

## АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ВЫБОРЕ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ БАЛЛАСТА

*Горбов В.М., Митенкова В.С.*

*Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев*

*В данной статье выполнен анализ технико-экономических показателей, определяющих эффективность оборудования обработки балластных вод. Основной целью исследования являлось обоснование характеристик, необходимых для рационального выбора установок бортовой обработки балласта при проектировании новых судов или модернизации существующих. Учитывая многообразие доступных на рынке установок очистки балласта, для окончательного проектного решения необходимо использовать методы технико-экономического и статистического анализа большого количества показателей. В статье приведены качественные параметры, которые необходимо учитывать при выборе технологических схем обработки. Были определены диапазоны изменения массогабаритных показателей, значений потребляемой установками мощности, капитальных и эксплуатационных затрат. Выделены основные возможные факторы негативного воздействия на окружающую среду и безопасность экипажа со стороны оборудования обработки балласта. Анализ этих параметров даст возможность обосновывать рациональные технические решения на стадии концептуального проектирования судов и разработать комплексный показатель эффективности установок обработки балласта.*

**Ключевые слова:** *обработка балласта, технико-экономические показатели, потребляемая мощность, массогабаритные характеристики, ультрафиолетовая обработка, электролиз, фильтрация, хлорирование.*

**Постановка проблемы.** Возникающее вследствие перемещения балласта из одной области в другую «биологическое загрязнение» (инвазия), может привести к бесконтрольному размножению чужеродных видов морских организмов, вызвать угнетение или вытеснение местных видов, распространение болезней и паразитов и другие проблемы [1, 2]. Международная морская организация (ИМО) в ответ на проблему приняла законодательные ограничения, направленные на контроль и предотвращение загрязнения чужеродными организмами. Так, в 2004 г. ИМО была принята «Конвенция по контролю и управлению балластными водами и осадками» [2]. Согласно Конвенции с 2009 г. на всех судах должны приниматься меры для предотвращения загрязнения балластными водами путем их замены (стандарт D1) или обработки (стандарт D2). Изначально предусматривалось, что в период 2012–2017 гг. стандарт D2 вступит в силу для всех типов судов. Но из-за ряда сложностей, связанных с внедрением и использованием систем обработки балласта, эти требования пока не действуют повсеместно [3, 4]. Тем не менее, вопрос обработки балластных вод для предотвращения попадания чужеродных микроорганизмов с судов является достаточно **актуальным**, так же, как и рациональный выбор соответствующего оборудования при проектировании или модернизации судов.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Во многих странах проводятся исследования, связанные с технологиями бортовой обработки балластных вод. Достаточно много публикаций в данной области представлено классификационными обществами (DNV, ABS, GL и другими). Например, в отчете, представленном Американским бюро судостроения (ABS), проведен обзор и сравнение оборудования для обработки балласта разных производителей [5]. Подобное исследование с представлением обобщенных рекомендаций по выбору технологий очистки было представлено и Lloyd's Register [6]. Комплексные исследования по оценке эффективности технологии обработки балластных вод соединениями на основе хлора приведены в работах [7, 8]. Выбору рациональных характеристик установки, сочетающей технологии фильтрации и ультрафиолетовой дезинфекции, посвящена публикация [9]. Исследования технологий обработки балласта объёмным путем в балластных танках и электрохимическим способом представлены в работах [10] и [11], соответственно.

Комплексная оценка технико-экономических характеристик и обоснование рационального выбора оборудования для обработки балласта представлена в отчете [12]. Но в данной работе оборудование выбиралось для малых судов внутреннего района плавания в США, где требования к обработанному балласту гораздо жестче, чем требования «Конвенции по контролю и управлению балластными водами и осадками». Кроме того, большая часть рассматриваемых в работе вариантов имеет малую производительность и использует технологии, не предназначенные для применения на морских судах. В известных публикациях не уделялось достаточного внимания вопросам, связанным с комплексной оценкой технико-экономических параметров установок обработки балласта, предназначенных для использования на средних и больших судах.

**Цель статьи** – обоснование характеристик, определяющих эффективность различного оборудования обработки балластных вод, что даст возможность обосновать рациональные проектные решения при создании новых или модернизации действующих судов при использовании этих технологий.

**Изложение основного материала.** Длительное время на судах основным способом предотвращения загрязнения морской среды являлась замена балласта, которая заключалась в том, что перед заходом в порт проводилась замена в нейтральных водах не менее 95 % объема принятого балласта на «свежий».

Выделяют следующие методы его реализации [13, 14]:

- последовательная замена (включает осушение и наполнение цистерн несколько раз до достижения необходимой концентрации «свежего» балласта);
- проточный метод, при котором через балластные танки прокачивается трехкратный объем их содержимого (одновременно можно осуществлять прокачку только через одну пару симметрично расположенных танков левого и правого бортов или цистерны форпика и ахтерпика);
- разбавление балласта, которое используется в основном на танкерах, т.к. для его реализации на судне должны быть дополнительные трубопроводы и насосные установки (одновременно происходит прием балласта в танки с одного борта и сброс с другого).

Несмотря на простоту концепции, замена балласта является в ряде случаев энергозатратным и трудоемким способом и, что самое главное, признана ИМО недостаточно эффективной для предотвращения инвазии. Более предпочтительным является способ обработки забортной воды на судне, включающий механические, физические и химические методы [2, 3, 5].

