

УДК 620.197.181:628.113.5:629.12.06

Абрамов В.А.
ОНМА

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЭУ ЗА СЧЕТ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАСТАНИЯ СУДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ ЗАБОРТНОЙ ВОДЫ

Улучшению использования топливно-энергетических ресурсов и повышению эффективности работы судовой энергетической установки (СЭУ) в немалой степени способствует оптимизация работы судового теплообменного оборудования, устройств и различных систем, использующих морскую воду в качестве технологической жидкости.

За исключением химии воды, как таковой, одной из наиболее важных и сложных равновесных систем морской воды является карбонатная система, включающая двуокись углерода, углекислоту и продукты ее диссоциации. Важнейшим показателем карбонатной системы является концентрация, а точнее активность водородных ионов (рН), характеризующая кислотные условия среды и непосредственно влияющая на многие химические процессы в морской воде [1, 2]. Возможность управления карбонатным равновесием морской воды, путем регулирования её величины рН, и, соответственно, перераспределения компонентов карбонатной системы, представляет научный и практический интерес, например, при решении задач по предотвращению биологического обрастания и накипеобразования в элементах СЭУ, контактирующих с морской водой [3÷13]. Разработанные на кафедре СТЭ и ХТ ОНМА методики предотвращения биологического обрастания, накипеобразования, а также удаления уже образовавшихся отложений в элементах СЭУ, контактирующих с морской водой [7÷17], как раз и основываются на одном и том же процессе - управлении карбонатным равновесием морской воды, путем регулирования её величины рН, за счет насыщения циркулирующей в системе забортной воды CO_2 или отработавшими газами СЭУ.

Обрастание растительными и животными организмами систем технологического водоснабжения - весьма распространенное явление

ние. Подвержены обрастанию также судовые водоприемные устройства, трубопроводы и теплообменники, через которые прокачивается забортная вода.

Биологическое обрастание судовых водоприёмных устройств (водозаборных решеток, полостей кингстонных ящиков, приёмных фильтров), теплообменников и трубопроводов, через которые циркулирует забортная вода, вызывает уменьшение проходных сечений, рост гидравлического сопротивления, выход из строя запорной арматуры, ухудшение теплопередачи, срыв работы насосов, и, как следствие, приводит к снижению эффективности и надёжности судового оборудования, что может привести к аварийной ситуации.

Учитывая отсутствие света в системах забортной воды, из списка обрастателей можно полностью исключить влияние организмов, развитие которых определяется наличием фотосинтеза. Поэтому, при решении задач по предотвращению обрастания судовых систем, в первую очередь, необходимо обращать внимание на организмы-обрастатели животного происхождения — усоногие раки, основными представителями которых являются балянусы (морские жёлуди) и морские уточки, а также моллюски, основными представителями которых в судовых системах забортной воды являются мидии. Удаление этих обрастателей из труб и теплообменников представляет собой трудоёмкий процесс (как правило, с использованием ручного труда), связанный с их демонтажем, частичной или полной разборкой и последующей очисткой от наростов обрастателей. Необрастающие покрытия, в частности, противообрастающие краски, содержащие токсины, широко используемые для наружных поверхностей (например, для корпусов судов) [3÷6], для защиты от обрастания внутренних поверхностей труб и теплообменников не используются из-за сложности их нанесения, восстановления и короткого срока службы в судовых условиях.

Наиболее перспективными и рациональными являются профилактические мероприятия для предупреждения образования биологических обрастаний. Многообразие известных способов и устройств для защиты внутреннего контура судовой системы забортной воды от обрастания не лишают проблему актуальности, так как все они, в той или иной степени, обладают недостатками, ограничивающими их применение.

В настоящее время известны активные способы защиты от обрастания, которые, наряду с повышением эффективности защиты и увеличением срока службы, дают возможность управлять параметрами защиты, [3÷6, 10÷12, 14÷17].

К ним, в частности, относятся: защита ультразвуком; химическим способом, основанном на подаче к защищаемым поверхностям из специальных емкостей различного вида токсинов; физико-химическими способами (электрохимическими) с помощью электролиза морской воды при использовании растворимых или нерастворимых анодов; и, наконец, разработанный в ОНМА на кафедре СТЭ и ХТ, углекислотный способ, основанный на использовании отработавших газов СЭУ для насыщения ими морской воды, циркулирующей в судовой системе (до определенной величины рН), с целью предотвращения биологического обрастания [10÷12, 14÷17].

Механизм защитного действия при ультразвуковом методе обусловлен способностью ультразвуковых волн разрывать клетки и структуры животных и растительных организмов. Этот процесс происходит при достаточно высокой интенсивности ультразвуковых колебаний, при которых в воде образуются кавитационные пузырьки. При более низкой интенсивности колебаний, по мнению ряда исследователей [6], возможно «расшатывание» клеточных структур обрастателей, повышение активности некоторых ферментов и увеличение выхода других биологически активных веществ. Чувствительность к ультразвуку у обрастателей различна и зависит от и вида и возраста. В отличие от действия яда, содержащегося в необрастающих покрытиях (красках), ультразвук не обладает кумулятивной способностью. Следует отметить, что циприсовидные личинки баянусов (конечная стадия развития личинок организмов обрастателей, готовых к садке) более устойчивы к ультразвуку, чем другие виды обрастателей.

Ультразвуковая установка для защиты от обрастания в основном состоит из генератора незатухающих колебаний мощностью от 0,2 до 1 кВт и магнитострикционных вибраторов, установленных на защищаемых от обрастания поверхностях, с генерируемой частотой колебаний от 20 до 80 Гц, в зависимости от мощности установки.

Данные об эффективности ультразвуковой защиты противоречивы. В ряде случаев отмечался некоторый положительный эффект, однако, как показал опыт, в большинстве случаев этот метод малоэффективен и недостаточно экономичен. Поэтому широкого приме-

нения ультразвуковая защита на судах не получила из-за технических трудностей.

Главный недостаток всех химических способов защиты от обрастания, с применением стойких и нестойких токсинов и органических растворителей, заключается, прежде всего, в загрязнении окружающей среды, а также необходимости приобретения и размещения этих веществ (как правило, зарубежных) на судне, что требует соблюдения специальных мер безопасности. Например, химический способ защиты использовался на некоторых судах с применением противобрастающей жидкости «Амерсперс-280» фирмы «Амероид».

«Амерсперс-280» является химическим веществом, разработанным для предотвращения садки и развития микроорганизмов обрастателей в водоприемных устройствах, теплообменниках и трубопроводах системы забортной воды.

Перед применением жидкости «Амерсперс-280» необходимо провести химическую или механическую очистку систем и теплообменных аппаратов известными методами. Согласно технологии, рекомендуется обрабатывать обрастающие объекты морской водой с концентрацией 10 мг/л жидкости «Амерсперс-280» в течение 100 минут через каждые три дня в прибрежных водах, включая стоянки судна, а также не реже одного раза в неделю при следовании судна на глубокой воде (в открытом море). При этом обязателен вывод из эксплуатации судовой водоопреснительной установки, до впуска химиката и не менее 30 минут после окончания дозировки, так как из-за токсичности используемого реагента возможна угроза здоровью членов экипажа.

Дозировка препарата осуществляется в кингстонные ящики через трубопроводы продувания паром, манометровые отверстия или на приёмном трубопроводе насоса забортной воды.

Ограничивающим фактором при использовании этого способа защиты являются высокая стоимость препарата, его большой расход для обеспечения эффекта предотвращения обрастания, зависимость от фирм, поставляющих реагенты, а также загрязнение окружающей среды при сбросе отработавших растворов за борт.

