Волго-Каспийском канале зимой 2016 г., столкнулся с проблемой забивки кингстонных ловушек шугой. В результате была активирована резервная замкнутая система охлаждения открытием приема воды из подогреваемого танка, установленного в машинном отделении [11]. Продувка решеток кингстонных ящиков сжатым воздухом, а также подогрев входной решетки кингстона паром не дали

результат, поскольку количество шуги было настолько велико, что заполняемость шугой кингстонных ящиков достигала 100 % (особенно при маневрах, когда скуловой кингстонный ящик захватывает наибольшее ее количество).

Неэффективное охлаждение главных и вспомогательных дизелей танкера, возникшее в связи с засорением приемных решеток кингстонных ящиков ледовой шугой, отмечено экипажем танкера-химовоза «Сталинград» в 2020 г. (рис. 14).



Рис. 14. Ручная очистка приемных ящиков и применение ловушек на судне «Сталинград»

Fig. 14. Manual cleaning of receiving boxes and using traps on the ship “Stalingrad”

Силами судового экипажа были приняты меры для устранения обозначенной проблемы: применены ручной способ очистки ящиков и установка на приемных трубопроводах специальных приемных решеток (ловушек). Но все принятые усилия оказались недостаточными в связи с огромным количеством шуги, вошедшей в приемные ящики, особенно на маневрах, когда приемные отверстия ящиков становятся более открытыми для приема шуги.

Судно «Амур 2506», осуществляя рейс «Россия (Астрахань) – Иран (Амирабат)» в Волго-Каспийском канале зимой 2016 г., столкнулось с проблемой забивки кингстонных ловушек шугой. В результате была активирована резервная замкнутая система охлаждения открытием приема воды из подогреваемого танка, установленного в машинном отделении.

Заключение

Проведенный статистический анализ аварийности судов доказывает, что большая часть аварий вызвана нарушением правил технической эксплуатации, физическим износом судовых систем, превышающим нормативный срок службы.

При эксплуатации в тяжелых для навигации условиях по мелководью, а также при наличии в водотоке шуги выявлено неэффективное охлаждение главных и вспомогательных дизелей, выраженное в недостаточном количестве поступающей забортной воды при разомкнутой системе, и нарушение работы теплообменного оборудова-

ния при его охлаждении забортной водой в случае применения бокскулеров.

К недостаткам разомкнутых систем следует отнести наличие дополнительных трубопроводов и оборудования, повышенное энергопотребление за счет постоянной работы прокачивающего насоса забортной воды, необходимость поддержания повышенного давления воды во внутреннем контуре с целью предупреждения засоления по причине нарушения плотности водоохлаждителя, переохлаждение двигателя в случае понижения температуры забортной воды, а также засорение трубопроводов и основных элементов по приему и предочистке воды и создание на них соляных пленок, значительно уменьшающих впоследствии сечение трубопроводов системы, что требует также повышения разности давления и дополнительных энергетических расходов.

Возникает необходимость повышения работоспособности системы охлаждения энергетической установки в условиях мелководья, а также при наличии битого льда путем модернизации и технического перевооружения в области приема и очистки забортной воды на нужды плавсредства (в частности, для системы охлаждения судовой энергетической установки, балластной системы и пожаротушения), позволяющих предотвратить попадание в систему охлаждения с забортной водой механических примесей, снизить коррозионно-эрозионные разрушения судовых трубопроводов, исключить забивание кингстонных ящиков мелким льдом.

Список источников

1. Барабанов Н. В., Бабцев В. А., Иванов Н. А. Ледовые нагрузки на днищевые конструкции судов // Судостроение. 1982. № 11. С. 9–11.
2. Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1900261/> (дата обращения: 17.12.2022).
3. Соболенко А. Н., Турищев И. П., Гомзяков М. В., Москаленко О. В. Анализ технических отказов на промысловых судах в Дальневосточном регионе // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2019. № 3. С. 48–55.
4. Мосейко Е. С., Ольховик Е. О. Исследование надежности судовых насосов по данным технического наблюдения // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2021. № 4. С. 7–16.
5. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений»: Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 304. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420396569/> (дата обращения: 10.01.2023).
6. Анализ и состояние аварийности / Госморречнадзор. URL: <https://sea.rostransnadzor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportny-h-proisshes/analiz-i-sostoyanie-avarijnost/> (дата обращения: 10.01.2023).
7. Безопасность мореплавания и ведения промысла:

- бюл. Калининград: Изд-во КГТУ, 2017. Вып. 1. 67 с.
8. Аварийность судов рыбопромыслового флота Российской Федерации за 2017 год. Безопасность мореплавания и ведения промысла / Федеральное агентство по рыболовству; Гипрорыбфлот. URL: https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/documents/otraslevaya_deyatelnost/bezopasnost_moreplavaniya/bm2.pdf/ (дата обращения: 10.01.2023).
9. Федоровский К. Ю., Никитин Д. Г., Литошенко В. Н., Акладная Г. С. Пути повышения надежности системы охлаждения энергетических установок ПБУ // Основы проектирования плавучих буровых установок. Л.: Изд-во ЦНИИ «Румб», 1980. С. 294–297.
10. Федоровский К. Ю., Федоровская Н. К. Замкнутые системы охлаждения судовых энергетических установок. М.: Инфра-М, 2022. 10 с.
11. Усынина А. Э., Покусаев М. Н., Горбачев М. М. О необходимости предотвращения загрязнения кингстонных ящиков судов, работающих на мелководье и в условиях битого льда // Материалы 64-й Междунар. науч. конф. Астрахан. гос. техн. ун-та, посвященной 90-летию юбилею со дня образования Астрахан. гос. техн. ун-та (Астрахань, 20–25 мая 2020 г.). Астрахань: Изд-во АГТУ, 2020. С. 223. 1 CD-диск. URL: <http://www.astu.org/Content/Page/5833> (дата обращения: 10.01.2023). № гос. регистрации 0322002778.