В современных установках очистки балласта для достижения большей эффективности чаще всего используется сочетание этих методов. Для первой ступени обработки обычно применяют механические методы, далее могут использоваться физические, химические или комбинированные (рис. 1).

Из числа приведенных на рис. 1 методов ряд из них можно отнести к комбинированным, например, электрохлорирование (физико-химический), электромеханическая сепарация (физико-механический) и т.д. В установках обработки балластных вод применяются и другие технологии, хотя не столь широко, как вышеперечисленные.

Учитывая многообразие доступных на рынке установок очистки балласта, а также регулярное появление новых предложений, возникает вопрос выбора рационального решения при проектировании нового судна или модернизации уже эксплуатируемого. При этом ни одна система не является универсальной, подходящей для всех типов судов и условий эксплуатации, а вследствие непродолжительного использования существующих систем не накоплено достаточного опыта по обслуживанию подобного оборудования. В связи с этим выбору того или иного решения должен предшествовать тщательный технико-экономический анализ большого количества показателей.

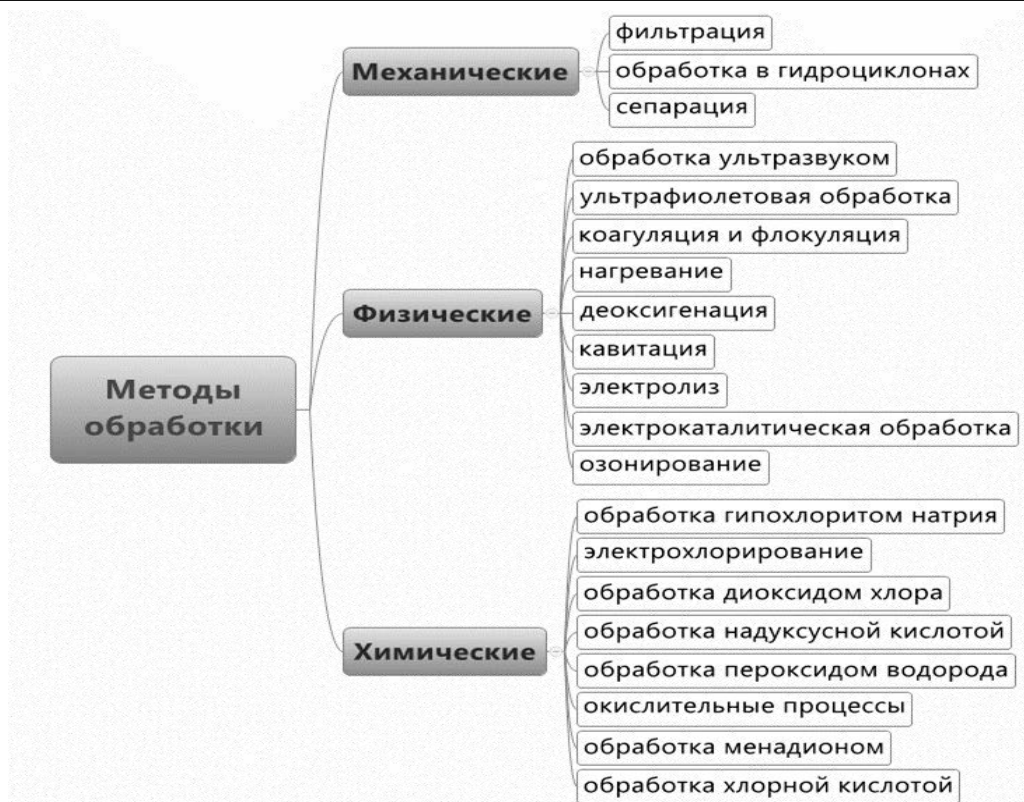


Рис. 1 – Классификация технологий обработки балластных вод

Балластная система, включая и оборудование для обработки заборной воды, является судовой системой и в качестве показателей ее качества можно использовать стандартные для судовых энергетических установок и трубопроводных систем технико-экономические характеристики [15, 16]:

- надежность;
- энергетическая эффективность;
- массогабаритные характеристики;
- экономические показатели;
- воздействие на окружающую среду и людей.

Ниже приведен развернутый анализ этих показателей применительно к оборудованию для обработки балласта на борту судна.

**Надежность.** Под надежностью понимается свойство объекта сохранять в течение установленного периода времени значения всех параметров, которые характеризуют способность выполнять определенные функции в заданных режимах и условиях использования [17]. Важнейшая функция систем обработки балласта – обеспечение заданного качества очистки балласта, отвечающего нормативным требованиям (международным или национальным, если они более жесткие). Соответствие этим требованиям подтверждается наличием специальных сертификатов. Применяемые технологии должны предварительно получить одобрение национальных администраций и/или классификационных обществ, а затем «Конвенции по контролю и управлению балластными водами и осадками».

