

УДК 629.12.002.8

DOI: 10.37890/jwt.v68.211

Оценка объемов образования отходов металла при утилизации судна

Ю.А. Кочнев¹

ORCID: 0000-0002-6864-4473

И.Б. Кочнева¹

ORCID: 0000-0002-5612-3742

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. В случае длительного отстоя судна перед передачей на утилизацию, его конструкции подвергаются воздействию окружающей среды и, как следствие, разрушаются. В конечном счете, это приводит к тому, что часть металла становится непригодной для дальнейшего использования даже в качестве вторичного сырья и будет отправлена в отход, который необходимо определенным образом захоранивать, в соответствии с действующими стандартами по обращению с отходами. Наличие отхода снизит массу металла, который направляется на переработку, а, следовательно, приносит прибыль предприятию по утилизации судна. В статье рассмотрен подход, позволяющий оценить объем отходов и снижение массы «полезного» металла как в общем виде, так и численно для конкретного проекта судна. Получены уравнения, позволяющие определять массу отработанного металла как в процессе эксплуатации, так и отстоя.

Ключевые слова: утилизация судна, экологический ущерб, коррозия металла, отходы

Estimation of the volume of metal waste generated during ship recycling

Yuri A. Kochnev¹

ORCID: 0000-0002-6864-4473

Irina B. Kochneva¹

ORCID: 0000-0002-5612-3742

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. In the case of a long-term lay up of the vessel, before being transferred for disposal, its structures are exposed to the environment and, as a result, are destroyed. Ultimately, this leads to the fact that part of the metal becomes unsuitable for further use, even as a secondary raw material, and will be sent to waste, which must be buried in a certain way in accordance with the current standards for waste disposal. The presence of waste will reduce the mass of metal that is sent for processing, and, consequently, brings profit to the ship recycling factory. The article considers an approach that allows us to estimate the volume of waste and the reduction in the mass of "useful" metal, both in general terms and numerically for a specific ship project. Equations are obtained that allow determining the mass of spent metal, both in operation and in long-term lay up of the vessel.

Keywords: ship recycling, environmental damage, metal corrosion, waste.

Введение

Завершающей стадией жизненного цикла судна является его утилизация. Практика показывает, что от момента вывода судна из эксплуатации и постановки его на акватории до непосредственной утилизации путем разделки может пройти

длительный срок. Связан он будет с тем, что судовладельцу необходимо принять решение, что ему наиболее выгодно – продолжать поддержание судна в надлежащем техническом состоянии или продать на утилизацию.

Во время отстоя (особенно когда не планируется дальнейшая эксплуатация судна) состояние корпуса и надстройки ухудшается. Это связано с тем, что нарушается целостность окрасочного покрытия, начинают интенсивнее проходить процессы коррозии, в результате которых в водоем попадают ее продукты, ухудшающие качество окружающей среды. Процессы коррозии увеличивают опасность разгерметизации корпуса, при которой будут подвергаться деструкции внутренние конструкции, продукты которой также будут ухудшать качество окружающей среды. Если внутренние емкости судна не были зачищены от перевозимых грузов, нефтепродуктов, то разгерметизация приведет к попаданию их в окружающую среду, что усугубит экологическую ситуацию на акватории [1-7].

Такое изменение состояния судна повлияет не только на качество окружающей среды в акватории отстоя, но и на выбросы загрязняющих веществ в воду, воздух, почву в процессе утилизации судна. Поэтому авторы считают целесообразным изучить изменение во времени состояние судна и его влияние на выбросы в окружающую среду при разделке на предприятии по утилизации.

Оценка объемов образования отходов

Рассмотрим следующие сценарии передачи судна на утилизацию:

1. Непосредственно во время эксплуатации, что маловероятно, и может быть обусловлено только кардинальным изменением законодательства в области ужесточения требований к судну или в части поощрения приобретения новых судов путем предоставления больших льгот при утилизации старого.

2. Списание перед классификационным освидетельствованием, когда судно выработало свой ресурс от последнего ремонта и дальнейшее восстановление технического состояния является нерентабельным.

3. После длительного хранения выведенного из эксплуатации или брошенного судна.

Далее рассмотрим второй и третий варианты передачи судна на утилизацию.

Будем считать, что при выводе судна из эксплуатации удалены горюче-смазочные материалы, деревянные элементы, все виды изоляции, цемент, бетон, плитка, откачаны подсланевые воды, очищены емкости от фекально-бытовых и сточных вод, выполнен демонтаж оборудования, т.е. утилизируемое судно состоит из металлического корпуса и надстройки.

Загрязнение окружающей среды при утилизации судна будет связано с выделением вредных веществ при разделке судна на металлолом и образованием отходов металла, который не может быть пущен во вторичное использование [8].