К активным способам защиты от обрастания относятся также электрохимические способы, при которых необходимое количество токлина выделяется непосредственно на борту судна в процессе работы системы защиты.

Известны следующие способы электрохимической защиты: анодное растворение токсичных металлов и электролизное хлорирование морской воды.

Преимущество способа растворения токсического металла, например, меди, заключается в возможности активного управления процессом электролиза и регулирование параметров защиты в соответствии с конкретными условиями эксплуатации. К недостаткам способа относятся расход дефицитных цветных металлов и необходимость периодической смены электродов.

Экономически и экологически более целесообразно применение электролизного хлорирования морской воды, основанного на использовании нерастворимых анодов. При этом необходимое количество токсина (в основном гипохлорита натрия) получают непосредственно на борту судна с помощью электролизера. Судовые электролизерные установки служат для непрерывного хлорирования поступающей на судно морской воды с целью предотвращения обрастания судовых систем; их нагрузка определяется режимом работы судна - на ходу, маневры, стоянка у причала, стоянка на якорю. Получающийся в электролизере из морской воды реагент по коррозионностойким трубопроводам подается в перфорированные распределители, установленные внутри каждого кингстонного ящика, и, истекая из них, перемешивается с основным потоком поступающей на судно воды. В настоящее время этот способ получил достаточно широкое распространение на морских судах из всех известных способов защиты кингстонных ящиков, трубопроводов и другого оборудования СЭУ, контактирующего с морской водой, от биологического обрастания. Во многих странах налажено производство судовых электролизеров различного типоразмерного ряда и производительности.

Несмотря на достаточно высокую эффективность электролизерных систем, они не лишены недостатков. Прежде всего, это высокая стоимость судовых систем. Кроме того, при электролизе морской воды, помимо основного процесса генерации хлорсоставляющих компонентов, происходит образование побочных химических продуктов - катодных осадков. Из-за наличия катодного осадка производительность установки падает, поэтому электроды и камеру электролизера необходимо периодически очищать. Опыт эксплуатации таких установок на судах показал, что уменьшение выхода хлорсоставляющих компонентов из-за наличия катодного осадка проис-

ходит в течение 2-3 месяцев после очередной очистки электролизера. Как правило, в эксплуатационных условиях очистка производится механическим путем с выводом электролизера из действия. При проведении таких очисток нарушается специальное покрытие электродов, что приводит к их быстрому выходу из строя. В связи с высокой стоимостью комплекта электродов, изготовленных из дефицитных материалов (около 20% от общей стоимости установки), представляется актуальной проблема поддержания электролизера в чистоте на протяжении всего периода эксплуатации и, соответственно, продления общего срока службы электролизерной системы предотвращения обрастания [17].

На кафедре СТЭ и ХТ ОНМА разработаны альтернативный способ и устройства для предотвращения биологического обрастания водозаборных решеток, внутренних полостей кингстонных ящиков, приёмных фильтров, теплообменников и других элементов СЭУ, входящих в контур судовой системы забортной воды [10÷12, 14÷16].

Принцип действия разработанных и внедренных на судах технологий и устройств основан на подаче к поверхностям водозаборных решеток и в кингстонные ящики водогазовой смеси с целью создания неблагоприятных гидрохимических условий для оседания и развития личинок обрастателей на защищаемых поверхностях. Водогазовая смесь получается в результате диспергирования в морской воде дымовых газов, отбираемых из выхлопных трактов СЭУ. При растворении в морской воде CO_2 и других компонентов, содержащихся в продуктах сгорания, образуется водогазовая смесь, величина рН которой после диспергатора на $1,5\div 2,0$ единицы ниже, чем рН исходной морской воды. При подаче этой смеси через специальные распределители, установленные внутри каждого кингстонного ящика, поток газовых пузырьков и подкисленной воды омывает поверхности водозаборных решёток и смешивается далее с основным потоком, поступающей на судно забортной воды, равномерно распределяясь по всему объёму кингстонного ящика. Обработанная таким образом вода поступает затем через приёмные клапан и фильтр в судовую систему забортной воды на технологические нужды. В результате перемешивания водогазовой смеси с основным потоком забортной воды, её величина рН уменьшается на $0,2\div 0,4$ единицы, что приводит к созданию местных неблагоприятных гидрохимических условий для личинок обрастателей и, соответственно, резкому снижению их актив-

ности и прекращению оседания на защищаемых поверхностях, контактирующих с обработанной выхлопными газами морской водой. Это объясняется тем, что основные виды организмов обрастателей, избирательно выбирающие поверхность для оседания и последующего развития, могут активно существовать лишь в достаточно узком диапазоне величины рН морской воды, в пределах $8,0 \div 8,2$, и даже небольшое её уменьшение (за счёт увеличения кислотности воды при её обработке отработавшими газами СЭУ) влияет на их жизнедеятельность [$3 \div 6$, $10 \div 12$]. Т.е. при снижении величины рН, проходящей через систему морской воды, даже на $0,2 \div 0,4$ единицы, личинки обрастателей (циприсовидная форма — конечная и наиболее устойчивая стадия развития личинок) уже не способны прикрепиться к субстрату (твёрдой поверхности) и затем превратиться во взрослые организмы, а уносятся потоком воды из системы через отливную выгородку за борт, не причиняя никакого вреда. Таким образом происходит репеллентное (отпугивающее) воздействие на личинки обрастателей, и при попадании за борт в чистую воду, они вновь восстанавливают свою жизнедеятельность, что является важным преимуществом (с экологической точки зрения) данного способа предотвращения обрастания, по сравнению с другими способами. Кроме того, использование отработавших газов СЭУ в качестве насыщающего реагента и являющихся по сути “бросовым” сырьем значительно повышает экономическую эффективность разработанных систем предотвращения обрастания по сравнению с рассмотренными выше.

Здесь необходимо отметить, что в период оформления заявок на изобретения по устройствам и системам предотвращения биологического обрастания, основанных на этом принципе [$14 \div 16$], на кафедре СТЭ и ХТ ОНМА был проведен комплекс поисковых экспериментальных исследований по определению фактора, предотвращающего обрастание и по определению минимально необходимого снижения величины рН морской воды для получения предотвращающего обрастания эффекта.

В первой части экспериментальных исследований (определение фактора предотвращающего обрастания) изучалось влияние отдельных компонентов газовой смеси (водогазовая смесь насыщенная продуктами сгорания; водовоздушная смесь; вода, насыщенная баллонным углекислым газом – CO_2 ; а также подкисленная дымовыми газами, но дегазированная вода) на обрастание различных таксоно-

мических групп: водоросли, колониальные инфузории, мшанки, гидроиды, баянусы и мидии. К подготовке и проведению данного эксперимента были привлечены сотрудники Одесского отделения Института биологии южных морей (ОдОИИБЮМ), с помощью которых были разработаны и выданы рекомендации по проведению таких исследований. Изготовленная для этого экспериментальная установка состояла из:

- системы подготовки, хранения и контроля расходов продуктов сгорания, CO_2 и воздуха;
- системы откачки воды из экспериментальных ячеек;
- системы обработки воды газами и воздухом;
- экспериментальных ячеек с установленными в них пластинами.