Поскольку в большинстве установок обработка происходит в процессе приема заборной воды (проточным способом), производительность оборудования должна быть не меньше подачи балластных насосов. Время прохождения всего объема принимаемого балласта через установку не должно превышать установленную продолжительность проведения балластных и грузовых операций на судне. Производительность является одним из основных параметров при выборе очистного оборудования. Анализ данных показал, что на современных судах со значительной долей балласта от общей грузоподъемности его объем составляет в среднем от 18 до 65 тыс. м<sup>3</sup> для балкеров и от 6,5 до 95 тыс. м<sup>3</sup> для

танкеров. Для судов с относительно небольшим соотношением объема балласта к грузоподъемности эта величина составляет в среднем 3–20 тыс. м<sup>3</sup> для контейнеровозов и 3–11 тыс. м<sup>3</sup> для других типов судов. Подача установленных балластных насосов составляет в среднем 1300–3000 м<sup>3</sup>/ч для балкеров, 1100–5800 м<sup>3</sup>/ч для танкеров, 250–750 м<sup>3</sup>/ч для контейнеровозов и 250–600 м<sup>3</sup>/ч для других типов грузовых и пассажирских судов [2]. Подробнее эти данные представлены на рис. 2 и рис. 3.

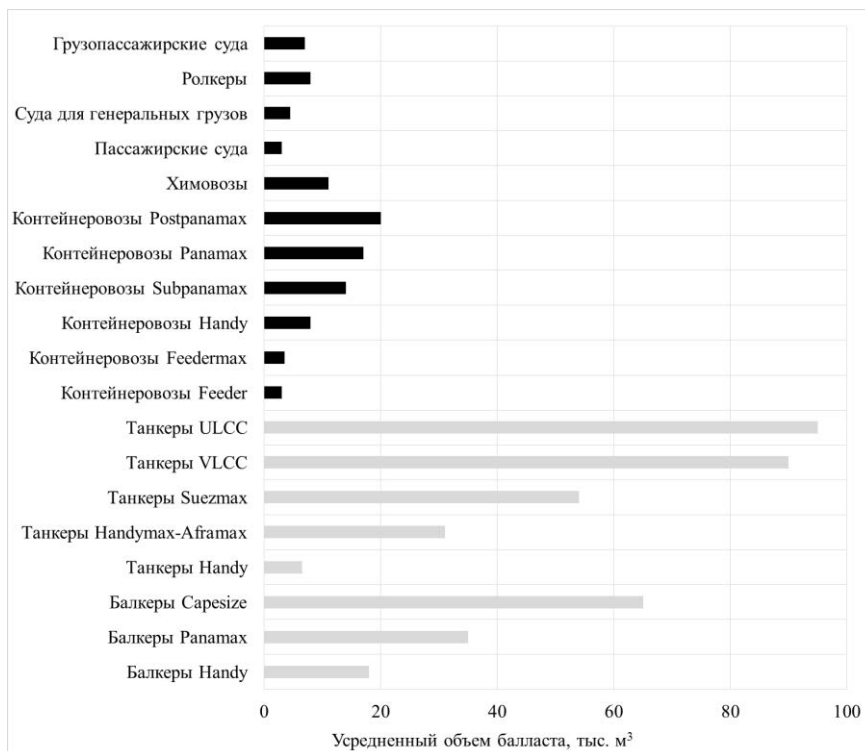


Рис. 2 – Репрезентативные значения объема балластных вод для судов с высокой и низкой долей балласта от общей грузоподъемности (обозначены серым и черными цветами, соответственно)

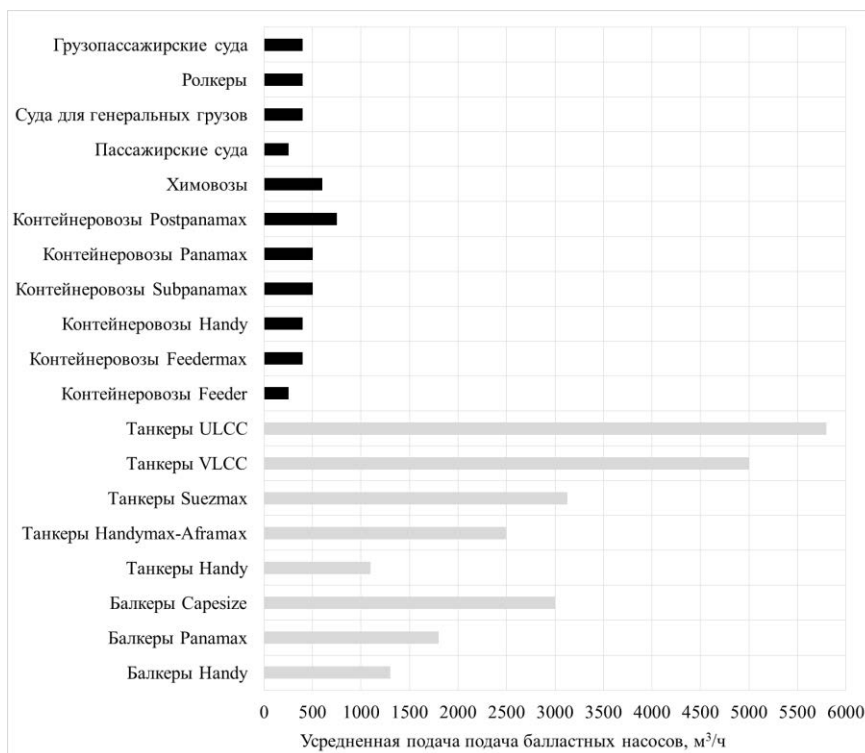


Рис. 3 – Репрезентативные значения подачи балластных насосов для судов с высокой и низкой долей балласта от общей грузоподъемности (обозначены серым и черными цветами, соответственно)

Анализ информации об установках обработки балласта показал, что на сегодняшний день на рынке доступно оборудование производительностью до 10000 м<sup>3</sup>/ч. Для большинства сертифицированных установок эта величина не превышает 6000 м<sup>3</sup>/ч, что соответствует наибольшему усредненному значению подачи балластных насосов (рис. 3). Для обработки балласта широко применяются физико-механические технологии (фильтрация + ультрафиолетовая обработка, фильтрация + электролиз). Данные по производительности таких сертифицированных установок представлены на рис. 4.

