

УДК 378.147.88

DOI: 10.37890/jwt.vi76.394

Имитационно-лабораторные исследования методов очистки балластных вод

М.Н. Покусаев

А.А. Хмельницкая

К.Е. Хмельницкий

П.Н. Голубец

Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

Аннотация. В статье описан процесс проектирования и сборки учебно-лабораторного стенда «Методы очистки балластных вод», который планируется использовать для проведения лабораторных (практических) работ по дисциплинам «Экология» и «Судовое оборудование и процедуры предотвращения загрязнения окружающей среды» для морских специальностей.

Требования к знаниям выпускников морских специальностей очень высоки и должны быть достаточно глубокими в области охраны окружающей среды. Наличие практических и лабораторных занятий на специализированном оборудовании позволяет повысить качество подготовки обучающихся, при этом соблюдается основная цель международной конвенции о подготовке, дипломировании моряков и несении вахты (ПДНВ-78), чтобы все суда были укомплектованы экипажами в необходимом объеме, при этом, экипаж судна должен иметь высокий уровень квалификации и пройти соответствующую теоретическую и практическую подготовку для качественного выполнения своих обязанностей.

Ключевые слова: балластные воды, очистка балластных вод, защита окружающей среды, предотвращение загрязнения моря, экологические проблемы, Международная конвенция по контролю и обработке судового водяного балласта и осадков и управлению ими 2004 года.

Simulation and laboratory studies of ballast water purification methods

Mikhail. N. Pokusaev

Anastasia. A. Khmel'nitskaya

Konstantin. E. Khmel'nitsky

Pavel N. Golubets

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract. The article describes the process of designing and assembling an educational and laboratory stand "Ballast water treatment methods", which is planned to be used for laboratory (practical) work in the disciplines "Ecology" and "Ship equipment and environmental pollution prevention procedures" for marine specialties.

The knowledge requirements for graduates of marine specialties are very high and should be sufficiently deep in the field of environmental protection. The availability of practical and laboratory classes on specialized equipment makes it possible to improve the quality of students training, while observing the main purpose of the International Convention on Training, Certification of seafarers and watchkeeping (STCW-78), so that all ships are manned to the required extent, while the ship crew must have a high level of qualification and pass the appropriate theoretical and practical training for the high-quality performance of their duties.

Keywords: ballast water, ballast water treatment, environmental protection, marine pollution prevention, environmental problems, International Ballast Water Management Convention 2004

Введение

В настоящее время Международная морская организация (ИМО) уделяет огромное внимание вопросам экологии и защите окружающей среды. Впервые вопросы, связанные со сбросом балластных вод и перевозимых с ней микроорганизмами [1], были озвучены еще в 1991 году, когда была принята резолюция МЕРС. 50(31) от 04 июля 1991 года. В этой резолюции уже были прописаны механизмы по управлению балластными водами, а именно регистрация балласта, смена балласта и другие процедуры. Далее появились резолюции А.774(18) от 04 ноября 1993 года и А.868(20) от 27 ноября 1997 года. Все эти резолюции были направлены на контроль балластных вод и имели только рекомендательный характер. И только 13-го февраля 2004 года была принята Международная конвенция по управлению балластными водами (International Ballast Water Management Convention 2004). Конвенция вступила в силу лишь 8-го сентября 2017 года, когда набралось необходимое количество подписей. Тридцать стран присоединились к Конвенции, набрав 35 процентов всего мирового тоннажа. Суть данной конвенции заключалась в следующем: исключить попадание инвазивных микроорганизмов из одного региона в другой. Основывается это на двух основных правилах: D1 и D2. Правило D1 подразумевает смену балласта во время рейса, D2 – использование, установленной на судне системы очистки балластных вод [2]. Смена балласта, особенно для судов, имеющих большой объем балластных вод, может занимать несколько суток. Простой судна – это колоссальные потери для судовладельцев. Поэтому все больше судов оборудуются установками очистки балластных вод [3].