Ячейки с пластинами были установлены в акватории Одесского яхтклуба (где количество личиночных форм обростателей в единице объёма на несколько порядков выше, чем в прибрежной зоне за пределами яхтклуба) на глубине 1,5 м и на расстоянии 1 м от дна. Пластины для садки организмов выполнены из оргстекла. В каждой ячейке было установлено по 20 пластин и в них создавались условия, отличные от окружающей среды, кроме одной, которая являлась контрольной и через которую прокачивалась чистая морская вода.

Изменение условий среды достигалось путём подкисления проходящей через ячейки проточной воды продуктами сгорания от специального газогенератора (водогазовой смеси сразу после эжектора или предварительно дегазированной морской воды, т. е. без газовых пузырьков), углекислым газом и обработкой воды воздухом. Проточный режим течения морской воды через ячейки обеспечивался откачивающим водоводяным эжектором, а насыщение воды тем или газом - водогазовыми эжекторами.

Значение величины рН в ячейках с подкисленной морской водой поддерживалось на уровне 0,2 ед. меньше исходного значения. В ячейке с подводом воздуха и в контрольной ячейке гидрохимические характеристики протекающей воды не изменялись.

Экспериментальные исследования проводились в период август – сентябрь-октябрь в течение 2,5 месяцев.

После окончания эксперимента ячейки с пластинами были подняты из воды, проведен подсчёт количества осевших на пластинах обростателей, определён их видовой состав и анализ полученных ре-

зультатов по предотвращению обрастания с использованием продуктов сгорания, которые позволили сделать следующие выводы:

- эффективность предлагаемого метода борьбы с обрастанием высокая, общая плотность осевших организмов в присутствии водогазовой смеси снижается на 75-100% независимо от видового состава организмов обрастателей;

- действующим началом исследуемого метода предотвращения обрастания следует считать механическое препятствие оседанию организмов за счёт всплывающих газовых пузырьков – для гидроидов и снижение величины рН морской воды из-за растворения CO_2 из продуктов сгорания – для инфузорий, мидий и блянусов;

- определяющим фактором в достижении противообрастающего эффекта является снижение величины рН морской воды, т. к. обработка пластин водой, насыщенной CO_2 из баллона даёт тот же эффект, что и вода, насыщенная продуктами сгорания;

- воздействие обработанной газами и подкисленной морской воды (при уменьшении величины рН на 0,2 ед.) является репеллентным, т. е. отпугивающим, т. к. личинки организмов обрастателей, попав в чистую морскую воду вновь восстанавливали свою активную жизнедеятельность, что является подтверждением экологической безопасности данного метода.

Во второй части исследований (определение минимально необходимого снижения величины рН морской воды) методика проведения эксперимента была аналогична предыдущей и была основана на сравнении обрастания пластин, подвергшихся обработке водогазовой смесью с различной величиной рН и контрольных пластин, находящихся в чистой проточной воде. Причём, в каждую из трёх экспериментальных ячеек с пластинами подавалась водогазовая смесь с разным расходом, что обеспечивало поддержание различного уменьшения величины рН (ΔpH) в ячейках по сравнению с чистой водой – $\Delta\text{pH}=0,1$ ед., 0,2 ед., 0,4 ед. В четвёртую ячейку подавалась вода, подкисленная серной кислотой (H_2SO_4) до уменьшения величины рН на 0,2 ед. Пятая ячейка являлась контрольной и через неё прокачивалась чистая морская вода.

Для сокращения времени проведения исследований, эксперимент в соответствии с рекомендациями сотрудников ОдОИИБЮМ проводился в расчёте на организмы обрастателей, сопутствующим мидиям и блянусам и без которых формирование типичного обрастания не-

возможно. Исследовавшиеся организмы по своей физиологии очень близки к типичным обрастателям и поэтому их реакция на воздействие водогазовой смеси вполне показательна для установления необходимых закономерностей.

Эксперимент проводился в летний период, в августе месяце в течение 10 суток, также в акватории Одесского яхтклуба. Наибольшая достоверность результатов опыта обеспечивалась при использовании данных обчёта по наиболее многочисленным организмам, в частности герпактицидам, остракодам, амфиподам и nereидам (полихетам).

Проведённый анализ изменения численности организмов обрастателей при различных условиях эксперимента относительно их плотности в контроле, позволяет сделать следующие выводы:

- наибольший эффект предотвращения обрастания при использовании продуктов сгорания достигается при снижении величины рН на 0,4 ед. по сравнению с исходной средой;

- различие в воздействии на организмы обрастателей при снижении рН на 0,4 ед. по сравнению с 0,2 ед. незначительно. Отсюда следует, что минимально-необходимое снижение величины рН морской воды для надёжного предотвращения биологического обрастания лежит в диапазоне 0,2 – 0,4 ед. по сравнению с необработанной морской водой;

- основной эффект воздействия достигается из-за снижения величины рН, а не за счёт особого воздействия компонентов газовой смеси. Это показало отсутствие различия обрастания пластин, обработанных кислотой H_2SO_4 до $\Delta pH=0,2$ ед. и водогазовой смесью также до величины $\Delta pH=0,2$ (как и в предыдущем эксперименте с использованием баллонной CO_2).

В результате проведённых экспериментальных исследований, представителями ОдОИИБЮМ было сделано соответствующее заключение о работоспособности данного метода и о пределах необходимого снижения рН морской воды для гарантированного предотвращения биологического обрастания при реализации предлагаемых решений.

Конкретная принципиальная схема дооборудования одного из морских судов системой предотвращения обрастания с использованием отработавших газов СЭУ в качестве насыщающего реагента приведена на рис. 1.