Для расчета выбросов загрязняющих веществ при разделке корпуса примем, что разделка осуществляется газовой резкой как наиболее распространенным способом. Тогда по известным методикам [9] получим следующие значения выбросов загрязняющих веществ:

$$M_i = f(q_i, R)$$

где q_i - удельное выделение i -тых загрязняющих веществ, г/кг м реза; R – количество разрезаемого металла за год, кг·м/год; f – некоторая функциональная зависимость, связывающая удельные выбросы и массу металла с технологиями очистки и разделки.

Вывод судна из эксплуатации на длительный отстой или утилизацию будет, вероятнее всего, происходить перед классификационным освидетельствованием, которое проводится каждые пять лет, после оценки судовладельцем стоимостей предстоящих ремонтов [10] и решения о нерентабельности использования судна по прямому назначению. За межклассификационный период судно подвергалось воздействию внешней среды, что привело к коррозионным потерям углеродистой стали. Поэтому для приближенной оценки массы металла, непригодного для использования в качестве металлолома для вторичной переработки (P), можно воспользоваться формулой, полученной на основе результатов анализа актов дефектации судов, эксплуатирующихся на внутренних водных путях:

$$P_1 = (5,57 - 2,8 \times 10^{-2} \times L) L \times B \times T$$

где L , B , T – соответственно длина, ширина и осадка судна.

Формула с точностью $\pm 5\%$ отражает массу металла корпуса, которую необходимо заменять при ремонте, чтобы судно получило оценку «годное при освидетельствовании». Данный металл истончен, имеет язвенную коррозию и прочие дефекты, не соответствующие требованиям [8]. При этом считаем, что возраст судна в данном случае не имеет принципиального значения, так как на предыдущих ремонтах корпус восстанавливался до регламентируемых характеристик классификационных обществ.

В случае наличия длительного отстоя на акватории (сценарий 3) можно с уверенностью утверждать, что корпус будет подвержен коррозии, сопровождающейся уменьшением сечения стальных конструкций и изъязвлением листового материала. Подобное состояние металла также не позволит использовать его повторно в качестве металлолома после разделки судна, а значит, определенный объем металла корпуса пойдет в отход. Скорость и глубина коррозии корпуса не эксплуатирующегося судна зависят от многих факторов, и для каждого судна они будут определяться его расположением и условиями окружающей среды и местности (скорости течения, глубины на акватории, температуры воды, воздуха, глубины погружения конструкции и т.д.) [11-15].

Используя данные по скоростям коррозии, имеем зависимость массы отхода металла от времени ожидания судна утилизации:

$$P_2 = [L(0,8\delta + 0,2)(B + 2H) + \alpha LB] \times K$$

где α – коэффициент полноты палубы;

H – высота борта;

δ – коэффициент полноты корпуса судна по главную палубу;

K – потери массы металла корпуса судна на единицу площади, в зависимости от срока отстоя судна, которое может быть найдено по полученным нами регрессионным зависимостям:

при отстое вне промышленного района

$$K = 162,3 \times \ln(t) + 297,2$$

при отстое в промышленном районе

$$K = 292,1 \times \ln(t) + 635,4$$

t – время отстоя судна.

Следует учитывать, что суммарная масса отходов стали $P=(P_1+P_2)$ не только увеличит расходы предприятия на их захоронение, но и снизит доходы от вторичной реализации металла, масса которого составит:

$$Q = P_{mk} - P - q$$

где P_{mk} - масса металлического корпуса, q - масса потери металла при резке.

По предложенному алгоритму для теплохода проекта 765 были проведены тестовые расчеты, результаты которых приведены в табл.1.

Таблица 1

Тестовые расчеты по проекту 765

Проект	765			
Главные размерения L×B×H×T	65,6×9,6×2,8×1,82			
Водоизмещение, т	837			
Масса металлического корпуса, т	119			
Тип разделки	газокислородное пламя			
Выбросы загрязняющих веществ, кг/год	оксид марганца – 0,39	угарный газ – 7,2	оксид азота – 14,3	сварочный аэрозоль – 13,1
Срок хранения, лет	0	2,5	5	10
Масса убыли металла (вне промышленного района), т (% от массы металлического корпуса)	4,4 (3,7)	4,8 (4,0)	4,9 (4,1)	5,0 (4,2)
Масса убыли металла (в промышленном районе), т (% от массы металлического корпуса)	4,4 (3,7)	5,2 (4,4)	5,4 (4,5)	5,6 (4,7)
Масса металла на вторичное использование (вне промышленного района), т	114,6	114,2	114,1	114,0
Масса металла на вторичное использование (в промышленном районе), т	114,6	113,8	113,6	113,4

Изменение массы отхода в зависимости от срока хранения судна в относительном виде приведено на рис.1. Резкое возрастание потери металла возможно в первые 3-5 лет, а в дальнейшем оно существенно замедляется, что связано, на наш взгляд, с характером коррозионных процессов.

