

# Разработка российской системы управления балластными водами судов



**В. Г. Хоросhev,**  
д.т.н., научный  
руководитель –  
начальник отделения  
ФГУП «Крыловский  
государственный научный  
центр» (КГНЦ)



**Л. Н. Попов,**  
к.т.н.,  
начальник  
отдела КГНЦ



**В. В. Дроздов,**  
к.г.н.,  
начальник  
отдела КГНЦ



**А. В. Шалларь,**  
к.т.н., генеральный  
директор  
ООО «НПО „Экология,  
Наука, Техника“»



**А. В. Герасимов,**  
к.т.н., заместитель  
главного конструктора –  
начальник сектора ЗАО  
«Центральный научно-  
исследовательский  
институт судового  
машиностроения»

Согласно современной международной правовой базе, морские суда должны оснащаться системами управления балластными водами (СУБВ). Между тем до сего времени в Российской Федерации подобного отечественного оборудования не производилось.

Морские транспортные суда для сохранения мореходных качеств периодически принимают водяной балласт. Вместе с балластной водой в судовые танки попадают различные морские организмы, в число которых входят возбудители опасных болезней. При сбросе балласта перед заходом судна в порт для принятия груза чужеродные морские организмы способны акклиматизироваться в удаленных от их первичного ареала экосистемах. Биологическое загрязнение акваторий приводит к значительным убыткам в хозяйственной и социальной жизни общества. Перенос чужеродных морских организмов в новые для них природные условия с балластными водами судов определен международным сообществом одной из наиболее существенных угроз для Мирового океана [1, 2]. На территории России указанная экологическая проблема приобретает особенную остроту в акваториях Балтийского, Черного, Азовского, Баренцева, Охотского и Японского морей, через которые проходят крупнейшие морские транспортные пути.

Усилия мирового сообщества по обеспечению экологической безопасности морской среды привели к принятию Международной конвенции (далее — Конвенция) о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 г. [3].

Постановлением правительства от 28 марта 2012 г. № 256 РФ присоединилась к Конвенции. Международная морская организация (ИМО) на брифинге 8 сентября 2016 г. сообщила, что Конвенция вступает в силу 8 сентября 2017 г. Согласно Конвенции, суда, построенные после 2010 г., а также суда, находящиеся в эксплуатации, в обязательном порядке должны оснащаться системами управления балластными водами

(СУБВ), осуществляющими их обезвреживание.

Необходимость выполнения возросших международных требований по обеспечению экологической безопасности морской среды в отсутствие отечественных систем обезвреживания балластных вод послужила основанием для включения в федеральную целевую программу «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 годы» технологического направления по очистке балласта (комплекс работ «Балласт»). При выполнении этих работ ФГУП «Крыловский государственный научный центр», ЗАО «Центральный научно-исследовательский институт судового машиностроения», ООО «НПО «Экология, Наука, Техника» и ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет» совместно провели научные исследования и выполнили опытно-конструкторские работы, направленные на решение проблемы очистки судового балласта, и создали опытный образец СУБВ [4–6].

В рамках новой государственной программы «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2015–2030 годы» с 2017 г. приступили к натурным испытаниям разработанной СУБВ, что необходимо для ее сертификации.

## Основные положения Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 г.

Балластные воды – вода со взвешенным в ней органическим и минеральным веществом, принятая на борт судна для контроля дифферента, крена, осадки, остойчивости или напряжений судна. Конвенцией введено понятие «управление балластными водами»,

означающее различные процессы (механические, физические, химические, биологические и др.) для удаления, обезвреживания опасных организмов в балластных водах и осадках или для предотвращения их приема или сброса [7]. Положения Конвенции распространяются на все суда, которые имеют право плавания под флагом стороны, за исключением судов, которые не спроектированы или не построены для перевозки балластных вод, или эксплуатируются в водах под юрисдикцией этой стороны, если не решено иное. Суда под российским флагом должны выполнять требования Конвенции в части правил замены балластных вод (правило В-4), а после 2016 г. сбрасываемые балластные воды должны отвечать установленному стандарту качества (правило В-3). Суда под российским флагом должны будут иметь на борту одобренный план управления балластными водами (правило В-1, раздел В) и Журнал операций с балластными водами (правило В-2, раздел В приложения). Должна быть проведена надлежащая подготовка членов экипажа, участвующих в управлении балластными водами (правило В-6, раздел В), а также назначено лицо командного состава, ответственное за обеспечение плана управления балластными водами и передачу информации портовым властям (правило В-1.5, раздел В).

