

УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИСТКИ БАЛЛАСТНЫХ ВОД

Маслов И.З., Данилян А.Г., Тирон-Воробьёва Н.Б.,
Романовская О.Р., Бабак А.А.

Дунайский институт

Национального университета «Одесская морская академия»

ул. Фанагорийская, 9, 68607, г. Измаил, Одесская обл.

igormslv@ukr.net, enginmarin@ukr.net, natasha_vorobyova@list.ru,
formatirung@gmail.com, geshtern@mail.com

В статье изложены основные моменты-требования согласно нововведённой конвенции ИМО (англ. International Maritime Organization, ИМО) (в частности, более «ужесточенное» требование D-2). По заданной конвенции (ссылаясь на основные правила и придерживаясь основных требований) авторами статьи приведена совершенно новая концепция по разработке установки для очистки балластных вод морских судов. Заданная концепция основана на нанотехнологических принципах усовершенствования очистного сооружения балластных вод. Надлежащим преимуществом является «би-включение» в предложенной установке, с одной стороны, мощного химического реагента, с другой же – высокотехнологичное конструктивное решение, позволяющее избежать глубокого «заражения» балластных вод от инвазивных чужеродных видов, в частности, также индикаторных микробов (токсигенный вибрион холеры, кишечная палочка, кишечные энтерококки) как стандарт здоровья человека. *Ключевые слова:* очистка балластных вод, «би-включение».

Установка для очищення баластових вод. Маслов І.З., Данилян А.Г., Тірон-Воробйова Н.Б., Романовська О.Р., Бабак А.О. У статті викладено основні моменти-вимоги відповідно до нововведеної конвенції ІМО (англ. International Maritime Organization, ІМО) (зокрема, більш «жорстка» вимога D-2). За заданою конвенцією (посилаючись на основні правила та дотримуючись основних вимог) авторами статті приведено абсолютно нову концепцію з розроблення установки для очищення баластових вод морських суден. Задана концепція заснована на нанотехнологічних принципах удосконалення очисної споруди баластових вод. Належною перевагою є «бі-включення» у запропонованій установці, з одного боку, потужного хімічного реагенту, з іншого – високотехнологічне конструктивне рішення, що дозволяє уникнути глибокого «зараження» баластових вод інвазивними чужорідними видами, зокрема, також індикаторними бактеріями (токсигенний вібрион холери, кишкова паличка, кишкові ентерококи) як стандарт здоров'я людини. *Ключові слова:* очистка баластних вод, «бі-включення».

Ballast water treatment plant. Maslov I.Z., Danilian A.H., Tiron-Vorobiova N.B., Romanovska O.R., Babak A.O. The article deals with the requirements in accordance with the new IMO convention (in particular, the stricter D-2 standard). Referring to the basic rules and adhering to the basic requirements for the given convention, the authors of the article present a completely new concept for the development of an installation for the treatment of ballast water of ships. The given concept is based on nanotechnological principles for improving the ballast water treatment plant. The advantage is the “bi-inclusion” in the proposed installation, on the one hand, of a powerful chemical reagent, and on the other hand, a high-tech constructive solution to avoid deep “contamination” of ballast water from invasive alien species, in particular, also indicator microbes (toxicogenic cholera vibrio, E. coli, intestinal enterococcus), as the standard of human health. *Key words:* ballast water purification, “bi-inclusion”.

Постановка проблемы. 11 сентября 2017 года вступила в силу новая конвенция по очистке балластных вод морских судов. Большое количество судов, а это около 40 тыс. единиц, неспособны перейти к новым требованиям стандарта D-2, предыдущее освидетельствование проводилось в период с 8 сентября 2014 по 8 сентября 2017 года. Суда, прошедшие освидетельствование в указанный период, должны прийти к соответствию стандарта D-2 не позже второго освидетельствования. Сложности перехода сопряжены в основном с финансированием современных технологий переоборудования и покупки дорогостоящих очистных установок балластных вод. Это подтверждается заявлением Генерального секретаря международной палаты судоходства ICS Питера Хинчлиффа. Получение

сертификата соответствия новым требованиям Международной конвенции о контроле судовых балластных вод, осадков и управления ними даст возможность значительно улучшить состояние вод Мирового океана от дальнейшего их «заражения» и прекращения распространения инвазивных водных видов, которые могут вызвать катастрофические последствия для местных экосистем, повлиять на биоразнообразие и привести к существенным экономическим потерям. Об этом заявляет Генеральный секретарь ИМО Китао Лим. Целый ряд стран выступил с инициативой об отсрочке новых требований (Бразилия, Индия, Норвегия, острова Кука, Либерия, Великобритания), было предложено осуществить переоборудование в период с 2022 по 2024 годы [1].