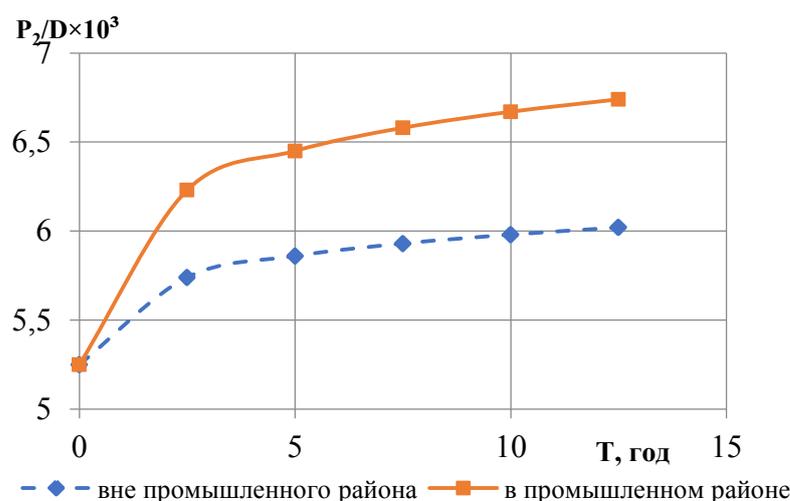


Рис. 1. Изменение массы отхода в зависимости от срока хранения судна

Fig. 1. Change in the mass of waste depending on the storage period of the vessel

Заклучение

Из анализа таблицы 1 видно, что снижение массы «полезного» металла и возрастание отхода в зависимости от района хранения незначительно и составляет 0,5-1,0%, что вероятнее всего, не скажется на экономических показателях утилизации. Однако при длительных сроках отстоя возрастает вероятность разгерметизации и попадания в окружающую среду вредных веществ, что может потребовать от судовладельца дополнительных затрат на возмещение накопленного ущерба.

Список литературы

1. Наумов В.С., Бурмистров Е.Г., Кочнева И.Б. Технологические аспекты очистки внутренних водных путей от крупногабаритных отходов судоходства. // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции «Современные научные исследования: актуальные проблемы и тенденции». – Омск: ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ», 2019. – с. 165-168.
2. Resolution A.962(23) IMO Guidelines on Ship Recycling – Режим доступа: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Ship-Recycling.aspx>.
3. Regulation (EU) No 1257/2013 of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on ship recycling and amending Regulation (EC) No 1013/2006 and Directive 2009/16/EC. – Режим доступа: http://www.safety4sea.com/images/media/pdf/EU_Ship-Recycling-Regulation.pdf.
4. Technical guidance note under Regulation (EU) No 1257/2013 on ship recycling. [Электронный ресурс]. – URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52016XC0412%2801%29> (дата обращения – 02.04.2021).
5. Basel Convention, Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of the Full and Partial Dismantling of Ships (hereafter referred to as ‘BC TG’), Section 4.5, pp. 63-64 and Section 6.2, pp. 84-88.
6. ILO, Safety and health in shipbreaking, guidelines for Asian countries and Turkey, 2004 (hereafter referred to as ‘ILO SHG’), Section 4.6, p. 32 and Section 16, pp. 128-133.
7. Resolution MEPC.210(63)-2012. Guidelines for Safe and Environmentally Sound Ship Recycling. – URL: [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/ShipRecycling/Documents/210\(63\).pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/ShipRecycling/Documents/210(63).pdf).
8. ГОСТ 2787-75 Металлы черные вторичные. Общие технические условия. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008868> (дата обращения – 19.04.2021).
9. Стопцов Н.А., Буцкалев А.Н. Виды загрязнений и мероприятия по защите атмосферы при судорезке. // Судостроение. – 2000. - №5, с. 35-37.