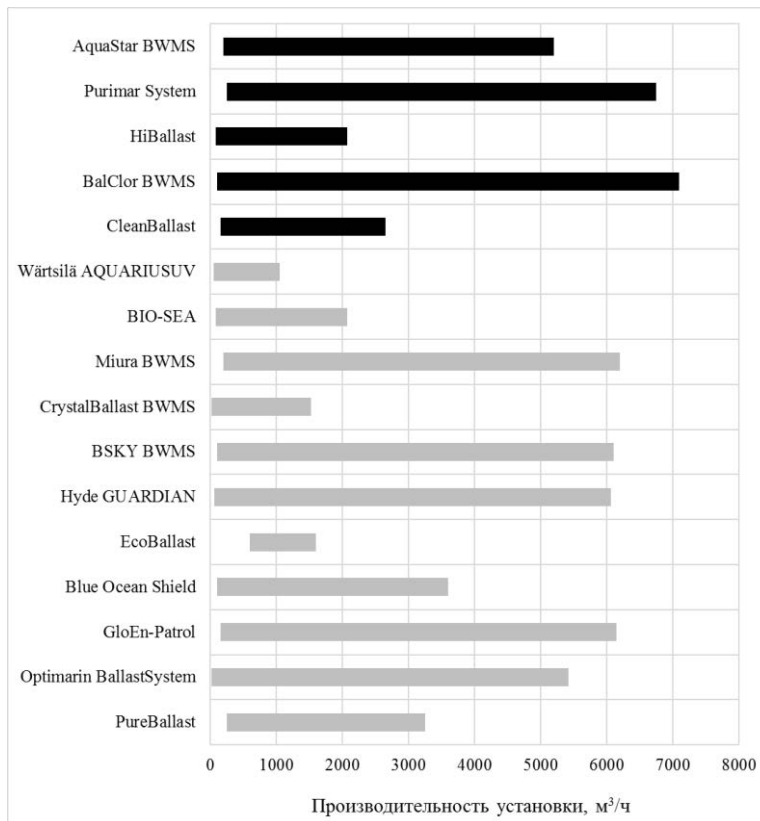


Рис. 4 – Диапазон производительности установок обработки балласта, использующих технологии (фильтрация + электролиз и фильтрация + ультрафиолетовая дезинфекция) (обозначены черным и серым цветами, соответственно)

После определения требуемой производительности установки обработки балласта на следующем этапе выбираются технологии, применяемые в современном оборудовании. Здесь следует обратить внимание на такие показатели, как особенность проведения процесса обработки (при приеме или сбросе балласта, объемным или проточным способом), время гибели живых организмов, коррозионное воздействие [2]. Сравнение этих показателей для технологий обработки балласта, получивших сегодня наибольшее распространение, представлено в табл. 1.

Применение фильтров для механической очистки балласта приводит к существенному увеличению потерь давления в системе. Габариты оборудования существенно увеличиваются с пропускной способностью, что при больших объемах балласта на судне вызовет проблемы с его размещением. Накопление осадков может вызывать проблемы в работе фильтров. Для эффективного протекания процесса деоксигенации в балластных танках должна быть применена закрытая вентиляционная система для поддержания инертной среды (табл. 1). При использовании химических методов очистки перед сбросом балласта необходимо проводить его нейтрализацию для минимизации концентрации химически агрессивных веществ, или использовать в качестве биоцидов реагенты, которые за короткий срок разлагаются в воде на безопасные составляющие.

Таблица 1 – Характеристики методов обработки балласта

<i>Технология обработки</i>	<i>Характеристика процесса</i>	<i>Когда и как происходит обработка</i>	<i>Время поряжающего воздействия</i>	<i>Коррозионное воздействие</i>
Обработка хлором	Хлор и бром, являющиеся биоцидами, получают путем электролиза на борту судна. Перед сбросом балластные воды нейтрализуют сульфатом натрия	При приеме проточным способом, нейтрализация при сбросе	Несколько часов	Высокая концентрация вызывает коррозию стальных элементов
Обработка химическими реагентами	Балластные воды смешивают со специальными химическими веществами в строго дозированной концентрации для уничтожения живых организмов. В течении времени химические реагенты расщепляются, отсутствует необходимость в нейтрализации балласта	При приеме в процессе прохождение через эжектор (проточный способ)	24 ч	Высокая концентрация вызывает коррозию стальных элементов
Фильтрация и ультрафиолетовое облучение	Фильтрация принимаемой заборной воды обычно происходит в самоочищающихся фильтрах с пропускной способностью до 50 мкм. Балласт облучается ультрафиолетовыми лучами, что приводит к образованию гидроксильных радикалов, уничтожающих бактерии и микроорганизмы	При приеме для фильтрации и УФ- облучения, при сбросе для УФ- обработки	В процессе обработки	Не влияет
Деоксигенация	На борту судна в трубе Вентури происходит смешивание инертного газа и балластной воды (проточном способ) или барботирование в балластных танках (объемный способ). Это приводит к удалению кислорода и снижению рН воды, как следствие, к гибели микроорганизмов. Для нормального протекания процесса воздух заменяется инертным газом в свободном пространстве балластных танков	При приеме для одних систем (проточный способ) и в балластных танках для других (объемный способ)	4-6 дней	Относительно низкий коррозионный эффект
Озонирование	Озон получают на борту судна, он воздействует как биоцид. Пдача озона в смесительный эжектор происходит в процессе перекачке балластными насосами при приеме или сбросе заборной воды. Часто комбинируется с фильтрацией или другими методами обработки	При приеме для одних систем и при сбросе для других	до 15 ч	Ограниченное воздействие, т.к. в свободном состоянии озон существует недолго. При обработке перед сбросом воздействие отсутствует