Стандарты управления балластными водами, в частности правило D1, предписывают замену балласта в открытом море над глубинами не менее 200 м и на расстоянии не менее 200 миль от берега с эффективностью замены балластных вод, составляющей не меньше 95 % объема. Смена балласта в открытом море рассматривается как временная мера. Окончательная цель состоит в том, чтобы создать безопасные, эффективные и экономичные системы обеззараживания балластной воды для устранения экологической угрозы. Значения показателей необходимого качества обезвреживания представлены правилом D2, согласно которому после процедур обезвреживания в 1 м<sup>3</sup> воды должно содержаться менее 10 жизнеспособных организмов, минимальный диаметр которых равен или превышает 50 мкм, а средняя численность организмов, минимальный диаметр которых находится в интервале 10–50 мкм, должна быть меньше значения 10 жизнеспособных организмов на 1 мл. Кроме того, пред-

являются соответствующие требования к численности микроорганизмов бактериальной природы.

Стандарт качества балластных вод, предписанный правилом D2, достигается посредством монтажа на судне СУБВ, осуществляющей обезвреживание балласта, или путем приема балластных вод с транспортного судна и дальнейшего их обезвреживания специальным судном или береговым оборудованием.

Балластные операции составляют неотъемлемую часть морских перевозок, этого процесса нельзя избежать. При выборе метода обработки балласта следует руководствоваться такими критериями, как безопасность для экипажа и судна, совместимость с общесудовыми системами и судном в целом, исключение вреда окружающей среде, экономичность, эффективность.

На всех строящихся в России судах проектировщики запланировали установку системы очистки балластных вод в фазе строительства. После вступления Конвенции в силу владельцу судна будет нужно приобрести соответствующее оборудование и организовать его монтаж на судне. Однако, согласно Конвенции, требуется оснастить СУБВ все суда, находящиеся в эксплуатации. Ориентировочно в России предполагается оснастить около 2000 судов (в мировом флоте — не менее 50 000 единиц). Для каждого типа судна требуются конструкторские проработки, направленные на оптимальную привязку СУБВ к судовым гидравлическим и электрическим системам.

Возможна и береговая обработка балластных вод или их обработка в акватории порта. Главным образом это относится к судам старых проектов, на которых изначально не планировалось устанавливать СУБВ. Монтажные работы в таком случае могут оказаться весьма сложными и дорогостоящими. Однако капитальное строительство и обустройство береговых очистных сооружений для обработки сбрасываемых балластных вод также требуют значительных финансовых затрат. Одним из решений может стать использование СУБВ контейнерного исполнения, которая располагается на специальных судах-платформах, предназначенных для обслуживания судов непосредственно в акватории порта. При этом несколько параллельно соединенных СУБВ смогут обеспечить высокую производительность при обезвреживании балластных

вод крупнотоннажных судов — более 1000 м<sup>3</sup>/ч. При использовании варианта мобильной СУБВ берегового базирования на автомобильном носителе ее производительность составит 250–500 м<sup>3</sup>/ч.

### Выбор технологий обезвреживания балластных вод

Проведены исследования различных методов и технологий обработки водяного балласта транспортных судов. Обезвреживание балластных вод может осуществляться следующими способами:

- физическим (нагреванием, обработкой ультразвуком, ультрафиолетовым излучением, магнитным полем и т. п.);
- механическим (фильтрованием);
- химическим (озонированием, удалением кислорода, хлорированием, электрохимическим разложением морской воды и т. п.);
- биологическим воздействием: добавлением в балластную воду хищных, паразитных организмов для уничтожения вредных микроорганизмов.

Применение химических активных веществ может в ряде случаев привести к серьезным проблемам. Это очевидный риск для здоровья экипажа, возможная коррозия оборудования и трубопроводов балластных систем, ускоренный износ покрытий танков и других частей балластных систем, загрязнение этими веществами морской среды в результате их сброса вместе с балластной водой. Кроме того, процедуры сертификации СУБВ с активными веществами значительно сложнее и длительнее, чем в случае использования физических способов и технологий обезвреживания судовых балластных вод.