Стандарт D-2 определяет ужесточение требований D-1 по основному показателю уничтожения жизнеспособных организмов в балластных водах. В каждом кубометре (1 м³) обработанных балластных вод должно быть менее 10-ти жизнеспособных организмов, минимальный размер которых равен 50 микрон или более, и менее 10-ти жизнеспособных организмов на один миллилитр, минимальный размер которых менее 50 микрон и равен 10-ти микрон или более, при этом сброс индикаторных микробов не превышает установленных

концентраций. Индикаторные микробы как стандарт здоровья человека включают: токсигенный вибрион холеры (O1 и O139) с менее чем 1 колониеобразующей единицей (кое) на 100 миллилитров или менее 1 кое на 1 грамм (сырого веса) образцов зоопланктона; кишечную палочку – менее 250 кое на 100 миллилитров; кишечные энтерококки – менее 100 кое на 100 миллилитров [2].

Актуальность исследования. Авторами данной статьи проведена определенная работа по изучению более современных технологий и инновационного

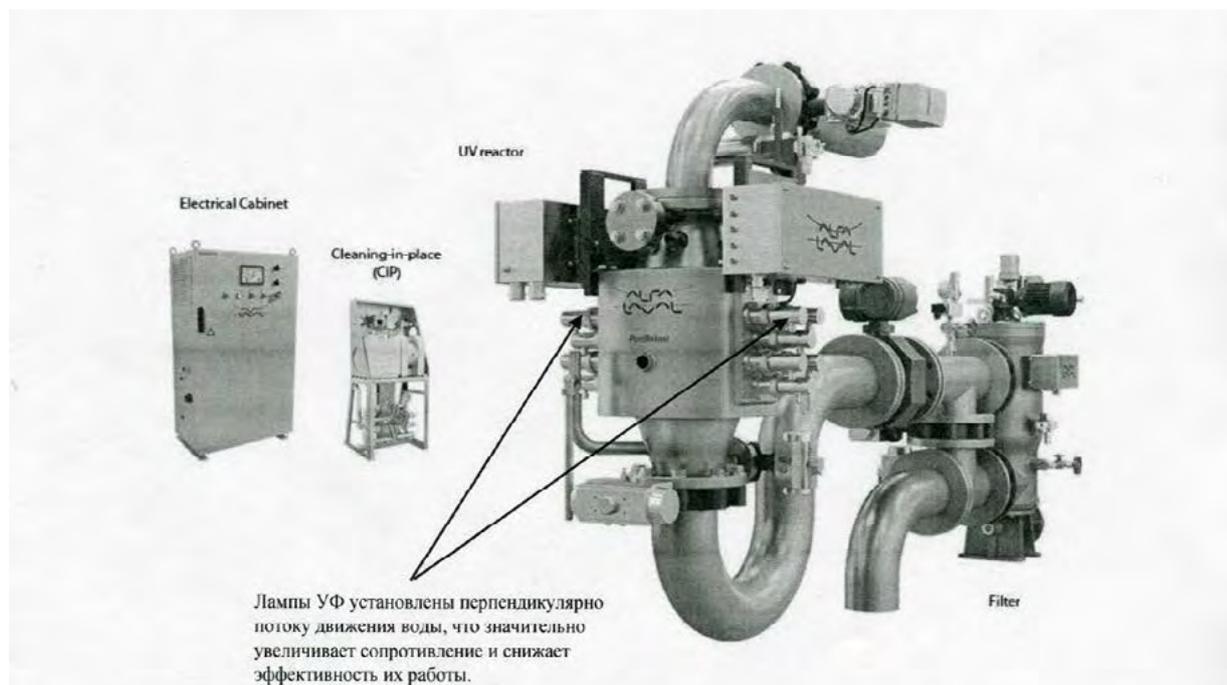


Рис. 1. Установка очистки балластных вод Alfa Laval – Pure Ballast 3.1