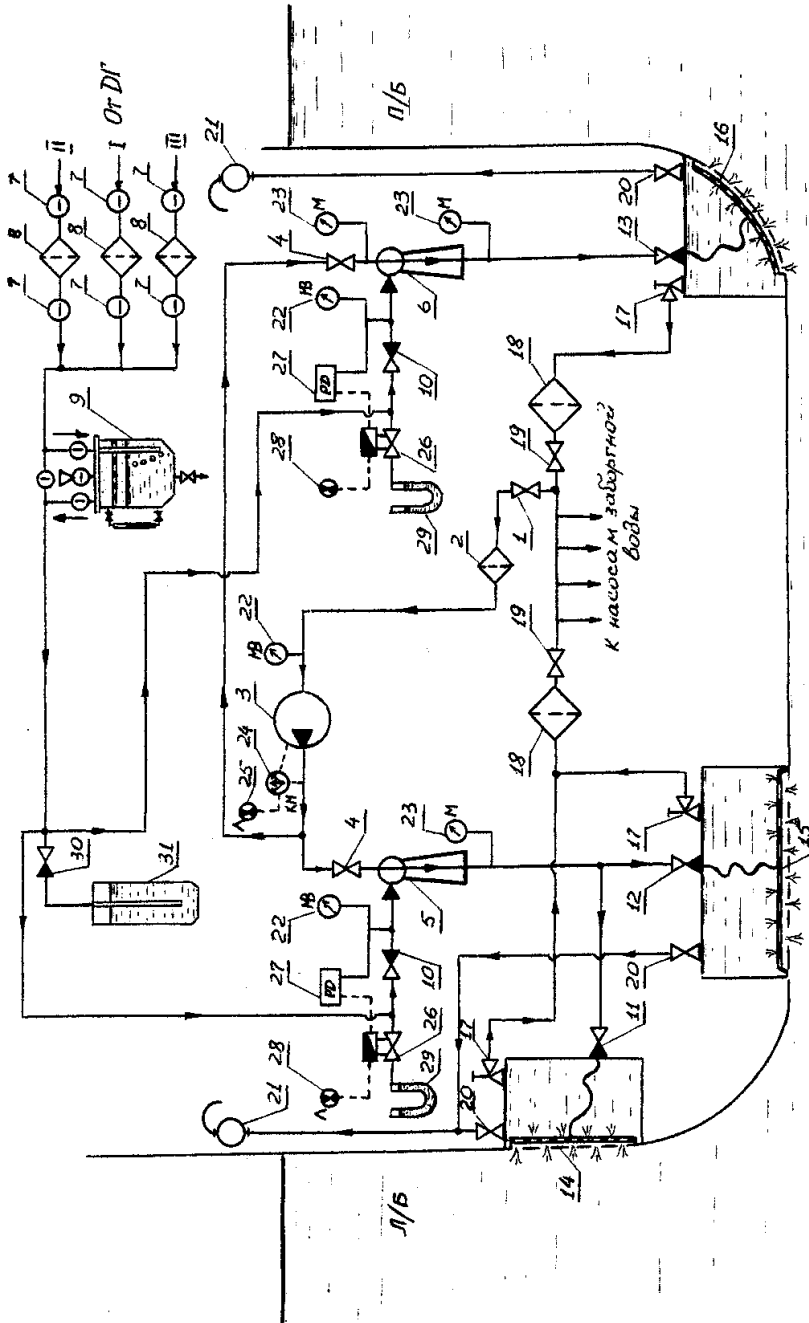


Рис. 1. Принципиальная схема системы предотвращения обрастания

Система предотвращения обрастания (СПрОб) (рис. 1) состоит из:

- двух водогазовых эжекторов для насыщения забортной воды продуктами сгорания от вспомогательных ДВС;
- насоса для подачи рабочей воды к эжекторам;
- распределителей водогазовой смеси (трубчатых перфорированных решёток), закрепленных вместо обычных штатных кингстонных решеток;
- трубопроводов забортной воды, дымовых газов и водогазовой смеси;
- фильтра для очистки забортной воды и газовых фильтров;
- газопромывного барботажного устройства для более полной очистки дымовых газов от сажи и механических примесей;
- системы защиты и сигнализации;
- соответствующей арматуры и КИП.

Система работает следующим образом. Забортная вода из штатного кингстонного трубопровода через приемный клапан 1, фильтр 2 забирается рабочим насосом 3 (типа ЭСН6/11-Н, номинальной производительностью 10 м³/ч, при напоре 65 м. вод. ст.) и через клапаны 4 подается соответственно на два эжектора 5 (производительностью по воде 7 м³/ч) и 6 (производительностью по воде 3 м³/ч). В эжекторах забортная вода насыщается дымовыми газами, поступающими из газовых трактов вспомогательных ДВС (в районе глушителей) через секущие пробки 7, газовые фильтры 8, газопромывное устройство 9 и невозвратно-запорные клапаны 10.

После эжекторов водогазовая смесь через клапаны 11,12 (от эжектора большей производительности) и 13 (от эжектора меньшей производительности) подается по гибким резиновым шлангам к распределителям водогазовой смеси (трубчатым перфорированным решёткам), соответственно бортового 14, донного 15, и скулового 16 кингстонных ящиков.

Распределители водогазовой смеси представляют собой трубчатую конструкцию с отверстиями, выполненными на боковых гранях труб-рёбер, которые установлены вместо штатных водоприемных решеток и соединены с трубопроводом водогазовой смеси гибкими резиновыми шлангами.

Подкисленная и насыщенная газами вода истекает через отверстия в трубах-рёбрах, выполненных на боковых гранях, омывает са-

ми поверхности водоприемных решеток с обеих сторон и поступает затем во внутренние полости кингстонных ящиков. Этим самым достигается предотвращение обрастания как поверхностей водоприемных решеток, так и полостей кингстонных ящиков.

При работе штатных насосов охлаждения обработанная таким образом вода через кингстоны 17, штатные приемные фильтры 18 и секущие клинкеты 19 поступает в судовую систему забортной воды на охлаждение элементов СЭУ и другие технологические нужды. Нерастворившиеся газы и воздух удаляются из кингстонных ящиков через клапаны 20 по воздушным трубам, на конце которых установлены расширительные бачки 21, служащие для исключения выплескивания воды из гусаков воздушных труб вместе с выходящими газами. При работе системы предотвращения обрастания газоотводные клапаны 20 от кингстонных ящиков должны быть постоянно открыты.

Таким образом, одновременно происходит предотвращение обрастания водоприемных решеток, кингстонных ящиков, приемных фильтров, трубопроводов и теплообменников со стороны забортной воды.

Контроль за работой системы осуществляется по мановакууметрам 22 и манометрам 23, установленными на приборных щитках возле каждого эжектора. Каждый из приборов снабжен манометровым краником. На нагнетательной линии насоса 3 установлен контактный манометр 24, электрически связанный с пускателем насоса, сигнальной лампочкой 25 (на щите ЦПУ) и ревуном. В случае превышения давления рабочей воды выше установленного предела (0,65 МПа) срабатывает контактный манометр 24, останавливается насос 3, на щите ЦПУ загорается красная сигнальная лампочка 25 и включается звуковой сигнал (ревуны). При падении давления насоса ниже установленного на контактном манометре предела (0,3 МПа), только загорается лампочка 25 и включается ревуны.

При нормальной работе системы в камерах эжекторов 5 и 6 поддерживается разрежение порядка $-0,003 \dots -0,015$ МПа. При превышении по каким-либо причинам давления во всасывающих камерах эжекторов выше атмосферного (по мановакууметру больше 0 МПа) срабатывает система защиты и сигнализации, которой дооборудован каждый из эжекторов. При этом закрываются невозвратно-запорные клапаны 10 и открываются электромагнитные клапаны 26, управляе-

мые датчиками реле давления 27. Одновременно с электромагнитными клапанами загораются красные сигнальные лампочки, установленные на пускателе насоса и щите ЦПУ 28, предупреждающие о неполадках в работе системы и открытии электромагнитных клапанов (при срыве работы эжекторов). Световой сигнал дублируется включением звуковой сигнализации (ревуна). При открытии электромагнитных клапанов 26 происходит сброс воды, просочившейся через закрытые невозвратно-запорные клапаны 10 в льяла. Сброс воды в льяла происходит через водяные затворы 29 (U-образные трубки, заполненные водой), служащие для исключения подсосывания воздуха во время работы эжекторов через возможные неплотности электромагнитных клапанов. Таким образом предотвращается попадание воды в выхлопные тракты ДГ из-за срыва работы водогазовых эжекторов. Для обеспечения надежности системы защиты от попадания воды в выхлопные тракты ДГ она дублируется механическим невозвратным клапаном 30, установленным на газовой линии в точке разводки трубопровода к двум эжекторам на левый и правый борта. Невозвратный клапан 30 обеспечивает сброс в льяла воды, попавшей по каким-либо причинам в газовую магистраль, например, в случае несрабатывания электромагнитных клапанов. Для исключения подсосывания воздуха через неплотности невозвратного клапана он также соединен с гидрозатвором 31, который всегда должен быть заполнен водой.

Электродвигатель насоса 3 подключен к сети переменного тока 380 В через распределительный щит R25 в помещении центрального поста распределения электроэнергии (ЦПРЭ) и управляется магнитным пускателем типа ПММ, установленным на стойке перед платформой топливных сепараторов. Во время работы насоса на его пускателе горит зеленая сигнальная лампочка. Электромагнитные клапаны 26 и сигнальные лампочки 28 подключены к сети освещения МО 220 В через щит освещения Щ 52/11, расположенный перед входом в помещение ЦПРЭ. Принципиальная электрическая схема системы предотвращения обрастания показана на рис.2.