10. Зяблов О.К., Кочнев И.Б., Кочнева И.Б. Концепция автоматизированной подготовки ремонтной документации. // Морские интеллектуальные технологии С.Пб. – 2020. - №4-1(50), с. 69-74.
11. A. Zayed, Y. Garbatov, C. Guedes Soares, Corrosion degradation of ship hull steel plates accounting for local environmental conditions // Ocean Engineering. – 2018. – Vol. 163, p. 299-306.
12. A. Zayed, Y. Garbatov, C. Guedes Soares, Reliability of ship hulls subjected to corrosion and maintenance // Structural Safety. – 2013. - Vol. 43, p. 1-11.
13. You Dong, Dan M.Frangopol, Risk-informed life-cycle optimum inspection and maintenance of ship structures considering corrosion and fatigue // Ocean Engineering.–2015. -Vol. 101, p.161-171.
14. Y.Garbatov, A.Zayeda, G.Wang, C. Guedes Soares, Influence of environmental factors on corrosion of ship structures in marine atmosphere // Corrosion Science. – 2009. - Vol. 51, p. 2014-2026.
15. Unyime O Akpan, T.S Koko, B Ayyub, T.E Dunbar Risk assessment of aging ship hull structures in the presence of corrosion and fatigue // Marine Structures. – 2002. - Vol. 15, p. 211-231.

References

1. Naumov V.S., Burnistrov E.G., Kochneva I.B. Teknologicheskie aspekty` ochistki vnutrennix vodny`x putej ot krupnogabaritny`x otxodov sudoxodstva // Sbornik trudov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Sovremennyye nauchny`e issledovaniya: aktual`ny`e problemy` i tendencii». – Omsk: OIVT (filial) FGBOU VO «SGUVT», 2019.– s. 165-168.
2. Resolution A.962(23) IMO Guidelines on Ship Recycling URL: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Ship-Recycling.aspx>.
3. Regulation (EU) No 1257/2013 of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on ship recycling and amending Regulation (EC) No 1013/2006 and Directive 2009/16/EC. URL: http://www.safety4sea.com/images/media/pdf/EU_Ship-Recycling-Regulation.pdf.
4. Technical guidance note under Regulation (EU) No 1257/2013 on ship recycling. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52016XC0412%2801%29>.
5. Basel Convention, Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of the Full and Partial Dismantling of Ships (hereafter referred to as 'BC TG'), Section 4.5, pp. 63-64 and Section 6.2, pp. 84-88.
6. ILO, Safety and health in shipbreaking, guidelines for Asian countries and Turkey, 2004 (hereafter referred to as 'ILO SHG'), Section 4.6, p. 32 and Section 16, pp. 128-133.
7. Resolution MEPC.210(63)-2012. Guidelines for Safe and Environmentally Sound Ship Recycling. URL: [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/ShipRecycling/Documents/210\(63\).pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/ShipRecycling/Documents/210(63).pdf).
8. GOST 2787-75 Metally chernye vtorichnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008868>
9. Stopcov N.A., Buckalev A.N. Vidy zagryaznenij i meropriyatiya po zashchite atmosfery pri sudorezke [Types of pollution and measures to protect the atmosphere during ship cutting] Sudostroenie. 2000, no. 5, pp. 35-37. (In Russ).
10. Zyablov O.K., Kochnev I.B., Kochneva I.B. Morskie intellektual'nye tekhnologii [The concept of automated preparation of repair documentation] Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2020, no. 4-1(50), pp. 69-74.
11. A. Zayed, Y. Garbatov, C. Guedes Soares, Corrosion degradation of ship hull steel plates accounting for local environmental conditions // Ocean Engineering. – 2018. – Vol. 163, p. 299-306.
12. A. Zayed, Y. Garbatov, C. Guedes Soares, Reliability of ship hulls subjected to corrosion and maintenance // Structural Safety. – 2013. - Vol. 43, p. 1-11.
13. You Dong, Dan M.Frangopol, Risk-informed life-cycle optimum inspection and maintenance of ship structures considering corrosion and fatigue // Ocean Engineering.–2015. -Vol. 101, p.161-171.
14. Y.Garbatov, A.Zayeda, G.Wang, C. Guedes Soares, Influence of environmental factors on corrosion of ship structures in marine atmosphere // Corrosion Science. – 2009. - Vol. 51, p. 2014-2026.
15. Unyime O Akpan, T.S Koko, B Ayyub, T.E Dunbar Risk assessment of aging ship hull structures in the presence of corrosion and fatigue // Marine Structures. – 2002. - Vol. 15, p. 211-231.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Кочнев Юрий Александрович, к.т.н., доцент, доцент кафедры проектирования и технологии постройки судов, Волжский государственный университет водного транспорта, 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: ptps@vgavt-nn.ru

Yuri A. Kochnev, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Ship Design and Construction Technology, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603950, e-mail: ptps@vgavt-nn.ru

Кочнева Ирина Борисовна, к.т.н., доцент, Волжский государственный университет водного транспорта, 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: iringre@mail.ru

Irina B. Kochneva, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Environmental Protection and Industrial Safety, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603950, e-mail: iringre@mail.ru

Статья поступила в редакцию 08.06.2021; опубликована онлайн 15.09.2021
Received 08.06.2021; published online 15.09.2021