Из результатов исследований следует, что по совокупности эксплуатационных и технико-экономических причин лучшие методы обезвреживания водяного балласта — механический (фильтрация) и метод физического воздействия (коротковолновое ультрафиолетовое излучение). В частности, в отличие от метода электрохимического обезвреживания, в основе которого лежит электролиз морской воды и образование соединений хлора, обладающих бактерицидным действием, использование коротковолнового ультрафиолетового (УФ) облучения для данной цели возможно не только в морских, но и в пресных водах. Определены необходимые технические характеристики обо-

рудования, работающего на указанных принципах обезвреживания балласта: размеры ячеек фильтрующего элемента, мощность и спектр УФ-излучения, конструктивные особенности фильтра, модуля УФ-обработки, оборудования для отбора и анализа проб балластной воды, системы автоматического управления.

Доступные публикации Регистра Ллойда «Технология управления обработкой водяного балласта. Текущий статус», относящиеся к 2015 г. [2], свидетельствуют о следующем. Сегодня в мире изготавливается около 70 получивших типовое одобрение систем обработки судового балласта, основанных на использовании различных физико-химических методов обработки балластных вод. Из более чем 500 установленных на судах систем обезвреживания балластных вод принцип работы около 300 установок (~60 %) основан на сочетании методов механической фильтрации и УФ-облучения. Ведущие страны в области разработки СУБВ – США, Китай, Южная Корея, Япония, Швеция, Нидерланды, Германия.

### Разработка опытного образца и его испытания

Создан и испытан в модельных условиях опытный образец СУБВ морских судов и судов класса «река-море», подтвердивший эффективность выбранных методов обезвреживания. Опытный образец СУБВ, в котором использованы физические методы обезвреживания (механическая фильтрация и обезвреживание балластной воды УФ-облучением), экологически безвреден (не используются активные химические вещества) и по технико-

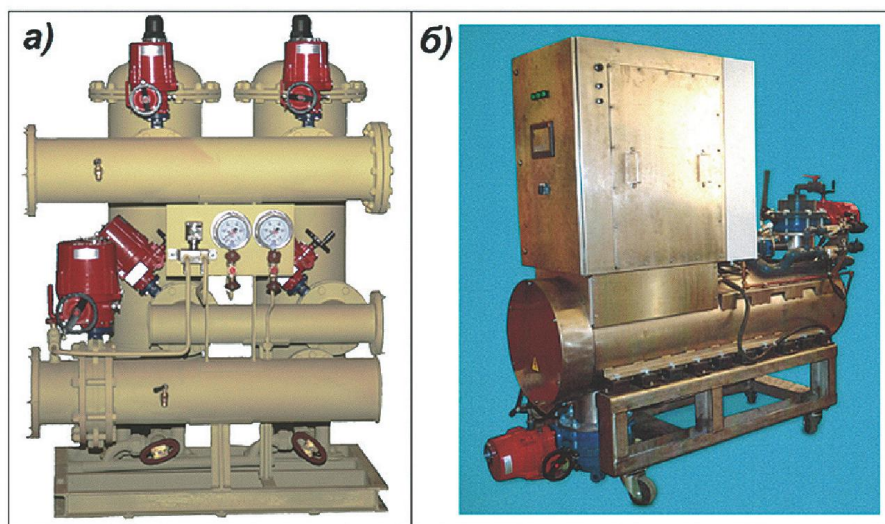


Рис. 1. Оборудование опытного образца системы обезвреживания судовых балластных вод «СУБВ-250»: а) методом фильтрации «СУБВ-Ф-250»; б) методом УФ-облучения «СУБВ-УФ-250» (см. рис. 2)

экономическим характеристикам соответствует нормативным требованиям Конвенции [4–6].

При проектировании образца принята блочно-модульная схема конструкции, состоящая из независимых модулей, которые обеспечивают необходимую суммарную производительность СУБВ.

Опытный образец (базовый модуль) «СУБВ-250» состоит из последовательно соединенного оборудования, включающего оборудование обезвреживания балластных вод методом фильтрации «СУБВ-Ф-250»; оборудование обезвреживания балластных вод воздействием УФ-излучения «СУБВ-УФ-250»; оборудование для мониторинга, анализа и средства отбора проб балластных вод (см. рис. 2).