Суда, осуществляющие управление балластными водами [2] в соответствии с правилом D2, сбрасывают на 1 куб. м менее 10 жизнеспособных организмов размерами более 50 мкм и на 1 мл менее 10 жизнеспособных организмов размерами менее 50 мкм и более 10 мкм. При этом сброс индикаторных микробов не превышает установленных концентраций, описанных ниже:

1. Токсигенный вибрион холеры (O1 и O139) с менее чем 1 колониеобразующей единицей (КОЕ) на 100 мл, или менее 1 КОЕ на 1 грамм сырого веса образцов зоопланктона;
2. кишечную палочку – менее 250 КОЕ на 100 мл;
3. кишечные энтерококки – менее 100 КОЕ на 100 мл.

В настоящее время существуют следующие методы очистки балластных вод: механический, физический, химический и биологический. Суть механического метода заключается в использовании фильтров и мультигидроциклонов. В физическом методе очистки используют обработку ультрафиолетом, обработку ультразвуком, электролиз, озонирование, нагревание. В химическом используют электрохлорирование, обработку диоксидом хлора, обработку перексидом водорода, обработку гипохлоритом натрия, обработку хлорной кислотой. Биологический метод заключается в добавлении в балластную воду хищных или паразитных организмов с целью уничтожения вредных микроорганизмов [4, 5, 6] .

Наибольшее распространение получили установки, использующие физические и химические методы очистки. На судах река-море чаще всего используют установки очистки балластных вод, в которых применяют ультрафиолетовое излучение, т.к. данное оборудование имеет менее габаритные размеры, что облегчает интеграцию оборудования в балластную систему. [3,7]

Эксплуатация установок очистки балластных вод, обслуживание и при необходимости ремонт – это задача экипажа судна. Все оборудование устанавливается и эксплуатируется в соответствии с требованиями производителя. Экипаж в свою

очередь обязан обладать необходимой компетенцией [8,9, 10] и определенными навыками, полученными в процессе обучения.

Проведя анализ имеющихся на рынке учебных стендов для лабораторий профильных учебных заведений, было выявлено, что учебные установки очистки балластных вод в готовом виде отсутствуют, а изготовление на заказ требует значительных вложений, порядка 700 000 рублей. В процессе изучения данной темы было решено рассчитать и спроектировать подобный учебный стенд, используя меньшие затраты.

Проанализировав доступные на рынке системы обработки балласта, одобренные ИМО, сделали следующий вывод о том, что в комплексе механической фильтрации преобладающей технологией очистки является использование фильтров за счет их быстрой работы, размеров и простоты их эксплуатации и замены. Также следует еще отметить, что такие способы дезинфекции, как использование физического метода обработки ультрафиолетовыми волнами или химического метода хлорирования, являются в настоящее время наиболее востребованными.

Физический метод обработки балластных вод ультрафиолетовым излучением используются в следующих разработках: «GloEn-Patrol™ Ballast», «Compact Clean», «Lees Green», «Resource Ballast Technologies», «Desmi», «HydeMarine», «AquaTriComb».

Химический метод обработки балластных вод процессом хлорирования используется следующими разработчиками: «Hyundai Heavy Industries», «Blue Ocean Shield», «Ecochlor»; «OceanSaver»; «RWO».

Таким образом, методы обработки ультрафиолетовым облучением и фильтрование получили большое распространение за счет их максимальной безопасности для членов экипажа судна и судовых конструкций, высокой производительности и возможности интегрирования на суда смешанного района плавания при небольшой занимаемой площади и потребляемой мощности, без значительных конструктивных воздействий на корпус и судовые системы судна.

Используя основные принципы работы и устройство систем обработки балластных вод, авторами были разработаны монтажная и электрическая принципиальные схемы учебно-лабораторного стенда «Методы очистки балластных вод», приведены на рисунках 1 и 2.