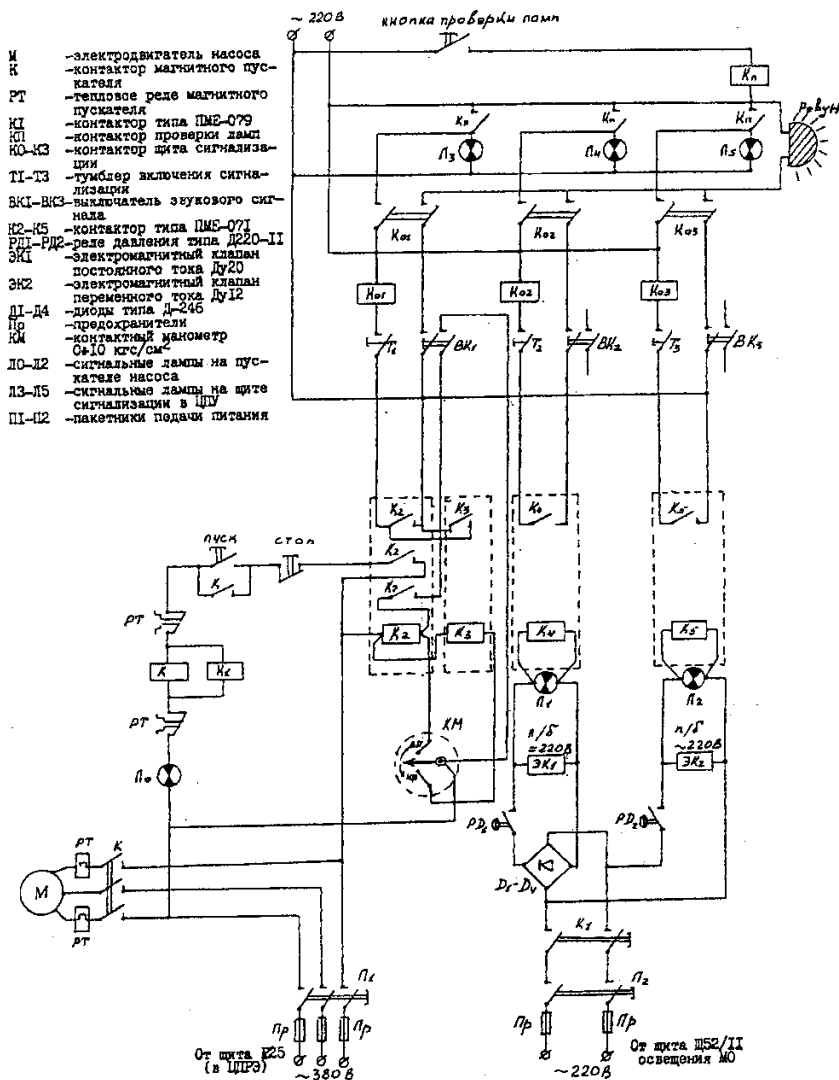


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема системы предотвращения оброста

Как было указано выше, в качестве распределителей противообрастающего реагента предлагается использовать полые водозаборные решётки (вместо обычных штатных решёток), которые в этом

случае выполняются из перфорированных труб овального сечения (вместо ряда сплошных рёбер в обычной решётке, препятствующих попаданию в кингстонный ящик инородных предметов). Причём отверстия в перфорированных трубах модернизированных водозаборных решёток выполнены на боковых сторонах, а их оси направлены перпендикулярно основному потоку поступающей в кингстонный ящик заборной воды [16].

На рис. 3 изображена усовершенствованная таким образом водозаборная решётка, состоящая из установочной рамы 1, распределительного коллектора 2 и перфорированных труб-рёбер овального сечения 3. Причём отверстия 4 для выхода реагенты выполнены на боковых сторонах овальных труб 3 (меньшая ось которых находится в плоскости водозаборной решётки) и смещены по длине на половину шага перфорации (0,5 S) относительно расположенных рядом друг с другом труб 3.

Противообрастающий реагент поступает в распределительный коллектор 2 и перфорированные трубы 3, служащие, одновременно как для распределения реагента в поток поступающей в кингстонный ящик заборной воды, так и для предотвращения попадания инородных предметов в систему заборной воды. Выходя затем из отверстий 4, реагент омывает противоположно расположенные трубы водозаборной решётки и обрабатывает их поверхность, как в прозоре между трубами-рёбрами, так и с внешней и с внутренней сторон каждой трубы одновременно. При работе циркуляционного насоса системы охлаждения (или любого другого насоса) противообрастающий реагент, выходящий из отверстий 4 и омывающий трубы-рёбра 3 водозаборной решётки, захватывается основным потоком поступающей на судно заборной воды, перемешивается с ней, равномерно распределяясь по всему объёму кингстонного ящика и далее, эта смесь направляется в судовую систему для использования на технологические нужды.

Такая конструкция водозаборной решётки и, в частности, расположение отверстий 4 на боковых гранях овальных распределительных труб 3 позволяет:

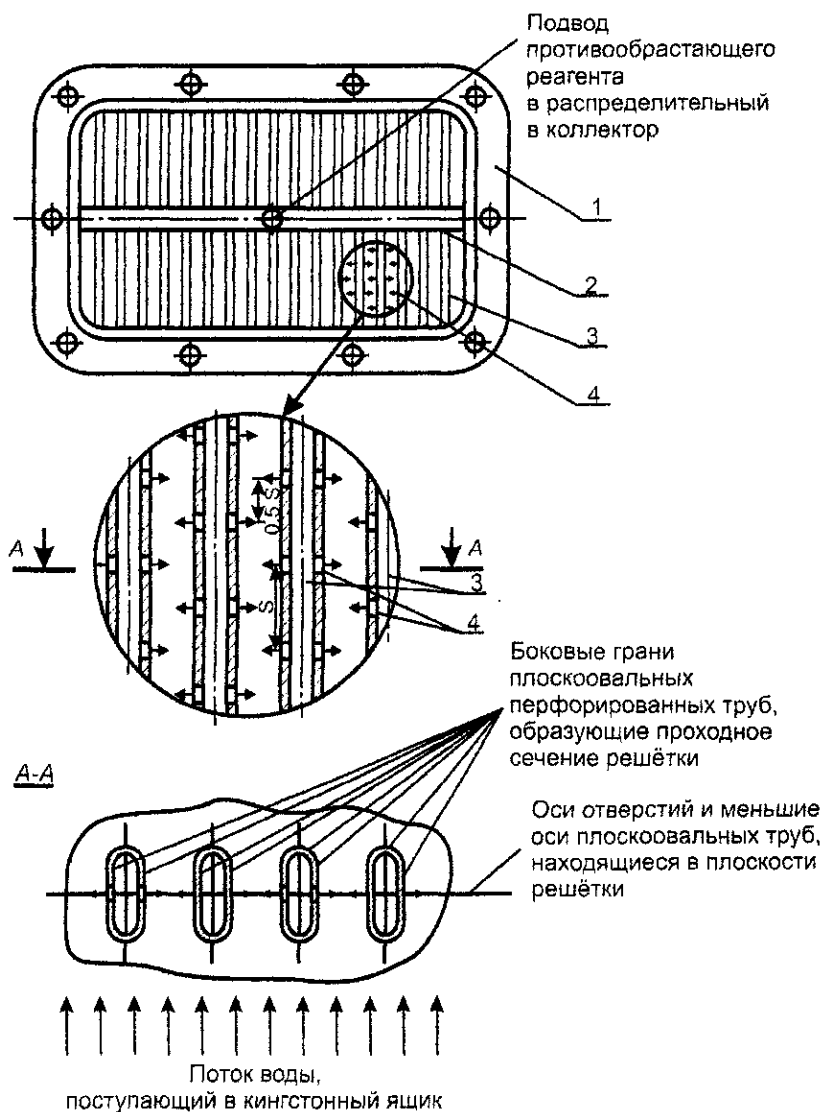


Рис.3. Модернизированная трубчатая водозаборная решётка: 1 - установочная рама; 2 - распределительный коллектор; 3 - перфорированные трубы-рёбра овального сечения; 4 - отверстия для выхода реагента.