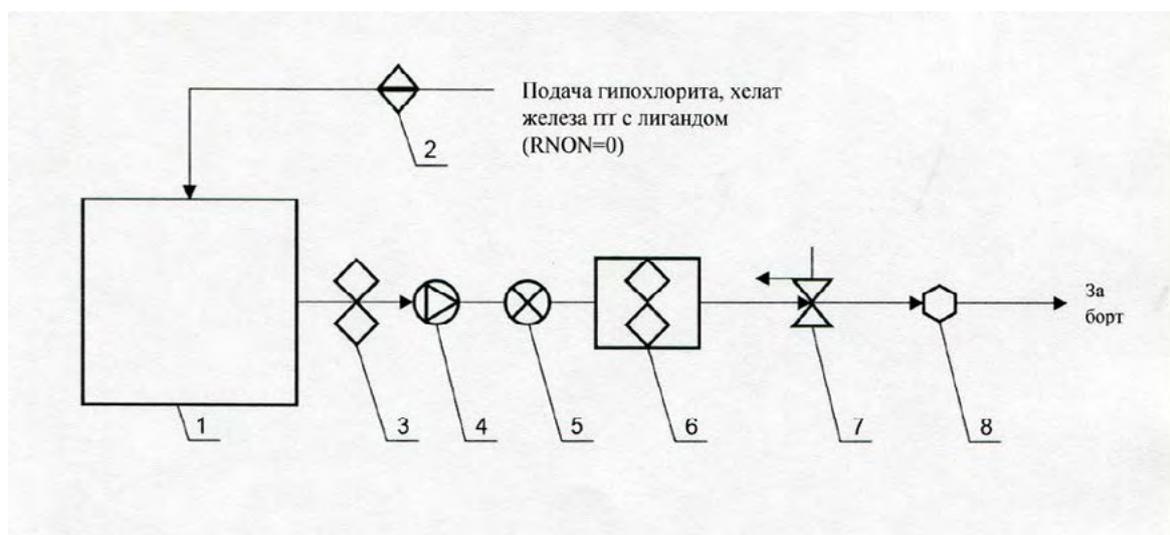


Рис. 2. Принципиальная схема авторского коллектива Дунайского института Национального университета «ОМА» очистки балластных вод согласно стандарту D-2

1 – балластный танк, 2 – дозатор реагентов, 3– фильтр грубой очистки, 4 – балластный насос, 5 – регулирующие устройство подачи балластных вод, 6 – общий блок реактора с лампами УФ, 7 – саморазгружающийся фильтр тонкой очистки балластных вод (рис. 4, наглядно), 8 – клинкет сброса балластных вод

оборудования, способного приблизиться к требованиям новых стандартов по очистке и обеззараживанию судовых балластных вод морских судов.

Связь авторского исследования с важными научными и практическими заданиями. В значительном многообразии очистных установок и их производителей, на наш взгляд, заслуживают особого внимания установки компаний:

– Elite Marine Ballast Water Treatment System Corp.;

– Alfa Laval – Pure Ballast 3.1.

Alfa Laval – Pure Ballast 3.1 – система третьего поколения, работающая по новейшей технологии обеззараживания балластных вод, и первая система, представленная на сертификацию в соответствии с обновлёнными требованиями G8.