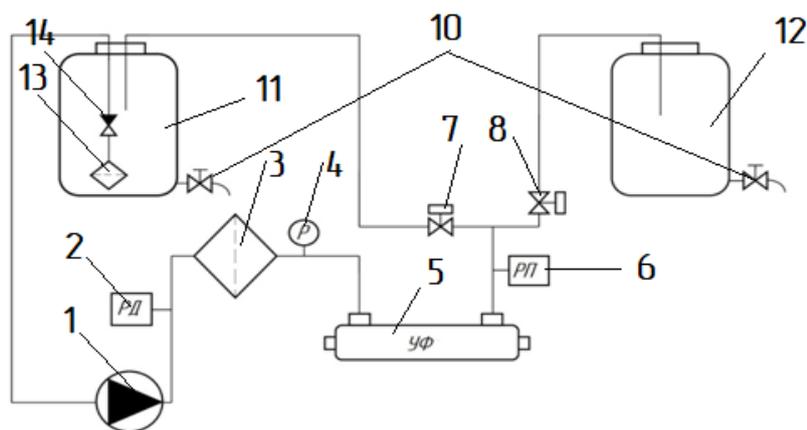


Рис. 1. Принципиальная схема учебного стенда. 1-вихревой насос, 2- реле давления, 3-сетчатый фильтр, 4-манометр, 5-УФ-реактор, 6-реле потока, 7-электромагнитный клапан №1, 8- электромагнитный клапан №2, 9-панель управления, 10-краны для отбора проб, 11-бак для необработанной воды, 12-бак для обработанной воды, 13-приемный фильтр, 14-обратный клапан

Элементы электрической схемы панели управления монтируются проводом сечением 1,5 мм² с использованием кабельных наконечников. Электрическая схема представлена на рис. 2.

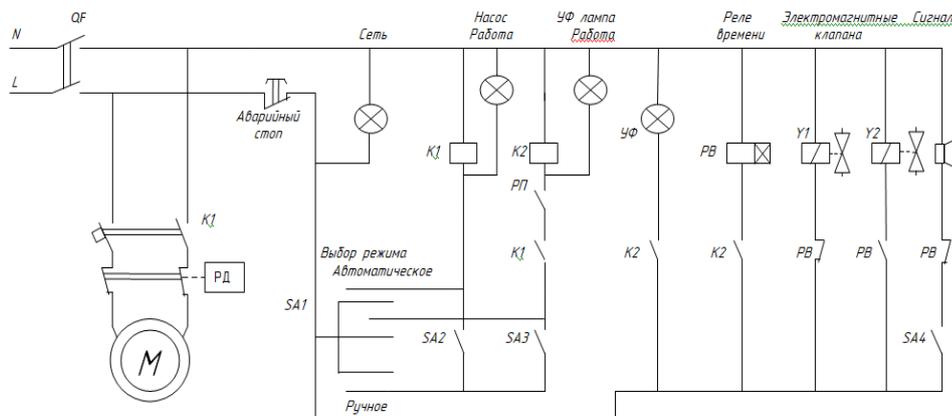


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема учебного стенда. QF-автоматический выключатель, РД - реле давления, SA1 – тумблер выбора режима работы, SA2 – тумблер включения насоса, SA3 – тумблер включения УФ-реактора, SA4 – тумблер отключения сигнала ошибки, K1-контактор управления насосом, K2-контактор управления УФ-реактором, PB-реле времени, Y1-электромагнитный клапан №1, Y2- электромагнитный клапан №2, УФ-ультрафиолетовый реактор

Проанализировав наличие и цены у имеющихся в Астраханской области поставщиков, было принято решение, что самым оптимальным вариантом является закупка комплектующих на интернет площадке «Озон».

Капитальные вложения $K_{пр}$ на создание лабораторного стенда включают в себя расходы на приобретение оборудования, слесарные и сварочные работы, расходы на крепеж и другие дополнительные расходы:

$$K_{пр} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4;$$

где K_1 - стоимость устанавливаемого оборудования или затраты на его изготовление, включая проектирование;

K_2 – затраты на монтаж устанавливаемого оборудования (10% от K_1);

K_3 – транспортные расходы (5% от K_1);

K_4 - дополнительные расходы.

Капитальные вложения на создание учебно-лабораторного стенда включают в себя расходы на приобретение оборудования, слесарные и сварочные работы, расходы на крепеж и другие дополнительные расходы.

В таблице 1 представлены все необходимые комплектующие для сборки учебно-лабораторного стенда.