- исключить смыв реагента, при наличии движения забортной воды вдоль решётки, за пределы водоприёмного устройства, т.е. за борт;
- обеспечить дополнительное механическое воздействие струй противоположающего реагента, выходящих из отверстий на поверхность противоположного ребра решётки (трубы-рёбра как бы обмывают друг друга);
- создать за счёт смещения отверстий перфорации на рядом расположенных трубах на половину шага сверления своеобразный «перекрыш», обеспечивающий гарантированную обработку реагентом всей наружной поверхности водозаборной решётки;
- произвести более качественное перемешивание противоположающего реагента с основным потоком воды, поступающей в кингстонные ящики;
- повысить, при подаче через перфорированные трубы водозаборной решётки пара, эффективность борьбы с обледенением и забиванием её проходных сечений льдом, т.к. струи пара поступают в места в наибольшей степени подверженные забиванию льдом, т.е. в прозоры - межрёберное (межтрубное) пространство водозаборной решётки. Кроме того, решётка подогревается паром также изнутри, что увеличивает эффективность борьбы с её обледенением.

Обслуживание системы необходимо производить в соответствии с разработанной технологией, отдельные положения которой могут уточняться в зависимости от конкретных условий эксплуатации системы.

Система предотвращения биологического обрастания включается и работает непрерывно на все три кингстонных ящика (бортовой, донный и скуловой) независимо от режимов их работы (т.е. открыт данный кингстон или закрыт), при температуре забортной воды выше 10°C. Если возникает необходимость в проведении профилактических работ по системе, то их желательно проводить на ходу судна, в связи с тем, что функционирование системы при стоянке на рейде и в морских портах обязательно, т.к. именно в этих условиях происходит процесс интенсивного обрастания.

Время основной и профилактической работ по системе, а также основные параметры ее работы следует фиксировать в машинном или отдельном журнале.

Подготовка к действию.

1. Произвести наружный осмотр. Убедиться в исправности приборов и наличии воды в гидрозатворах 29,31 и газопромывном устройстве 9.
2. Устранить обнаруженные неисправности и при необходимости залить воду в гидрозатворы и газопромывное устройство (в газопромывное устройство воду залить до метки на водомерном стекле, около 1/2 всего объема емкости устройства).
3. Проверить легкость вращения вала насоса 3 от руки.
4. Убедиться в закрытии секущих пробок 7 и невозвратно-запорных клапанов 10 на газовой магистрали.
5. Открыть клапаны 11, 12,13 на каждом из кингстонных ящиков (бортовом, донном и скуловом) для подвода в них водогазовой смеси.
6. Открыть клапаны 4 подвода рабочей воды к эжекторам 5 и 6.
7. Открыть клапан 1 приема забортной воды к насосу 3.
8. В помещении ЦПРЭ на щите R25 включить питание на магнитный пускатель насоса.
9. На щите освещения Щ 52/11 включить питание на электромагнитные клапаны 26.
10. На щите дополнительной сигнализации ЦПУ (за лицевой панелью) включить три тумблера СПрОб — «давление насоса», «срыв работы эжектора п/б» и «срыв работы эжектора л/б».

Ввод в действие и обслуживание во время работы

1. Пустить насос 3.
2. Убедиться в создании вакуума во всасывающих камерах эжекторов около -0,1 МПа (при закрытых клапанах 10). Включить три пакетника звуковой сигнализации СПрОб на лицевой стороне щита дополнительной сигнализации в ЦПУ.
3. Открыть секущие пробки 7 (до и после газового фильтра 8) отбора газов из выхлопного тракта работающего дизель-генератора, пробки прохода газов через газопромывное устройство 9 и невозвратно-запорные клапаны 10 возле эжекторов. При этом давление во всасывающих камерах эжекторов должно находиться в пределах -0,003...- -0,015 МПа, что соответствует максимальной производительности эжекторов по газу. Оставить систему в работе.

4. **ВНИМАНИЕ!** Во время работы системы следить за вакуумом во всасывающих камерах эжекторов, не допуская повышения давления выше 0 МПа, во избежание попадания воды в газовые тракты вспомогательных двигателей. В случае срыва работы эжекторов необходимо быстро остановить насос и закрыть клапаны 10 и пробки 7 на газовой магистрали.
5. В случае увеличения вакуума во всасывающих камерах эжекторов до -0,02..-0,025 МПа (при полностью открытых клапанах и пробках на газовой магистрали) необходимо промыть сетку газового фильтра 8.
6. При остановке ДГ, от которого производился отбор газов, необходимо открыть пробки 7 на работающем ДГ и лишь затем закрыть их на остановленном ДГ.
7. При снижении давления всасывания насоса 3 до -0,06.. -0,07 МПа необходимо очистить сетку водяного фильтра 2.
8. Во время работы следить за температурой подшипников, контролировать показания приборов.
9. Через каждые 250...300 часов работы очистить сетки газовых фильтров. При необходимости почистить и притереть клапана и пробки 7, 10, 26, 30 на газовой линии.
10. Каждые сутки- двое производить спуск шлама и грязной воды из газопромывного устройства 9, его промывку и заполнение свежей водой до метки на водомерном стекле (около 1/2 объема емкости устройства).
11. Перед сливом шлама и сменой воды в газопромывном устройстве временно закрыть невозвратно-запорные клапаны 10 перед обоими эжекторами, которые снова открыть после заполнения свежей водой.
12. В процессе работы системы следить за показаниями водомерного стекла газопромывного устройства, не допуская его работы без воды.
13. Каждую вахту производить проверку рабочих параметров и по мере необходимости их регулировку.
14. В случае срывов работы насоса гидрофора забортной воды и эжекторного насоса испарителя, имеющих автономный прием от донного кингстонного ящика (это может происходить при сильной качке и малой осадке судна), прикрывать клапан 12 подачи водогазовой смеси в донный кингстонный ящик до

- прекращения явления срыва, а также выпустить воздух из этих насосов. При полной осадке судна вновь полностью открыть клапан 12 на донном кингстонном ящике.
15. Следить за наличием воды в гидрозатворах 29 и 31.
 16. Следить за герметичностью газовой магистрали, своевременно устраняя неплотности во избежание засасывания воздуха, что может резко уменьшить эффективность борьбы с обрастанием.
 17. Контроль за работой насоса 3 системы предотвращения обрастания, его техническое обслуживание и ремонт осуществлять в соответствии с правилами, приведенными в паспорте насоса.
 18. При плановых очистках кингстонных фильтров, трубопроводов и теплообменников со стороны забортной воды освидетельствовать состояние их поверхности, определить количество, размеры, вид обрастателей (если таковые имеются) и занести эти данные в машинный журнал. По полученным результатам составить судовой акт.
 19. Не реже одного раза в месяц (в течение первых двух лет работы системы, до очередного докового ремонта) сообщать о результатах разработчику.