References

1. Barabanov N. V., Babtsev V. A., Ivanov N. A. Ledovye nagruzki na dnishchevye konstruksii sudov [Ice loads on bottom structures of ships]. *Sudostroenie*, 1982, no. 11, pp. 9-11.
2. *Mezhdunarodnyi kodeks po upravleniiu bezopasnoi ekspluatatsiei sudov i predotvrashcheniem zagriazneniia* [International Management Code for the Safe Operation of Ships and Pollution Prevention]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1900261/> (accessed: 17.12.2022).
3. Sobolenko A. N., Turishchev I. P., Gomziakov M. V., Moskalenko O. V. Analiz tekhnicheskikh otkazov na promyslovykh sudakh v Dal'nevostochnom regione [Analysis of technical failures on fishing vessels in Far East region]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaiia tekhnika i tekhnologiya*, 2019, no. 3, pp. 48-55.
4. Moseiko E. S., Ol'khovik E. O. Issledovanie nadezhnosti sudovykh nasosov po dannym tekhnicheskogo nabliudeniia [Studying reliability of ship pumps according to technical supervision data]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaiia tekhnika i tekhnologiya*, 2021, no. 4, pp. 7-16.
5. *Ob utverzhdenii gosudarstvennoi programmy Rossiiskoi Federatsii «Razvitie sudostroeniia i tekhniki dlia osvoeniia shel'fovyykh mestorozhdenii»: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15.04.2014 № 304* [On approval of the state program of the Russian Federation "Development of shipbuilding and equipment for the development of offshore fields": Decree of the Government of the Russian Federation dated April 15, 2014 No. 304]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/420396569/> (accessed: 10.01.2023).
6. *Analiz i sostoianie avariinosti* [Analysis and state of accidents]. Gosmorrechnadzor. Available at: <https://sea.rostransnadzor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportnyh-proisshes/analiz-i-sostoyanie-avarijnost/> (accessed: 10.01.2023).
7. *Bezopasnost' moreplavaniia i vedeniia promysla: biulleten'* [Safety of navigation and fishing: Bulletin]. Kaliningrad, Izd-vo KGTU, 2017. Iss. 1. 67 p.
8. *Avariinost' sudov rybopromyslovogo flota Rossiiskoi Federatsii za 2017 god. Bezopasnost' moreplavaniia i vedeniia promysla* [Accident rate of vessels of the fishing fleet of the Russian Federation for 2017. Safety of navigation and fishing]. Federal'noe agentstvo po rybolovstvu; Giproybflot. Available at: https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/documents/otraslevaya_deyatelnost/bezopasnost_moreplavaniya/bm2.pdf (accessed: 10.01.2023).
9. Fedorovskii K. Iu., Nikitin D. G., Litoshenko V. N., Akladnaia G. S. Puti povysheniia nadezhnosti sistemy okhlazhdeniia energeticheskikh ustanovok PBU [Ways to improve reliability of cooling system of power plants at floating rigs]. *Osnovy proektirovaniia plavuchikh burovykh ustanovok*. Leningrad, Izd-vo TsNII «Rumb», 1980. Pp. 294-297.
10. Fedorovskii K. Iu., Fedorovskaia N. K. *Zamknutyie sistemy okhlazhdeniia sudovykh energeticheskikh ustanovok* [Closed cooling systems for ship power plants]. Moscow, Infra-M Publ., 2022. 10 p.
11. Usynina A. E., Pokusaev M. N., Gorbachev M. M. O neobkhodimosti predotvrashcheniia zagriazneniia kingstonnykh iashchikov sudov, rabotaiushchikh na melkovod'e i v usloviiakh bitoga l'da [On necessity to prevent pollution of sea chests of ships operating in conditions of shallow water and broken ice]. *Materialy 64-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, posviashchennoi 90-letnemu iubileiu so dnia obrazovaniia Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Astrakhan', 20–25 maia 2020 g.)*. Astrakhan, Izd-vo AGTU, 2020. P. 223. 1 CD-disk. Available at: <http://www.astu.org/Content/Page/5833> (accessed: 10.01.2023). № gosudarstvennoi registratsii 0322002778.

Статья поступила в редакцию 11.01.2023; одобрена после рецензирования 22.03.2023; принята к публикации 12.04.2023
The article was submitted 11.01.2023; approved after reviewing 22.03.2023; accepted for publication 12.04.2023

Информация об авторах / Information about the authors

Анна Эдуардовна Харламова — старший преподаватель кафедры пожарной безопасности и водопользования; Астраханский государственный архитектурно-строительный университет; usynina1987@gmail.com

Михаил Николаевич Покусаев — доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой эксплуатации водного транспорта; Астраханский государственный технический университет; pokusaev@astu.org

Алексей Викторович Трифонов — кандидат технических наук; доцент кафедры эксплуатации водного транспорта; Астраханский государственный технический университет; trifonov91@inbox.ru

Anna E. Harlamova — Senior Lecturer of the Department of Fire Safety and Water Use; Astrakhan State University of Architecture and Construction; usynina1987@gmail.com

Mikhail N. Pokusaev — Doctor of Technical Sciences, Professor; Head of the Department of Water Transport Operation; Astrakhan State Technical University; pokusaev@astu.org

Aleksey V. Trifonov — Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Water Transport Operation; Astrakhan State Technical University; trifonov91@inbox.ru