Таблица 1.

Перечень закупленного оборудования

№	Наименование	Кол-во, шт	Страна производства	Дата закупки	Цена, руб
1	Насос вихревой DEKO	1	Китай	18.04.2023	1704
2	Фильтр магистральный	1	Россия	17.04.2023	493
3	Картридж фильтра	1	Россия	19.04.2023	375
4	УФ-реактор Waterstry	1	Китай	19.04.2023	6659
5	Реле потока Vodotok	1	Китай	22.04.2023	530
6	Реле давления AquaMotor	1	Китай	19.04.2023	544

7	Электромагнитный клапан Arma Control	2	Китай	19.04.2023	2*871
8	Емкость для воды	2	Россия	25.04.2023	2*700
9	Щит монтажный ЦМПИ	1	Россия	26.04.2023	685
10	Автоматический выключатель DEKraft	1	Россия	26.04.2023	365
11	Контактор EKF	2	Китай	26.04.2023	2*365
12	Манометр Vieir	1	Россия	25.04.2023	320
13	Реле времени TDM PB2A	1	Китай	04.05.2023	588
14	Разъем для реле времени	1	Китай	04.05.2023	174
15	Регулятор мощности	1	Китай	18.04.2023	216
16	Тумблер однополюсный	3	Китай	21.04.2023	3*138
17	Тумблер двухполюсный	1	Китай	26.04.2023	176
18	Лампа индикаторная TDM	3	Китай	26.04.2023	3*177
19	Сигнализатор TDM	1	Китай	26.04.2023	378
20	Кнопка «аварийный стоп»	1	Китай	26.04.2023	269
21	Муфта разборная 25x1», наружная резьба	2	Россия	25.04.2023	2*200
22	Муфта разборная 25x1/2», наружная резьба	2	Россия	25.04.2023	2*195
23	Муфта разборная 25x3/4», внутренняя резьба	3	Россия	25.04.2023	3*180
24	Муфта неразборная 25x1/2», внутренняя резьба	1	Россия	25.04.2023	55
25	Муфта неразборная 25x3/4», внутренняя резьба	2	Россия	25.04.2023	2*75
26	Муфта неразборная 25x3/4», наружная резьба	1	Россия	25.04.2023	100
27	Обратный клапан 3/4	1	Россия	25.04.2023	310
28	Фильтр обратного клапана	1	Россия	25.04.2023	50
29	Тройник 25x1/2x25 наружная резьба	1	Россия	25.04.2023	85
30	Тройник 25x1/2x25 внутренняя резьба	1	Россия	25.04.2023	80
31	Переход 1/2x1/4	2	Россия	25.04.2023	2*90
32	Тройник 25x25x25	1	Россия	25.04.2023	15
33	Угол 90/25	13	Россия	25.04.2023	13*12
34	Крепления 25	3	Россия	25.04.2023	3*6
35	Труба 25 полипропиленовая	5м	Россия	25.04.2023	5*85
36	Кабель 3x1,5	5м	Россия	25.04.2023	5*75
37	Провод монтажный 1x1,5	3м	Россия	25.04.2023	3*25
38	Провод заземления 1x2,5	2м	Россия	25.04.2023	2*25
39	Защитный поддон	1	Россия	25.04.2023	200
40	Лента уплотнительная (ФУМ)	1	Россия	25.04.2023	100
41	Экспресс тест DipSlide	1	Россия	03.05.2023	885
ИТОГО:					22932

Согласно таблице 1 общая стоимость комплектующих составила 22 932 рубля.
Следовательно:

$$K_1 = 22\,932 \text{ руб.}$$

$$K_2 = 22932 * 10\% = 2293,2 \text{ руб.}$$

$$K_3 = 22932 * 5\% = 1146,6 \text{ руб.}$$

$$K_4 = 0.$$

Отсюда капитальные расходы составят:

$$K_{\text{пр}} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 = 22932 + 2293,2 + 1146,6 + 0 = 26\,371,8 \text{ руб.}$$

Таким образом на изготовление данного лабораторного стенда было затрачено 26 371,8 рублей, что значительно ниже заявленной стоимости производителей лабораторного оборудования.