Остановка.

1. Закрыть последовательно невозвратно-запорные клапаны 10, перед эжекторами 5,6 и пробки 7 до и после газовых фильтров 8.
2. Выключить три пакетника звуковой сигнализации по системе предотвращения обрастания (СПрОб) на щите ЦПУ.
3. Остановить насос 3.
4. При длительной остановке системы закрыть клапаны 1, 4, 11, 12, 13, выключить питание на электронасос (щит R25 в ЦПРЭ) и на электромагнитные клапаны (щит Ц52/11), а также отключить тумблера сигнализации СПрОб на щите ЦПУ (за лицевой панелью).
5. Слить грязную воду из газопромывного устройства и промыть его чистой водой.

Техника безопасности при обслуживании системы.

К обслуживанию системы предотвращения обрастания допускаются лица, изучившие систему, расположение приборов и клапанов, знающие принцип действия и основные положения вышеприведенной технологии. При работе системы должны выпол-

няться указания РДЗ1.81.10-75 «Правила техники безопасности на судах морского флота».

Таблица. Возможные неполадки в работе системы и меры по их устранению

Признаки	Причины	Способ устранения
1	2	3
Уменьшение производительности и напора насоса 3.	Попадание газов во всасывающий трубопровод. Забита сетка фильтра 2 очистки забортной воды	Выпустить воздух из насоса через манометровый краник. Очистить сетку фильтра 2.
Срыв работы насоса 3.	Насос полностью заполнен газами (возможно при бортовой качке и при малой осадке судна).	Выпустить воздух из насоса и кингстонного фильтра. Проверить открытие клапанов 20 на газоотводных трубах от кингстонных ящиков.
При закрытых пробках 7 и клапанах 10 на газовой магистрали разряжение в эжекторах менее -0,09 МПа.	Низкая производительность насоса. Износ пробок 7 и клапанов 10 или образование в них отложений сажи. Отсутствие воды в гидрозатворах 29, 31.	Проверить работу насоса и полностью открытия клапанов 1, 4, 11, 12, 13. Клапана и пробки на магистрали очистить и притереть. Залить воду в гидрозатворы
При полностью открытых пробках и клапанах на газовой магистрали разряжение в эжекторах более -0,02 МПа.	Забита сетка газового фильтра 8.	Вскрыть крышку фильтра, прочистить и промыть сетку.
Повышение давления во всасывающих камерах эжекторов 5 и 6 больше 0 МПа. Включение электромагнитных клапанов 26, световой и звуковой сигнализации	Снизилась производительность насоса. Забиты сопла или диффузоры эжекторов. Закрыты какие-либо из клапанов 1, 4, 11, 12, 13.	Проверить работу насоса. Разобрать эжекторы, прочистить сопла и диффузоры. Открыть клапаны согласно инструкции.

1	2	3
Изменение напора насоса, контролируемое контактным манометром 24:		
а) Включение сигнальной лампочки 25 и ревуна;	Снизился напор насоса ниже установленного на манометре 24 (ниже 0,3 МПа).	Проверить работу насоса, выяснить и устранить причину, вызвавшую изменение его рабочих параметров.
б) Включение сигнальной лампочки 25 и ревуна и отключение насоса.	Повысился напор насоса выше установленного на контактном манометре 24 (выше 0,65...0,66 МПа).	
Срыв работы насоса гидрофора забортной воды или эжекторного насоса опреснителя, имеющих автономный прием воды от донного кингстонного ящика.	Попадание газов в эти насосы, что не исключено при сильной качке и малой осадке судна.	Прикрытием клапана 12 отрегулировать подачу водогазовой смеси в донный кингстон до прекращения явления срыва работы насосов. Одновременно выпустить газы из этих насосов и проверить открытие клапанов 20.

Конкретная схема дооборудования судна системой предотвращения обрастания выбирается в зависимости от его типа, конструктивных особенностей судна и осадки, расположения кингстонных ящиков и оборудования в машинном отделении, расхода забортной циркуляционной воды через судовую систему, режимов её работы и т.п. После выбора схемы дооборудования производится расчёт напора и производительности рабочего насоса, определяются размеры и рабочие характеристики водогазовых эжекторов, диаметры и длины трубопроводов и др. элементов системы, рассчитываются распределительные устройства.

При проектировании системы предотвращения обрастания следует учитывать следующее:

- характеристики рабочего насоса и водогазовых эжекторов должны быть такими, чтобы обеспечить снижение величины рН воды в кингстонных ящиках до 0,2...0,4 по сравнению с исходной морской водой;
- эжекторы для насыщения воды дымовыми газами должны размещаться как можно ближе к соответствующим кингстонным ящикам;
- при монтаже газовых трубопроводов следует учесть, что отбор газов необходимо осуществлять из газовыпускных трактов в точках, находящихся на 3 ..4 м выше уровня ватерлинии при полной загрузке судна;
- все элементы системы, соприкасающиеся с агрессивной средой (эжекторы, газовые трубопроводы, трубопроводы и распределители водогазовой смеси и т.п.) должны быть выполнены из материалов, стойких к агрессивным средам.

Специальные исследования по экологической оценке разработанного метода показали, что после двухсуточной обработки морской воды водогазовой смесью выживаемость личинок основных видов обрастателей составила 93- 96%. А после контакта подкисленной воды с атмосферой происходила ее своеобразная детоксикация и личинки обрастателей восстанавливали свою жизнедеятельность. Это подтвердило предположение о репеллентном (отпугивающем) воздействии водогазовой смеси на основные виды личинок обрастателей и соответственно об экологической безопасности использования разработанных систем предотвращения обрастания.

Необходимо отметить, что немаловажным преимуществом разработанных систем является то, что их использование приводит к двойному воздействию на обрастатели по сравнению с другими способами.

Во-первых, насыщение морской воды отработавшими газами СЭУ приводит к изменению гидрохимических условий и соответственно резкому снижению активности личинок обрастателей, что является общим для всех способов.

Во-вторых, в отличие от других способов, обработка воды продуктами сгорания приводит к некоторому повышению кислотности морской воды, что уменьшает скорость построения раковин личинками обрастателей, уже осевшими и закрепившимися в период вынужденной остановки системы. Это объясняется тем, что раковина

обрастателя является сложной химической системой, но основной ее фазой является карбонат кальция. В организме моллюсков постоянно происходят физиологические процессы для поддержания целостности их раковин. При равновесии с окружающей ее морской водой раковина устойчива. Моллюски в процессе роста периодически увеличивают свои раковины. Для этого им необходимо наличие двух свойств - умение наращивать новую раковину снаружи и умение растворять старую изнутри. Поскольку морская вода повсеместно перенасыщена по карбонату кальция, то он обычно осаждается (этим объясняются известковые обрастания на дне океанов). Следовательно, образование раковин в морской воде не представляет для моллюска особого труда и созданная им раковина устойчива по отношению к раствору. Но в то же время раковина может быть растворена изнутри небольшим увеличением содержания кислоты, выделением которой моллюск управляет хорошо. Моллюск образует CO_2 в процессе метаболизма и таким образом может достаточно хорошо регулировать кислотность раствора, изменяя содержание карбонатных ионов в морской воде. Но в то же время насыщение морской воды отработавшими газами также приводит к повышению содержания CO_2 в воде и смещению равновесия в карбонатной системе, что резко затрудняет построение моллюском раковины снаружи. Таким образом, у моллюска в этом случае остается одно свойство - умение растворять изнутри старую раковину, что он успешно и делает в процессе своего роста. Но, растворяя старую раковину, он утратил возможность построения новой, что приводит в итоге к утоньшению створок и отпаданию раковины с поверхности, контактирующей с отработавшими газами водой. Это явление неоднократно наблюдалось в процессе проведения судовых испытаний систем предотвращения обрастания, основанных на использовании отработавших газов. При дальнейшей эксплуатации систем они полностью предотвращали биологическое обрастание, что подтверждалось контрольными освидетельствованиями трубопроводов, водоприемных устройств и теплообменников системы забортной воды.