Принцип действия СУБВ-250 по обезвреживанию балластной воды

основан на последовательной обработке воды составными частями модуля:

- блок «СУБВ-Ф-250» обеспечивает фильтрацию организмов, прежде всего, зоопланктона: низших ракообразных, личинок ракообразных, моллюсков и иглокожих гидробионтов, икры рыб, а также фильтрацию взвешенных частиц, диаметр которых равен или превышает 50 мкм;
- блок «СУБВ-УФ-250» обеспечивает уничтожение воздействием коротковолнового УФ-облучения микроорганизмов, минимальный диаметр которых меньше 50 мкм: фитопланктона, бактерий и вирусов, прошедших через установку фильтрации.

В результате достигается комплексное обезвреживание балластных вод. Предварительная фильтрация воды позволяет обеспечить такие значения ее прозрачности, при которых можно

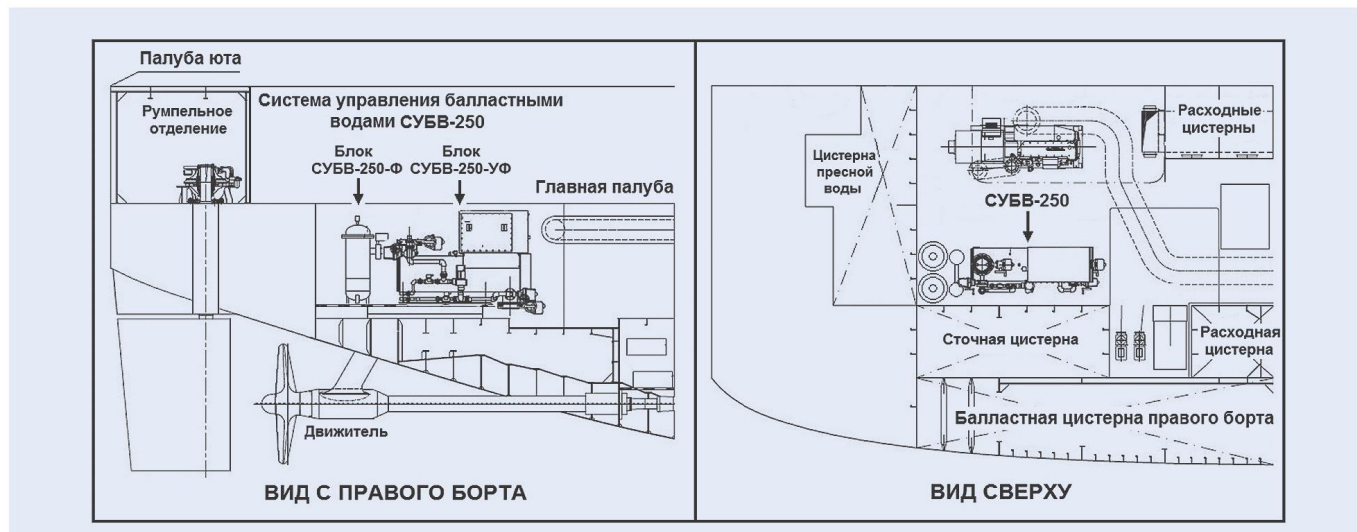


Рис. 2. Схема размещения блоков «СУБВ-250» на судне смешанного («река-море») плавания

эффективно применять дальнейшее УФ-обезвреживание.

Тонкость фильтрации механических фильтров – не более 50 мкм.

Бактерицидная доза при УФ-обезвреживании – не менее 200 мДж/см<sup>2</sup>.

Производительность базового модуля «СУБВ-250» – 250 м<sup>3</sup>/ч.

Базовый модуль «СУБВ-250» может быть использован при создании СУБВ значительно большей производительности в случае параллельного соединения модулей.

Разработанное оборудование и опытный образец СУБВ судов в части воздействия внешних механических и климатических факторов отвечают требованиям, предъявляемым к оборудованию для эксплуатации на морских судах.

На *рис. 1* представлено основное оборудование в составе опытного образца СУБВ.

В 2017 г. будут проведены береговые натурные испытания созданного опытного образца «СУБВ-250» в сотрудничестве с Южным отделением Института океанологии РАН в акватории Черного моря. Оборудование «СУБВ-250» будет испытываться в номинальной производительности с подробным анализом эффективности обезвреживания морской воды.