Учебный стенд предназначен для ознакомления обучающихся с методами обработки балластных вод. В данной установке используются два метода обработки: механическая (Фильтрация) и физическая (Обработка ультрафиолетом). Установки, использующие данные методы, устанавливаются на большинстве современных судов.

На сегодняшний день учебный стенд был апробирован на занятиях в рамках «Инженерной школы» 27.05.2023 года.

На рис. 3 представлен общий вид учебно-лабораторного стенда «Методы очистки балластных вод».



Рис. 3. Общий вид учебно-лабораторного стенда. 1-вихревой насос, 2- реле давления, 3-сетчатый фильтр, 4-манометр, 5-УФ-реактор, 6-реле потока, 7-электромагнитный клапан №1, 8- электромагнитный клапан №2, 9-панель управления, 10-краны для отбора проб, 11-бак для необработанной воды, 12-бак для обработанной воды

Принцип действия. Приготовление модельной загрязненной смеси: в водопроводную воду, были помещены живые бактерии препарата «Бифидумбактерин», приобретенный в аптеке, из расчета 5 ампул на 10 литров воды. В качестве модельной смеси можно использовать обычную речную воду. Отбираем пробу воды и проводим анализ «До» на выявление общего микробного числа. Для получения анализа мы использовали экспресс тесты компании «Биоконтроль», Россия, г. Казань (Рис 4).



Рис. 4. Экспресс тест «Биоконтроль»

Далее необработанная вода при помощи вихревого насоса подается на сетчатый фильтр. В процессе фильтрации отсеиваются крупные механические частицы и микроорганизмы, имеющие размеры, превышающие 50 мкм. После чего вода попадает в УФ-реактор, где происходит обработка воды ультрафиолетовым излучением. Ультрафиолет действует на микроорганизмы, разрушая их ДНК. Отбираем пробу воды и проводим анализ «После».

Порядок проведения анализа [11]

Как видно из рисунка 4 тест система представляет собой пластиковый носитель с нанесенной на него питательной средой, предназначенной для культивирования микроорганизмов и последующего подсчета количества колоний.

Порядок проведения анализа:

1. Открыть крышку пробирки и извлечь пластину, не касаясь агаровых поверхностей.
2. При анализе жидких проб полностью смочить агаровую пластину (посев следует проводить согласно ГОСТ ISO 11133-2016), дать избытку жидкости стечь и/или промокнуть пластину чистой фильтровальной бумагой.
3. Плотно закрыть крышку и поместить тест в место, защищенное от солнца.
4. Пробы необходимо инкубировать при 37°C до 18-20 часов в аэробных условиях. При комнатной температуре срок инкубации может увеличиться до 30-35 часов.
5. Для оценки результата использовать следующие данные:

Интерпретация результатов анализа

Определение общего микробного числа (ОМЧ). Большинство бактерий образуют колонии красного цвета. Число бактерий (колониеобразующие единицы на мл пробы, КОЕ/мл) определяется сравнением плотности колоний на приведенном рис.5. Если присутствуют бесцветные колонии, их тоже следует учитывать при оценке плотности роста.

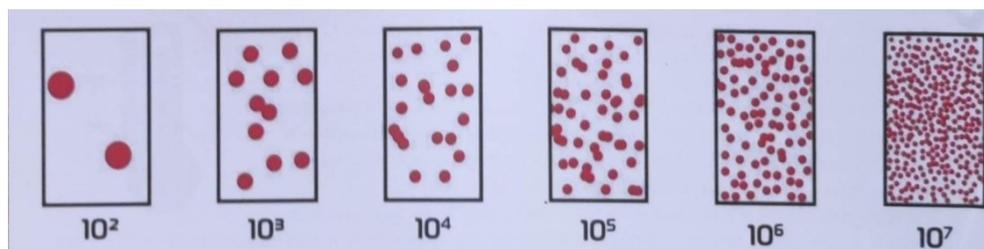


Рис.5. Шаблон для сравнения плотности колоний

В зависимости от количества микроорганизмов можно определить степень загрязненности (таблица 2).