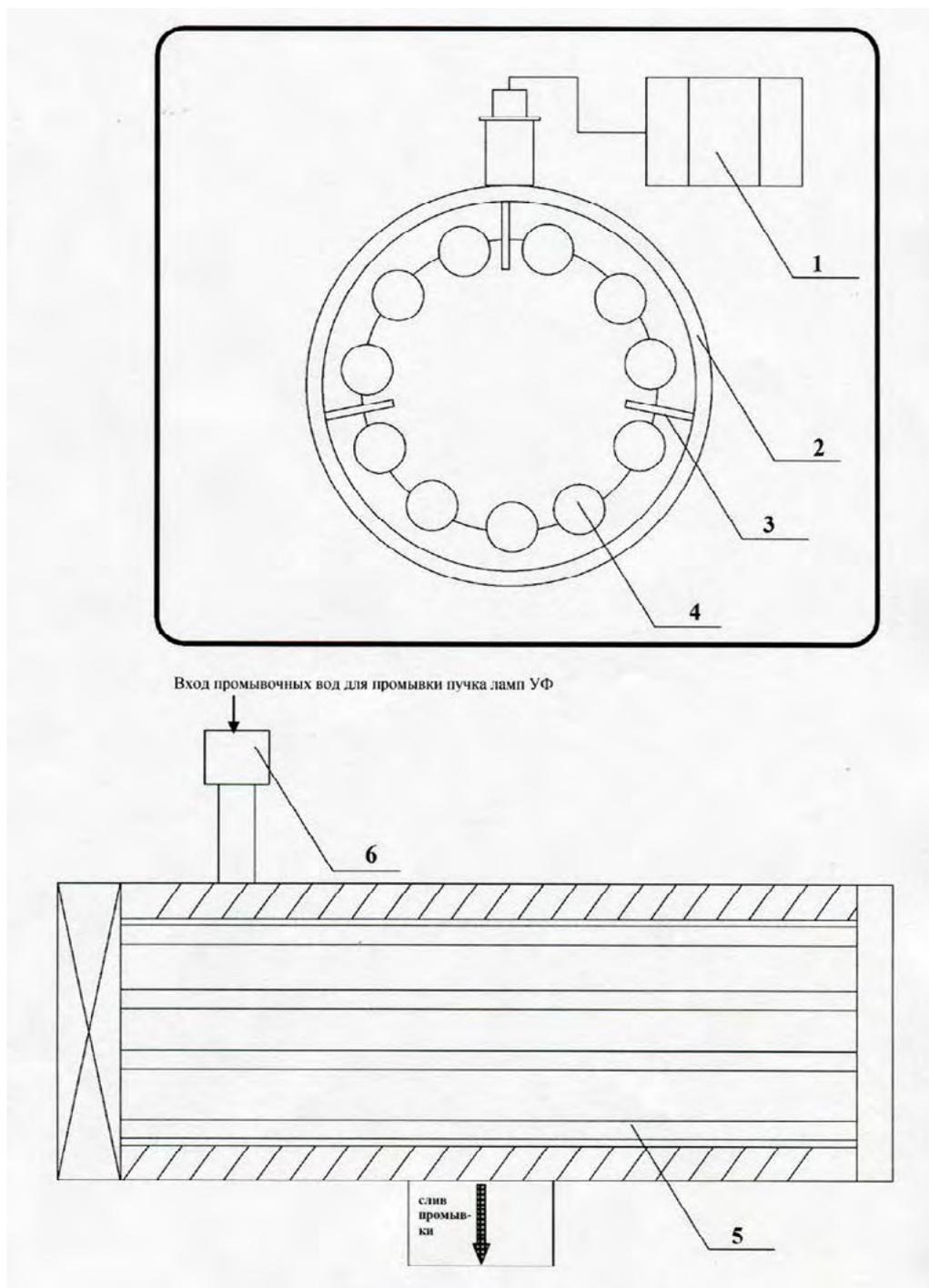


Рис. 3. Схема компоновки блока УФ для действенного уничтожения инвазий и патогенных штаммов

1 – блок контроля светового потока УФ излучения, 2 – корпус УФ блока ламп, 3 – крепление пучка ламп УФ, 4,5 – пучок ламп УФ, 6 – коллектор промывки пучка ламп УФ

Система не имеет себе равных в эффективности обеззараживания любой воды – пресной, морской или смешанного типа, способная довести производительность очистки балластных вод $Q = 500\text{--}600 \text{ м}^3/\text{час}$ с достаточно высокими показателями [3; 4].

Неслучайно вторая из них установка впервые была установлена судоремонтными работниками Ильичёвского судоремонтного завода (ИСПЗ) на теплоходе «Pomorz» польской судоходной компании «Polsteam». Сегодня два других польских судна на ИСПЗ устанавливают однотипные установки – Alfa Laval – Pure Ballast 3.1. [5].

Первая же в Украине компания по установке систем очистки балластных вод на судах любого типа – Elvi Marine LTD.

Анализ последних исследований и публикаций. При всех положительно достигнутых технических и экологических показателях работы установок их производительность достигается за счет увеличения размеров основных элементов.

К примеру, установка с производительностью $Q = 5000 \text{ м}^3/\text{час}$ имеет габариты основного контура рабочего фильтра в диаметре – $\Phi = 2200\text{--}2500 \text{ мм}$, а по высоте – $H = 3000\text{--}3500 \text{ мм}$, они достаточно велики и, на наш взгляд, не имеют высоконаучного и технологического разрешения своей концепции.