**Энергетическая эффективность.** После выбора установки обработки балласта требуемой производительности с наличием необходимых сертификатов необходимо обратить внимание на дополнительные затраты энергии (косвенные и прямые). Косвенные – связаны с увеличением мощности приводов балластных насосов из-за дополнительных потерь давления, которые, в зависимости от применяемого оборудования, могут составлять от 0,1 до 1 бара [4]. Прямые затраты энергии могут быть достаточно существенными для некоторых физических методов обработки (электролиз, ультрафиолетовая обработка). Например, потребляемая мощность установок двухступенчатой обработки балласта The Hyde GUARDIAN® Ballast Water Treatment System (фильтрация + УФ-облучение) может составлять 300–600 кВт при производительности 4000–6000 м<sup>3</sup>/ч (рис. 5). Такие мощностные затраты могут привести к необходимости установки дополнительного стояночного дизель-генератора или замене существующего на более мощный (в 1,5–2 раза). При использовании некоторых технологий необходимая мощность может достигать 220 кВт на 1000 м<sup>3</sup>/ч производительности [2].

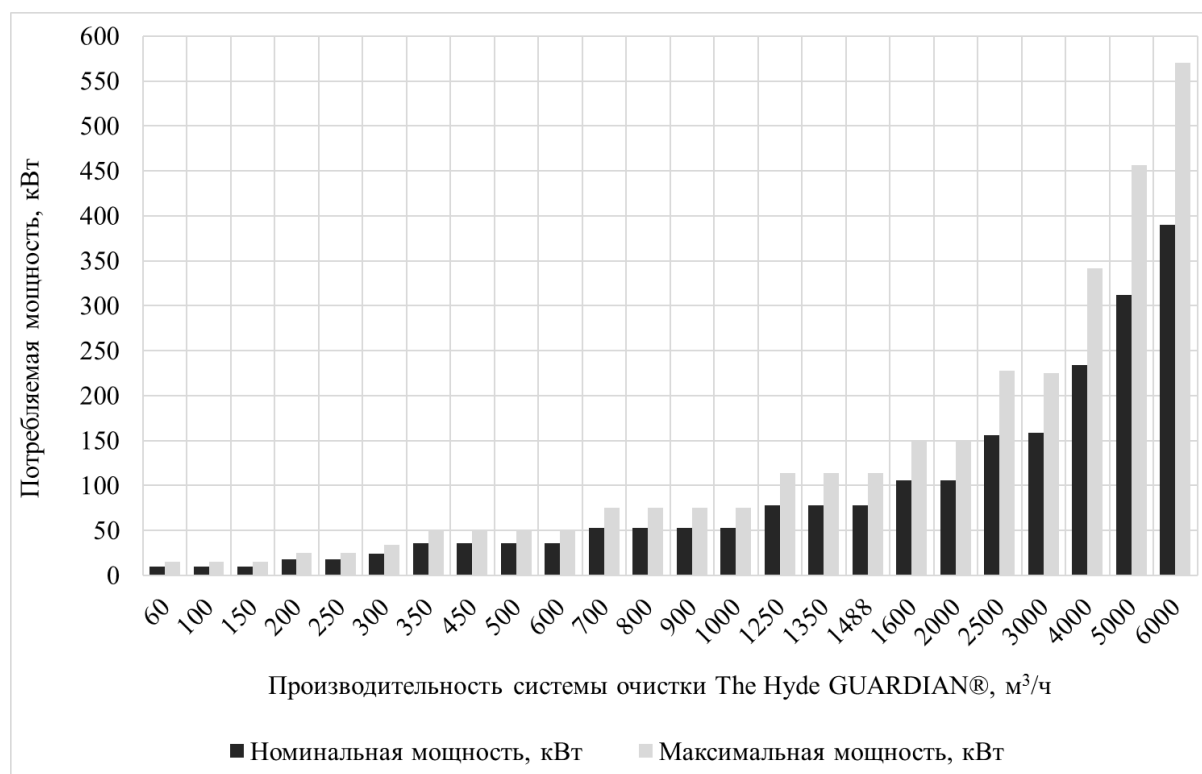


Рис. 5 – Зависимость потребляемой мощности от производительности системы обработки балласта с использованием технологий фильтрации и ультрафиолетового облучения

**Массогабаритные показатели** в условиях ограниченного пространства в на судне являются достаточно существенным критерием при окончательном выборе той или иной установки. К основным показателям этой группы можно отнести массу и площадь, занимаемую оборудованием. Например, для упомянутой выше установки The Hyde GUARDIAN® Ballast Water Treatment System сухая масса всего оборудования может достигать 8–20 т для высокопроизводительных моделей (рис. 6).