Таблица 2

Интерпретация результатов анализа

Степень загрязненности	Количество микроорганизмов
Незначительная	10^2
Низкая	10^3
Средняя	10^4
Высокая	10^5
Очень высокая	10^6
Очень высокая	10^7

Согласно инструкции к данным экспресс тестам [3], получается, что «До» обработки в образце воды содержатся микроорганизмы, в количестве 150 КОЕ/мл, об этом свидетельствуют три ярко выраженные точки красного цвета на поверхности агаровой пластины теста (Рис 4). «После» обработки, в образце воды, данные микроорганизмы отсутствуют.

Таким образом, после очистки, с помощью данного учебно-лабораторного стенда, получается вода, очищенная от микроорганизмов, что подтверждает работоспособность данного учебно-лабораторного стенда.

Учебно-лабораторный стенд имеет два режима работы: автоматический и ручной. При включении автоматического режима работы все операции происходят в автоматическом режиме, следует лишь дожидаться отключения сигнализации, что говорит о том, что установка вышла на рабочие параметры и сделать отбор проб из емкости для обработанной воды. После, в отобранные пробы помещают тест полоски и, следуя инструкциям к экспресс тестам определяют значения ОМЧ до и после обработки.

При ручном режиме работы алгоритм выполнения работ следующий:

1. Включаем питание насоса. При работе насоса на контрольном манометре появится рабочее давление. После появления рабочего давления переходим ко второму шагу.
2. Включаем питание УФ- реактора. Сигнальная лампа на панели управления загорится синим цветом, что сигнализирует о том, что УФ- реактор включен.
3. После выдержки времени, необходимое для розжига УФ лампы и прохождения необработанной воды через байпасную линию обратно в емкость для неочищенной воды, сработают электромагнитные клапаны и одновременно закроют байпасную линию и откроют подачу к емкости с очищенной водой.

4. Вода, прошедшая через УФ-реактор, поступает в емкость для очищенной воды, которая имеет специальный кран для отбора проб. Необходимо набрать нужное количество проб и отключить установку.
5. Отключение установки происходит в обратном режиме, т.е. сначала отключаем питание на УФ-реактор, после отключения электромагнитные клапаны откроют байпасную линию и закроют линию ведущую к емкости с обработанной водой. После чего отключаем питание насоса и лабораторного стенда в целом. Сливаем оставшуюся в емкостях воду.
6. После определения ОМЧ в пробах до и после обработки и записи данных показаний лабораторная работа считается завершенной.

Заключение

Основная цель международной конвенции о подготовке, дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. с Манильскими поправками ПДНВ [2] заключается в том, чтобы все суда были укомплектованы экипажами в необходимом объеме, при этом, экипаж судна должен иметь высокий уровень квалификации и пройти соответствующую теоретическую и практическую подготовку для качественного выполнения своих обязанностей.

Так, для вахтенных механиков для осуществления функции «судовые механические установки на уровне эксплуатации» в сфере компетенции «эксплуатация систем топливных, смазочных, балластных и других насосных систем и связанных с ними систем управления» требуется обеспечить безопасность операций и избежание загрязнения морской среды. Для обеспечения функции «управление операциями судна и забота о людях на судне на уровне эксплуатации» требуются знания в сфере компетенции «обеспечение выполнения требований по предотвращению загрязнения». При этом, судовой механик должен знать: основные задачи для предотвращения загрязнения морской среды; меры предосторожности, которые необходимо принимать для предотвращения загрязнения морской среды; меры по борьбе с загрязнением и все связанное с этим оборудование; важность предупредительных мер по защите морской среды. Помимо практических знаний в области оборудования для предотвращения загрязнения окружающей среды и принципов его работы, судовой механик должен иметь знания в сфере компетенции «наблюдение за соблюдением требований законодательства» для профессионального начального рабочего знания соответствующих конвенций ИМО, касающихся охраны человеческой жизни на море и защиты морской среды.