Необходимо также отметить, что обработка воды продуктами сгорания приводит еще и к некоторому снижению накипеобразования в теплообменниках, включенных в контур судовой системы забортной воды, что в свою очередь повышает эффективность их работы и судовой энергетической установки в целом.

Экономический эффект от использования разработанных технологических и конструктивных решений по предотвращению биологического обрастания судового оборудования и систем заборной воды достигается прежде всего за счёт исключения проведения эксплуатационных очисток судовых трубопроводов и различных теплообменников со стороны морской воды, а также исключения проведения водолазных работ по очистке водозаборных решёток и внутренних полостей кингстонных ящиков от наростов организмов обрастателей. Иначе говоря, при использовании разработанных технологий, устройств и систем, полностью предотвращается биологическое обрастание и, соответственно, исключается из практики очистка от обрастателей всех элементов системы заборной воды, в частности, таких как водозаборные решётки, кингстонные ящики, приёмные фильтры, трубопроводы, донно-заборная арматура и различные теплообменные аппараты. Проведённые расчёты показали, что реальной годовой экономический эффект за счёт приведённых выше составляющих экономии по одному типовому морскому судну (с общим объёмом трубопроводов системы заборной воды около $8,0 \text{ м}^3$; общим объёмом теплообменников $6,0 \text{ м}^3$; площадями обрастания всех водозаборных решёток и внутренних полостей кингстонных ящиков соответственно $10,0 \text{ м}^2$ и $50,0 \text{ м}^2$) составляет не менее 85 тыс. USD/год.

Таким образом, внедрение на судах разработанных в ОНМА систем предотвращения биологического обрастания приводит к снижению энергозатрат, повышению эффективности и надёжности эксплуатации судовых энергетических установок, уменьшению возникновения аварийного состояния судового оборудования и в целом обеспечивает безопасность плавания судов.

Длительные испытания и эксплуатация разработанных в ОНМА систем показали их достаточно высокую эффективность. Небольшая стоимость систем, низкие эксплуатационные расходы и высокая эффективность делают перспективными их использование в практике технической эксплуатации флота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хорн Р. Морская химия./Р. Хорн - М.: Мир, 1972. - 400 с.
2. Химия океана (из серии океанология). - М.: Наука, 1979. - Т.1.: Химия вод океана. - 517 с.

3. Морское обрастание и борьба с ним: Сборник. / Пер. с англ. Под ред. В.11. Никитина и Н.И. Тарасова. - М.: Воениздат, 1957-503 с.
4. Искра Е.В. Борьба с обрастанием трубопроводов / Е.В. Искра, Е.П. Турпаева, Е.Т. Булыгина // Технология судостроения. - 1962. - № 7.-С. 17-21.
5. Биологические основы борьбы с обрастанием: Сборник./Киев: Наукова думка, 1973. - 140 с.
6. Гуревич Е.С. Защита морских судов от обрастания / Е.С. Гуревич, Е.В. Искра, Е.П. Куцевалова - Л.:Судостроение, 1978. - 200 с.
7. Абрамов В.А. Углекислотный метод очистки от накипи и предотвращения её образования в судовых теплообменных аппаратах, работающих на морской воде / В.А. Абрамов, Ю.И. Боев, В.Ф. Коваленко, Б.И. Ляшенко, А.З. Бондарев // Современное состояние и перспективы развития СЭУ/ЛВМУ им. адм. С.О. Макарова. - М.: В/О - «Мортехинформреклама», 1983.-С. 73-79.
8. Абрамов В.А. Предотвращение накипеобразования в судовых теплообменных аппаратах и системах, контактирующих с морской водой: Автореф. дис.канд. техн. наук. - Одесса: ОВИМУ, 1985. - 24 с.
9. Углекислотный метод очистки от накипи и предотвращения её образования: Методическое пособие / Од. высш. инж. мор. уч.; подготовлено Ю.И. Боевым. - М.: В/О «Мортехинформреклама», 1986. - 48 с.
10. Абрамов В.А. Разработка экологически безопасного способа предотвращения обрастания поверхностей в морской воде / В.А. Абрамов, В.А. Вагапов, Б.А. Павленко, Е.А. Яковлев, Ю.И. Боев // Охрана окружающей среды на морском транспорте. - М.: В/О «Мортехинформреклама», 1990. -С.56-59. [ЮжНИИМФ].
11. Абрамов В.А. Анализ эффективности способов предотвращения обрастания в системах забортной воды, используемых на морских судах/В.А. Абрамов, Б.А. Павленко//Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. - 1998. - № 1. - Одеса: ОНМА. - С. 52-58.
12. Абрамов В.А. Разработка технологии предотвращения биологического обрастания водоприёмных устройств, трубопроводов и оборудования, входящих в контур судовой системы забортной воды/В.А. Абрамов, Б.А. Павленко // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб.-2004.-№ 10.- Одеса:ОНМА. - С. 68-77.

13. Абрамов В.А. Факторы, определяющие карбонатное равновесие природных вод, используемых в СЭУ / В.А. Абрамов, И.В. Логишев // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. - 2007. - № 19. - Одеса: ОНМА.-С. 67-74.
14. Устройство для предотвращения обрастания судовых водоприёмных устройств и системы подачи забортной воды: А.с. № 1244878 СССР, МКИ В63В 13/00/В.Ф. Коваленко, Ю.И. Боев, В.А. Вагапов, В.А. Абрамов, Б.А. Павленко - № 3735680/27-11. Заявл. 13.03.1984. Оpubл. 1986, Бюл. №26.
15. Система защиты водоприёмных устройств от обрастания: А.с.№1482073 СССР, МКИ В63В 13/00/В.А. Абрамов, Ю.И. Боев, В.А.Вагапов, В.Ф. Коваленко, Б.А. Павленко - №4291039/27-11. Заявл. 27.05.1987. Оpubл. 1989, Бюл. № 19.
16. Устройство для предотвращения обрастания судовых водоприёмных устройств и системы подачи забортной воды: А.с.№ 1630200 СССР, МКИ В63В 13/00 / В.А. Абрамов, Ю.И. Боев, В.А. Вагапов, В.Ф. Коваленко, Б.А. Павленко - №4297726/11. Заявл. 27.05.1987. Оpubл. 1991, Бюл. № 8.
17. Устройство для защиты от обрастания судовой конструкции: А.с.№ 1372806 СССР, МКИ В63В 59/00, 13/00/ В.Ф. Коваленко, В.А.Абрамов, В.А. Вагапов, Ю.И. Боев, Н.Н. Зенькович, Б.А. Павленко. Е.А. Яковлев - №4054111/40-11. Заявл. 04.09.1986. Оpubл. 1988, Бюл. № 5.