Анализ массогабаритных показателей оборудования для обработки балласта разных производителей показал, что полная площадь, занимаемая установкой в машинном отделении, составляет 0,3–30 м<sup>2</sup> при производительности 200 м<sup>3</sup>/ч и 1–145 м<sup>2</sup> при производительности 2000 м<sup>3</sup>/ч, усредненное же значение для установок указанной производительности составляет 7 и 21 м<sup>2</sup>, соответственно. Применяемые технологии существенно влияют на занимаемую площадь, например, это значение при производительности 200 м<sup>3</sup>/ч составляет 25 м<sup>2</sup> для оборудования компании ATG UV TECHNOLOGY (ультрафиолетовая обработка), 6,8 м<sup>2</sup> – для Ecochlor Inc (химическая

обработка соединениями хлора) и 3 м<sup>2</sup> – для Electricchlor Inc (электрохимическая обработка). Высота смонтированной установки также колеблется в широком диапазоне – от 1 до 20 м (усредненное значение составляет порядка 3 м).

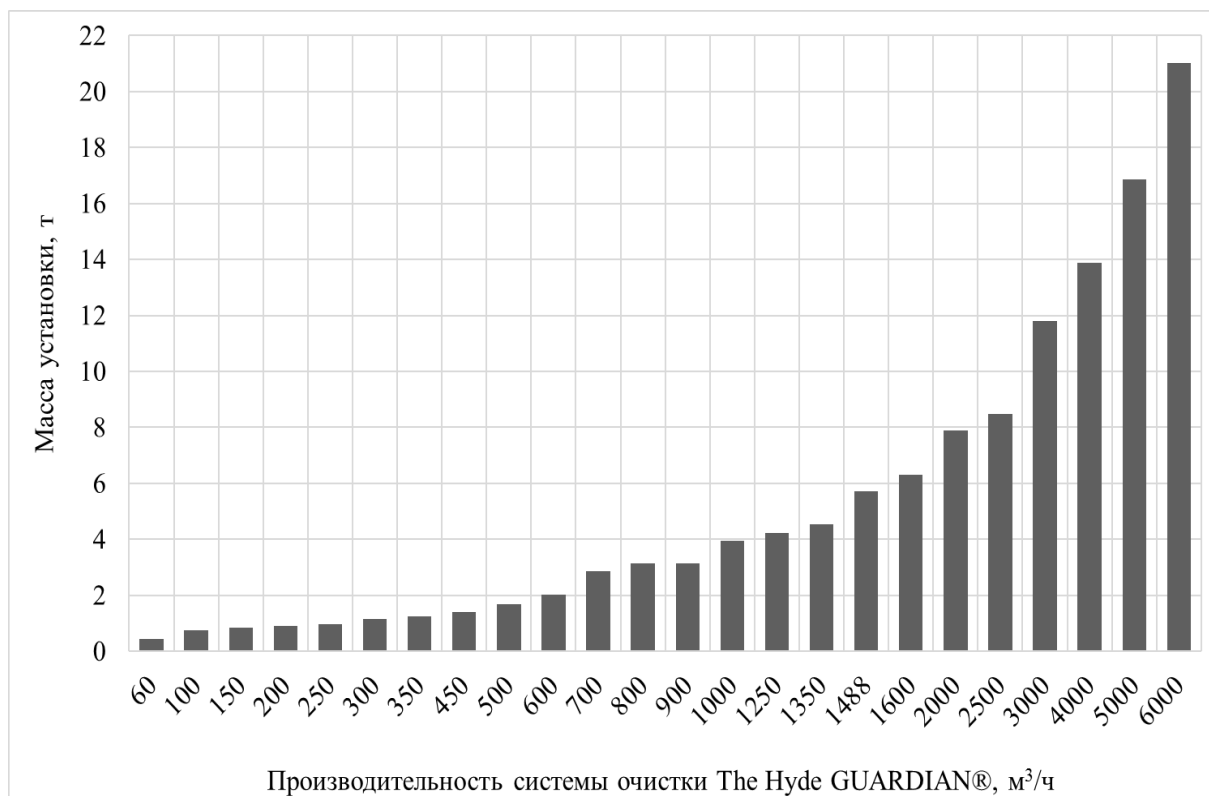


Рис. 6 – Зависимость массы оборудования от производительности системы обработки балласта с использованием технологии «фильтрация + ультрафиолетовое облучение»

Основными **экономическими показателями** являются капитальные и эксплуатационные затраты. Анализ данных, предоставляемых разными производителями, показал, что капитальные вложения колеблются в диапазоне 20–600 тыс. долл. США при производительности 200 м<sup>3</sup>/ч и 50–2000 тыс. долл. США при производительности 2000 м<sup>3</sup>/ч, усредненное же значение для установок указанной производительности составляет 281 и 863 тыс. долл. США, соответственно. Средние эксплуатационные затраты составляют 39 долл. США на 1000 м<sup>3</sup> обработанного балласта и, в зависимости от применяемых технологий, могут как отсутствовать, так и достигать 220 долл. США на каждые 1000 м<sup>3</sup> обработанного балласта.

**Показатели безопасности** особенно актуальны при использовании химических или физико-химических технологий обработки балласта в установках. Необходимо учитывать возможное негативное влияние на здоровье и жизни экипажа, в т.ч. и последствия ультразвукового воздействия или ультрафиолетового облучения при использовании соответствующих технологий. При выборе оборудования следует обратить внимание на его взрывобезопасность (особенно для танкеров или газовозов).