Более глубокими знаниями в области экологии должны обладать вторые и старшие судовые механики, работающие на функции управления. Для выполнения функции «управление операциями судна и забота о людях на судне на уровне управления» они должны уметь производить наблюдение и контроль за выполнением требований законодательства и мер по обеспечению охраны человеческой жизни на море, охраны и защиты морской среды. Особое внимание при этом, должно быть уделено вопросам: вытекающие из Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов, с поправками; методам и средствам предотвращения загрязнения морской среды с судов.

Помимо судовых механиков, в области экологии должны иметь знания и электромеханики в сфере компетентности «применение мер предосторожности и содействие предотвращению загрязнения морской среды», в том числе знать: меры предосторожности, которые должны приниматься для предотвращения загрязнения морской среды; способы использования и эксплуатации оборудования/средств для борьбы с загрязнением; одобренные методы удаления загрязнителей моря.

Отсюда следует, что требования к знаниям выпускников морских специальностей очень высоки и должны быть достаточно глубокими в области охраны окружающей среды. Наличие практических и лабораторных занятий на специализированном оборудовании позволяет повысить качество подготовки обучающихся, повысить их профессиональные навыки, которые в последующем они смогут использовать на практике в процессах работы на судах, в технических службах компаний судовладельцев и т.д., как российских, так и международных.

Список литературы

1. Леонов В. Е. Балластные воды в судоходстве: глобальная экологическая проблема / В.Е. Леонов, Я.В. Ермоленко // Sciences of Europe. — 2016. — № 1(1). — С. 80–87.
2. Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими. / International Ballast Water Management Convention 2004 — СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2005. — 120 с.
3. Решняк В. И. Технология очистки и обеззараживания балластной воды / Решняк В. И., Каляуш А. И., Рочев Д. И. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология 2021. — № 1 – 2021. — с. 32-38
4. Андриюшечкин Ю. Н. Анализ методов и способов управления балластными водами судов / Ю. Н. Андриюшечкин, А. К. Гусев, Д. Ю. Столповский // European scientific conference: сборник статей IX Международной научно-практической конференции: в 2 ч. — Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. — Ч. 1. — С. 107–110.
5. Горбов В. М. Анализ технико-экономических показателей при выборе систем обработки балласта / В. М. Горбов, В. С. Митенкова // Морський та річковий транспорт. — 2014. — № 2 (11). — С. 28–38.
6. Мизгирев Д. С. Современные способы и системы обработки судовых балластных вод / Д. С. Мизгирев, А. С. Курников // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. — 2013. — № 37. — С. 190–198.
7. Коперчак О.П. Проблема балластных вод морского судна. Методы ее решения // Вестник науки: №11 (20) том 4. – 2019 г. – С. 143 - 146.
8. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ) кн. 111, пересм. изд. — СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2012.
9. Руководство по применению требований Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлению ими. 2004 г. (НД № 2-030101-030). — СПб, РМРС, 2015. — 105 с.
10. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года (ПДНВ-78) с поправками (консолидированный текст) / International Convention on standards of training, certification and watchkeeping for seafarers, 1978 (STCW 1978), AS AMENDED (consolidated text) / М-во транспорта Рос. Федерации; отв. За вып. В.Я. Васильев. — СПб.: ЦНИИМФ, 2016. — 823 с.
11. Инструкция по применению дипслайдов «Биоконтроль» на ОМЧ./ООО «Биоконтроль ГР» /- Казань, 2023 – 2 с.

References

1. Leonov V. E. Ballastnye vody v sudokhodstve: global'naya ehkologicheskaya problema / V.E. Leonov, YA.V. Ermolenko // Sciences of Europe. — 2016. — № 1(1). — S. 80–87.
2. Mezhdunarodnaya konventsiya o kontrole sudovykh ballastnykh vod i osadkov i upravlenii imi. / International Ballast Water Management Convention 2004 — SPb.: ZAO TSNIIMF, 2005. — 120 s.
3. Reshnyak V. I. Tekhnologiya ochistki i obezrazhivaniya ballastnoi vody / Reshnyak V. I., Kalyaush A. I., Rochev D. I. // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya 2021. — № 1 – 2021. — s. 32-38
4. Andryushechkin YU. N. Analiz metodov i sposobov upravleniya ballastnymi vodami sudov / YU. N. Andryushechkin, A. K. Gusev, D. YU. Stolpovskii // European scientific conference: sbornik statei IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: v 2 ch. — Penza: MTSNS «Nauka i ProsveshcheniE», 2018. — CH. 1. — S. 107–110.