Выделение неразрешенных ранее частей общей проблемы, которой посвящена статья. Представленная в работе принципиальная схема

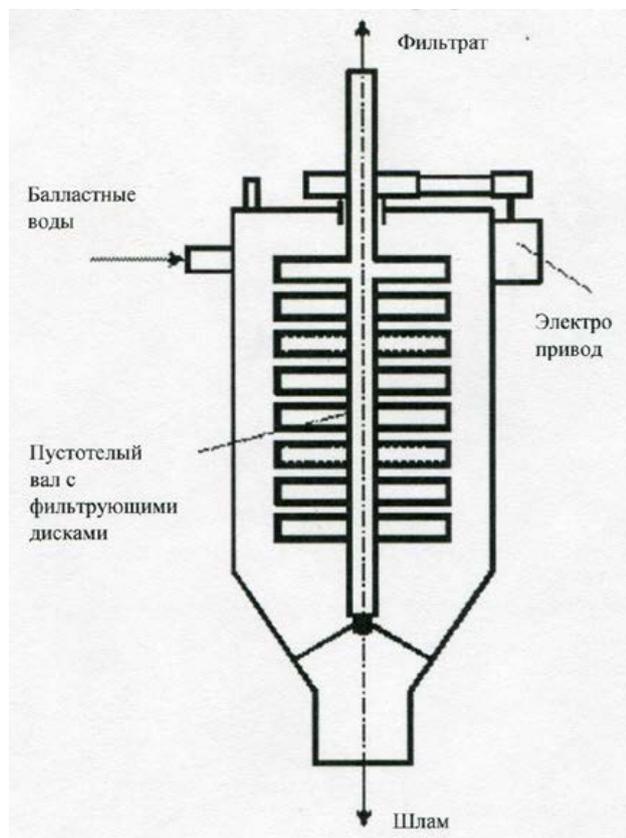


Рис. 4. Саморазгружающийся фильтр балластных вод

установки существенно отличается от новейших установок и систем конструктивностью, технологичностью, надёжностью, применением надлежащего оборудования, отличающегося дешёвизной известных очистительных балластных конструкций.

Новизна. В предлагаемой авторами установке технология фильтрации построена на современных научных достижениях в области нанотехнологий и инновационных инженерных разработок.

Методологическое или общенаучное значение. Данный, разработанный авторами, подход позволит снизить габариты основного контура и значительно улучшить фильтрацию за счёт саморазгружающегося современного фильтра. Для лучшей фильтрации балластных вод используются фильтрующие диски, изготовленные, согласно нанотехнологиям, из углеродного материала, которые позволяют значительно снизить сопротивление проходящих вод через диски фильтра, при этом отсев инвазий и патогенных штаммов можно довести до 10 микрон. В разработанной установке авторами статьи значительно снижено сопротивление обрабатываемых балластных вод в блоке УФ с улучшением прохождения потока УФ излучения. Пучок ламп расположен по окружности корпуса блока излучателя, которые омываются ламинарными слоями жидкости со всех сторон по ходу потока воды, а не против него, как это показано на рис. 1. Блок контроля светового потока УФ в установке постоянно «мониторит» датчик, который подает сигнал на промывку в случае снижения потока УФ по причине отложений осадка балластных вод на лампах.