Если в установке используется химическая обработка, на судне хранится запас реагентов, которые могут представлять опасность для команды и/или окружающей среды. Некоторые вещества образуются непосредственно на судне в качестве побочных продуктов химических или электрохимических реакций. В этом случае команда должна пройти соответствующую подготовку по использованию и хранению таких веществ в судовых условиях.

В помещениях для хранения должны соблюдаться специальные требования по вентиляции и пожарной безопасности. Персонал должен пройти специальную подготовку по отработке действий в случае пожара или утечки химических веществ, применяемых или образующихся в системе обработки балласта. В этом случае основным нормативным



документом является «Руководство по обеспечению безопасного использования и хранения химических веществ и препаратов, используемых при обработке балластных вод, и разработка процедур безопасности по снижению рисков для судна и экипажа в результате процесса обработки», разработанное ИМО в дополнение к «Конвенции по контролю и управлению балластными водами и осадками». Дополнительные процедуры безопасности должны предусматриваться и на случай попадания опасных газообразных веществ в балластные цистерны.

Несмотря на относительно невысокие мощностные, массогабаритные и стоимостные показатели установок, использующих химические технологии обработки, их существенным недостатком являются повышенные требования к экологической безопасности и безопасности для экипажа, вопрос утилизации образующихся осадков, а также необходимость наличия специально оборудованного помещения для хранения химических реагентов.

**Выводы.** Обоснованы и детально рассмотрены базовые технико-экономические показатели установок обработки балласта: надёжности, энергоэффективности, экономические, массогабаритные, безопасности. Выделены количественные и качественные показатели, характеризующие надёжность установок с учетом применяемых технологий: наличие сертификата, необходимая производительность, условия применения, время до полной гибели микроорганизмов, коррозионное воздействие. Установлено, что из-за длительного времени поражающего воздействия некоторые технологии неприменимы на судах с небольшой длительностью рейса (до 6 суток). Недостатком других технологий является усложнение схем балластных систем и коррозионная агрессивность.

Показано, что увеличение энергетических затрат, связанное с установкой оборудования обработки балласта, в зависимости от применяемых технологий, может вызывать необходимость установки дополнительного стояночного дизель-генератора или замены существующего на более мощный. Масса отдельных установок и занимаемая ими на судне площадь может достигать 20 т и 145 м<sup>2</sup>, соответственно, при высоте до 20 м. Дополнительные капитальные затраты могут составлять до 2 млн. долл. США (в отдельных случаях и больше), т.е. достигать нескольких процентов от полной стоимости судна, стоимость обработки может составлять от 40 до 220 долл. США за каждые 1000 м<sup>3</sup> балласта.

**Дальнейшие исследования** будут связаны с разработкой комплексного многофакторного показателя эффективности установок обработки балласта, который будет учитывать как количественные, так и качественные технико-экономические показатели и разработкой рекомендаций по выбору рационального состава и параметров систем обработки балласта, в зависимости от типа и района плавания судна.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбов В. М. Суднова енергетика та Світовий океан [Текст]: підручник / В. М. Горбов, І. О. Ратушняк, С. І. Трушляков, О. К. Чередниченко. – Миколаїв : НУК, 2007. – 596 с.
2. Ballast Water Treatment Advisory [Electronic resource]. – Houston: American Bureau of Shipping, 2011. – Mode of access : <http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/References/ABS%20Advisories/BWTreatmentAdv>.
3. Guide to ballast water treatment systems [Electronic resource]. – Colorado : IHS Maritime, 2013. – Mode of access : <http://www.rwo.de/rwo/ressources/documents/1/25412,Ballast-Water-Guide-2013.pdf>.
4. Ballast water treatment systems. Guidance for ship operators on procurement, installation and operation [Electronic resource]. – London : Lloyd's Register, 2010. – Mode of access : <http://www.cnss.com.cn/uploadfile/2014/0109/20140109093334177.pdf>.
5. Guide for ballast water treatment [Electronic resource]. – Houston : American Bureau of Shipping, 2011. – Mode of access : [http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/Rules&Guides/Current/187\\_BWT/Guide](http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/Rules&Guides/Current/187_BWT/Guide).