Для завершения сертификации отечественной разработки и получения типового одобрения Российского морского регистра судоходства (РМРС), позволяющего начать ее серийное производство, потребуется организовать и провести натурные испытания на борту судна. Выбор проекта судна для размещения опытного образца и полномасштабных натурных испытаний разработанной СУБВ основывается на следующих основных критериях, заданных в Руководстве РМРС [7]:

- производительность балластных насосов должна соответствовать производительности опытного образца;
- на судне должно быть не менее двух балластных танков водоизмещением не менее 200 м<sup>3</sup>, которые будут использованы в процессе испытаний в качестве рабочего и контрольного;
- район плавания судна должен включать морские акватории с высокими биологическим разнообразием и численностью гидробионтов;
- на судне должна быть предусмотрена возможность размещения аналитического гидрохимического и гидробиологического оборудования и организации работы лабораторного

персонала в течение шести месяцев испытаний или дольше.

В качестве судна, удовлетворяющего указанным критериям, может быть выбран проект судна смешанного («река-море») плавания. Вследствие конструктивных и мореходных качеств суда такого типа способны осуществлять грузоперевозки по внутренним водным путям и успешно работать на международных морских коммуникациях. Перевозимые судами балластные воды могут быть источником распространения биологического загрязнения в бассейнах внутренних морей Европы и отдельных удаленных морских акваторий, поэтому проведение натурных испытаний опытного образца СУБВ на судах класса «река-море», балластные воды которых могут содержать широкий спектр чужеродных видов организмов морского, солоновато-водного и пресноводного происхождения, представляется целесообразным.

Предварительная проработка варианта размещения блоков «СУБВ-250» в процессе испытаний на судне показана на *рис. 2*.

Блоки «СУБВ-УФ-250» и «СУБВ-Ф-250» предполагается разместить в трюме на фундаментах по бортам судна. Возможен также вариант палубно-контейнерного исполнения размещения СУБВ. Полномасштабные натурные испытания разработанной СУБВ на судне смешанного («река-море») плавания необходимы, чтобы завершить ее сертификацию получением типового одобрения Регистра, что позволит вывести на рынок отечественную конкурентоспособную судовую СУБВ.

Согласно процедуре сертификации СУБВ, изложенной в руководстве РМРС [7], в рамках Государственной программы РФ «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2015–2030 годы» сейчас организируются стендовые натурные полномасштабные испытания опытного образца СУБВ, которые завершатся осенью 2017 г. Сертификация разработанной СУБВ должна завершиться проведением судовых натурных испытаний и получением типового одобрения системы в соответствии с требованиями руководства Международной морской организации и РМРС по одобрению СУБВ в рамках резолюций МЕРС.174(58) и МЕРС.279(70),

что обеспечит выполнение Россией международных обязательств и даст возможность серийного производства отечественной разработки. Модульное исполнение разработанного ФГУП «Крыловский государственный научный центр» опытного образца СУБВ предполагает возможность его дальнейшей модернизации.

В число потенциальных потребителей СУБВ входят конструкторские бюро – проектанты, те судостроительные предприятия, которые занимаются проектированием и строительством морских судов и судов класса «река-море», транспортирующих нефть, газ и другие грузы, компании-судовладельцы. ■

### Литература

1. Global Invasive Species Programme (GISP). Official site. – URL: <http://jrpb.stanford.edu> (дата обращения 16.02.2015).
2. Official site. Global program of management of a water ballast (GloBallast). – URL: <http://globallast.imo.org/wp-content/uploads/2015/01/BW-Treatment-Technology-Sept.-2012.pdf> (дата обращения 14.01.2017).
3. Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 года. СПб: ЦНИИМФ, 2005. 120 с.
4. Хорошев В. Г., Погодин Н. П., Гатин Р. И. и др. Разработка технологии и создание опытного образца отечественной системы управления балластными водами морских судов и судов класса «река-море» // Судостроение. 2015. № 4. С. 35–40.
5. Хорошев В. Г., Петров М. В., Дроздов В. В. и др. Предотвращение загрязнения морских экосистем судовыми балластными водами: проблемы и пути решения // Науч.-техн. сб. Рос. морского регистра судоходства. СПб: Изд-во Рос. морск. регистра судоходства, 2015. № 40/41. С. 15–19.
6. Хорошев В. Г., Дроздов В. В., Погодин Н. П. и др. Разработка судового оборудования для предотвращения биологического загрязнения морских экосистем балластными водами // Экол. пром-ть России. 2016. Т. 20, № 5. С. 4–9.
7. Руководство по применению требований Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 г. СПб.: Изд-во Рос. морск. регистра судоходства, 2015. 105 с.