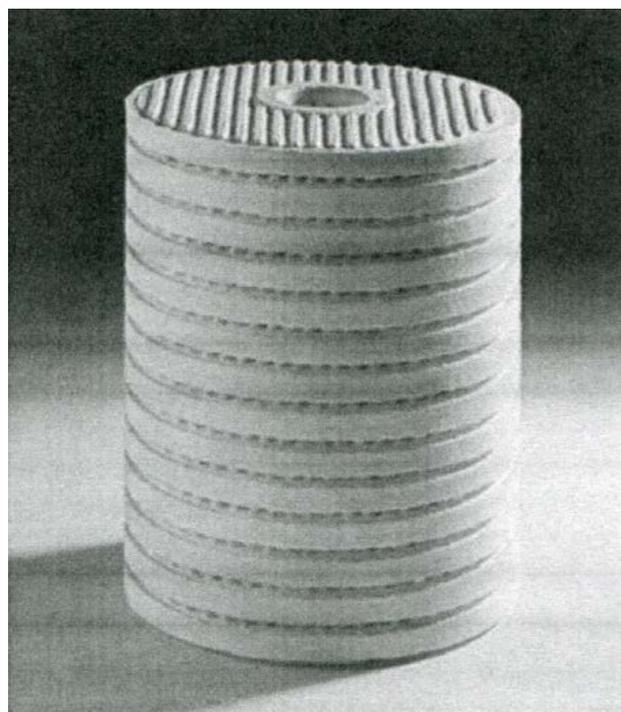


Рис. 5. Фильтрующие диски саморазгружающегося фильтра

Изложение основного материала. Предлагаемая установка (рис. 2) достаточно проста в изготовлении и не требует больших финансовых вложений. Она может быть модернизирована по усмотрению судовладельца с учетом возрастающих требований к очистке балластных вод. Благодаря своей оригинальной конструкции и использованию современных технологий и материалов удалось полностью обеспечить уровень требований по D-2.

В установке впервые в мировой практике используются хиреагенты хелат железа с лигандом и щадящий гипохлорит (подача, позиция 2, рис. 2), хорошо зарекомендовавшие себя в уничтожении моллюсков в растениеводстве.

Применение углеродных нанодисков в саморазгружающемся фильтре (рис. 5), которые ранее прошли успешные испытания в опреснении морской воды, гарантировано обеспечат высокий уровень фильтрации балластных вод. Фильтр применяется для фильтрования мелкодисперсных суспензий. Состоит из корпуса, в котором на подшипниках закреплён полый вал с перфорированными дисками, соединёнными с полостью вала (рис. 4); на поверхности дисков закреплена с помощью хомутов фильтровальная ткань. Во время фильтрования вал с дисками неподвижен, фильтрат проходит через фильтровальную перегородку внутри дисков, далее в полый вал и выводится сверху. Слой осадка образуется на верхней и нижней поверхности дисков. После окончания фильтрования суспензия сливается, внутрь вала и дисков подаётся промывная жидкость, а вал с дисками приводится во вращение электроприводом. За счёт центробежных сил осадок сбрасывается с дисков и выгружается из нижней части фильтра. Затем циклы фильтрования и промывки повторя-

ются. Достоинство представленного фильтра: автоматическая выгрузка осадка – «саморазгрузка».

Также удалось улучшить работу блока УФ (рис. 3), найдя оригинальное конструкторское решение в установке пучка ламп и их автоматизированной очистке от налета отложений морской балластной воды, что значительно повышает эффективность их работы.

Главные выводы. Авторами приведена принципиальная схема установки для очистки балластных вод морских судов, включая наглядные «пособия» конструктивных её частей. Впервые предложенная система очистки балластных вод преимущественно обеспечит высокий уровень уничтожения чужеродных инвазивных видов, включая и индикаторные микробы, как стандарт здоровья человека. Последний аргумент сопряжён с требованиями ИМО (D-2). Авторы предлагаемой конструкции в первую очередь ссылаются на надёжность, качество и удешевление процесса обработки балластных вод. Таковая концепция достигается применением самых современных фильтрующих материалов (выращенные углеродные трубки), акцентируя внимание на всевозрастающий опыт и спрос нанотехнологий.

Перспективы использования результатов исследования. В работе дана принципиальная схема установки, которая может быть принята судоремонтным заводом морехозяйственного комплекса Украины для её детализации и привязки к конкретным типам морских судов, что обеспечит создание отечественной индустрии по производству современных украинских очистных установок балластных вод. Предлагаемая технология под силу компании СJS и др. для изготовления саморазгружающегося фильтра.

Литература

1. Судовладельцам могут дать еще пару лет на модернизацию судов под новые требования о балластных водах. URL: <https://cfts.org.ua/neys/2017/06/29/sudovladeltsam>. (дата обращения: 29.06.2017).
2. Водяницкая С., Павлович Н. Методы деконтаминации судовых балластных вод дезинфекционным средством «Биопаг – Д». *Медицинский вестник Юга России*. 2017. № 1. С. 39–43.
3. Станция очистки балластных вод (BWTS). URL: www.marinetec.com (дата обращения: 19.03.2017).
4. Система Альфа Лаваль Pure Ballast 3.1 – наиболее популярная среди заказчиков система обеззараживания больших объемов балластных вод. URL: www.alfalaval.com/marine Система Pure Ballast3.0. (дата обращения: 26.01.2018).
5. Ильичёвский судоремонтный завод провел первую модернизацию балластной системы судна по современным стандартам. URL: <https://traffic.od.ua/news/fleet/1212679> (дата обращения: 18.03.2019).