6. National ballast water management requirements [Electronic resource]. – London : Lloyd's Register Marine, 2014. – Mode of access : [http://www.lr.org/en/\\_images/213-35818\\_National\\_ballast\\_water\\_management\\_requirements\\_January\\_2014\\_V3\\_tcm155-175149.pdf](http://www.lr.org/en/_images/213-35818_National_ballast_water_management_requirements_January_2014_V3_tcm155-175149.pdf).
7. Сустрєтова Н. В. Обеспечение экологической безопасности балластных вод на судах смешанного «река–море» плавания [Текст]: диссертация кандидата технических наук: 03.02.08 / Н. В. Сустрєтова. – Нижний Новгород, 2011. – 140 с.
8. Swanson L. Shipboard Demonstrations of Ballast Water Treatment to Control Aquatic Invasive Species / L. Swanson, T. Perlich [Electronic resource]. – Honolulu : Matson Navigation Company, 2014 – Mode of access : [http://www.matson.com/corporate/pdf/ballast\\_water\\_management-Swanson-Perlich.pdf](http://www.matson.com/corporate/pdf/ballast_water_management-Swanson-Perlich.pdf).
9. Cosman J. Validation Protocol for Performance Testing and Scaling Ballast Water Treatment Systems Employing UV Disinfection and Filtration / J. Cosman, J. Fraser, G. Latimer, J. Gerardi-Fraser [Electronic resource]. – London : Trojan Technologies, 2012. – Mode of access : [http://nsf.kavi.com/apps/group\\_public/download.php/8169/Trojan%20Scaling%20BWTs%20Systems%20Employing%20Filtration%20and%20UV.pdf](http://nsf.kavi.com/apps/group_public/download.php/8169/Trojan%20Scaling%20BWTs%20Systems%20Employing%20Filtration%20and%20UV.pdf).
10. Flower J. On continuous-flow techniques for the purging of contaminated water in ballast water tanks [Text] / J. Flower // Journal of Marine Engineering and Technology. – 2002. – № A1. – P. 37-47.
11. Yongxin Song Corrosion of marine carbon steel by electrochemically treated ballast water [Text] / Yongxin Song, Kun Dang, Huafang Chi, Delin Guan // Journal of Marine Engineering and Technology. – 2009. – № A13. – P. 49-55.
12. Monzingo D. G. Ballast Water Treatment System Evaluation for Small Vessels (Prepared for Isle Royale National Park) [Text] / D. G. Monzingo, K. J. Reynolds, R. J. Van Slyke. – Washington : The Glosten Associates, 2011. – 54 p.
13. Australian Ballast Water Management Requirements [Electronic resource]. – Canberra Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, 2013. – Mode of access : <http://www.environment.gov.au/system/files/pages/b3041c7c-eeeb-4d39-b4d0-a089a1d60adc/files/co51australianbwrequirements.pdf>.
14. Rules for Classification and Construction Germanischer Lloyd. VI Additional Rules and Guidelines. 11 Other Operations. Guidelines on Ballast Water Management [Electronic resource]. – Hamburg : Germanischer Lloyd, 2001. – Mode of access : [http://www.gl-group.com/infoServices/rules/pdfs/gl\\_vi-11-10\\_e.pdf](http://www.gl-group.com/infoServices/rules/pdfs/gl_vi-11-10_e.pdf).
15. Голубев Н. В. Проектирование энергетических установок морских судов [Текст] : учебное пособие / Н. В. Голубев. – Л. : Судостроение, 1980. – 312 с.
16. Артемов Г. А. системы судовых энергетических установок [Текст] : учебное пособие / Г. А. Артемов, В. П. Волошин, А. Я. Шквар, В. П. Шостак. – Л. : Судостроение, 1990. – 376 с.
17. Артемов Г. А. Суднові енергетичні установки [Текст] : навчальний посібник / Г. А. Артемов, В.М. Горбов – Миколаїв : УДМТУ, 2002. – 356 с.

**Горбов В.М., Мітєнкова В.С. АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПІД ЧАС ВИБОРУ СИСТЕМ ОБРОБКИ БАЛАСТУ**

*У даній статті виконаний аналіз техніко-економічних показників, що визначають ефективність устаткування обробки балластних вод. Основною метою дослідження було обґрунтування характеристик, необхідних для раціонального вибору установок бортової обробки баласту під час проектування нових суден або модернізації існуючих. Враховуючи різноманіття доступних на ринку установок очистки баласту, для остаточного проектного рішення необхідно використовувати методи техніко-економічного та статистичного аналізу великої кількості показників. У статті наведені якісні параметри, які необхідно враховувати під час вибору технологічних схем обробки. Було визначено діапазони зміни масогабаритних показників, значень споживаної установками потужності, капітальних і експлуатаційних витрат. Виділено основні можливі фактори негативного впливу на навколишнє середовище і безпеку екіпажу з боку обладнання обробки баласту. Аналіз цих параметрів дасть можливість обґрунтувати раціональні технічні рішення*

на стадії концептуального проектування суден і розробити комплексний показник ефективності установок обробки баласту.

**Ключові слова:** обробка баласту, техніко-економічні показники, споживна потужність, масогабаритні характеристики, ультрафіолетова обробка, електроліз, фільтрація хлорування.

**Gorbov V.M., Mitienkova V.S. ANALYSIS OF TECHNICAL-AND-ECONOMIC INDEXES ESSENTIAL FOR CHOICE OF BALLAST WATER TREATMENT PLANTS**

*The article reveals technical-and-economic indexes which determine efficiency of equipment for ballast water treatment. The main aim of the research is to define the parameters essential for rational choice of onboard ballast water treatment during new ship design or re-equipment of the available ships. The author emphasizes that methods of technical-and-economic and statistical analysis of numerous indexes should be used, considering loads of commercially available plants for ballast water treatment. The article shows technological diagrams of ballast treatment where qualitative characteristics are considered. Ranges of weight-size parameters, plants power consumption, capital and operation costs changes are determined. The author points out the major possible factors of negative impact on environment and crew's safety with regards to plants for ballast water treatment. Analysis of these indexes provides an opportunity to define rational engineering solutions at the stage of conceptual ship design and work out integrated index of effectiveness for ballast water treatment plants.*

**Keywords:** ballast treatment, technical-and-economic indexes, power consumption, weight-size parameters, UV treatment, electrolysis, filtration, chlorination.

© Горбов В.М., Мітєнкова В.С.

Статтю прийнято  
до редакції 27.10.14