5. Gorbov V. M. Analiz tekhniko-ehkonomicheskikh pokazatelei pri vybore sistem obrabotki ballasta / V. M. Gorbov, V. S. Mitenkova // Mors'kii ta richkovii transport. — 2014. — № 2 (11). — S. 28–38.
6. Mizgirev D. S. Sovremennye sposoby i sistemy obrabotki sudovykh ballastnykh vod / D. S. Mizgirev, A. S. Kurnikov // Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta. — 2013. — № 37. — S. 190–198.
7. Koperchak O.P. Problema ballastnykh vod morskogo sudna. Metody ee resheniya // Vestnik nauki: №11 (20) tom 4. — 2019 g. — S. 143 - 146.
8. Mezhdunarodnaya konventsia po predotvrashcheniyu zagryazneniya s sudov (MARPOL) kn. 111, pereem. izd.— SPb.: ZAO TSNIIMF, 2012.
9. Rukovodstvo po primeneniyu trebovaniy Mezhdunarodnoi konventsii o kontrole sudovykh ballastnykh vod i osadkov i upravleniyu imi.2004 g. (ND № 2-030101-030). — SPb, RMRS, 2015. — 105 s.
10. Mezhdunarodnaya konventsia o podgotovke i diplomirovanii moryakov i nesanii vakhty 1978 goda (PDNV-78) s popravkami (konsolidirovannyi tekst) / International Convention on standards of training, certification and watchkeeping for seafarers, 1978 (STCW 1978), AS AMENDED (consolidated text) / M-vo transporta Ros. Federatsii; otv. Za vyp. V.YA. Vasil'ev. — SPb.: TSNIIMF, 2016. — 823 s.
11. Instruksiya po primeneniyu diplaidov «Biokontrol'» na OMCH./OOO «Biokontrol' GR» /-Kazan', 2023 – 2 s.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Покусаев Михаил Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Эксплуатация водного транспорта», Астраханский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «АГТУ»), 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: evt2006@rambler.ru

Mikhail N. Pokusaev, Doctor of technical Sciences, Professor, head of the Department «Operation of water transport», Astrakhan State Technical University; 414056, Astrakhan, Tatishcheva str., 16; evt2006@rambler.ru

Хмельницкая Анастасия Александровна, кандидат технических наук; доцент кафедры эксплуатации водного транспорта и промышленного рыболовства; Астраханский государственный технический университет; 414056, Астрахань, ул. Татищева, 16; evt2006@rambler.ru

Anastasia A. Khmel'nitskaya, Candidate of Technical Sciences; Docent of the Department of Operation of Water Transport and industrial fishing; Astrakhan State Technical University; 414056, Astrakhan, Tatishcheva str., 16; evt2006@rambler.ru

Хмельницкий Константин Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации водного транспорта и промышленного рыболовства; Астраханский государственный технический университет; 414056, Астрахань, ул. Татищева, 16; chuchera80@mail.ru

Konstantin E. Khmel'nitsky, Candidate of Technical Sciences; Docent of the Department of Water Transport Operation and industrial fishing; Astrakhan State Technical University; 414056, Astrakhan, 16 Tatishcheva str.; chuchera80@mail.ru

Голубец Павел Николаевич, студент кафедры эксплуатации водного транспорта и промышленного рыболовства; Астраханский государственный технический университет; 414056, Астрахань, ул. Татищева, 16; eto_golubets@mail.ru

Pavel N. Golubets, student of the Department of Water Transport Operation and industrial fishing; Astrakhan State Technical University; 414056, Astrakhan, Tatishcheva str., 16; eto_golubets@mail.ru

Статья поступила в редакцию 01.06.2023; опубликована онлайн 20.09.2023.
Received 01.06.2023; published online 20.09.2023.