

УДК 629.12.002.8

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi65.127>

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ СУДНА

Ю.А. Кочнев

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

И.Б. Кочнева

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

Аннотация. Решение об утилизации судна, как правило, принимается только исходя из экономических соображений – возможности реализации материалов и оборудования для повторного использования. При этом не оценивается фактический ущерб окружающей среде, как от факта самой утилизации (выбросы при разделке и складировании отходов, подлежащих дальнейшему использованию и переработке), так и от хранения судна на некоторой территории, являющейся либо береговой линией, либо участком затона, и которая в большинстве случаев для этого не предназначена. В статье рассмотрен подход, позволяющий качественно оценить экологический эффект от разделки судна по сравнению с его хранением в условно неограниченном интервале времени. Получен однозначный вывод об эффективности такого вида обращения с судном как с отходом. Предложен метод определения некоторого условного времени на принятие решения о способе и месте утилизации, применимый к судну, находящемуся в негодном техническом состоянии.

Ключевые слова: утилизация судна, экологический ущерб

Введение

По завершении стадии эксплуатации судно переходит к следующему этапу жизненного цикла – утилизации. Практика по обращению с судами, выведенными из эксплуатации такова, что судно до момента непосредственной утилизации на предприятии путем его разделки длительное время может находиться в акватории на отстое.

После вывода из эксплуатации в акватории для отстоя необходимо проводить работы по поддержанию судна на плаву, а также поддерживать целостность окрасочного слоя для исключения ущерба окружающей среде. Но по различным причинам суда теряют свою плавучесть, переходят в затопленное, полузатопленное, обсушенное состояние и часто становятся «брошенными». Такие суда наносят ущерб окружающей среде, захламляют прибрежную зону, создают угрозу безопасности судоходства [1].

Математическая модель сопоставления ущербов

Ущерб от хранения судна как суммарный ущерб за каждый год хранения можно представить следующим образом [2-4]:

$$Y_{xp}^{\infty} = H_0 B_0 \sum_{t=1}^{\infty} \zeta_t (1 + e_t) \times \zeta^t \times k(t) \quad (1)$$

где H_0 – базовая ставка платы, руб;

B_0 – начальный тоннаж судна, т;

ζ_t – коэффициент, учитывающий изменение общих подходов к оценке ущерба (изменение методик, наличие льгот для владельца, изменение уровня опасности отхода и т.п.);

e_t – коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития;

ξ^t – доля снижения тоннажа за t лет;

$k(t)$ – коэффициент экологической ситуации.

При утилизации ущерб окружающей среде будет возникать при образовании выбросов, сбросов и не утилизируемых отходов в процессе разделки судна на предприятии по утилизации. Для них характерны технологические схемы разделки с использованием ручной резки, с высоким выбросом вредных веществ, низким уровнем организации труда, привлечением малоквалифицированного персонала, что приводит к значительному загрязнению окружающей среды [5–9].

Ущерб от утилизации, по мнению авторов, в общем виде можно определить как:

$$Y_{um} = M + Y_{XP_{отх}}^{\infty} \quad (2)$$

где M – фактический ущерб окружающей среде от технологических процессов утилизации, определяемый для предприятия по утилизации, исходя из применяемых на нём методов разделки судна, потоков загрязняющих веществ и т.д.:

$$M = \eta B_0 m \quad (3)$$

где η – экономический (денежный) коэффициент пропорциональности;

m – доля веществ, образующих выбросы;

$Y_{XP_{отх}}^{\infty}$ – ущерб от хранения не утилизируемых отходов с судна в условно неограниченный временной период, который можно представить как долю σ подобного ущерба от всего судна.

Целесообразно оценить ущерб окружающей среде судном, находящимся как на хранении, так и на разделке на предприятии по утилизации. Более того, автор считает необходимым соотнести эти ущербы с целью осуществления экологически эффективной утилизации.

Предлагаем считать экологически эффективной утилизацию в том случае, когда величина ущерба при утилизации судна на предприятии не будет превышать аналогичную величину при его хранении в условно неограниченный период времени:

$$Y_{xp}^{\infty} > Y_{um}, \quad (4)$$

где Y_{xp}^{∞} – ущерб от хранения судна, как отхода без его утилизации в условно неограниченный временной период;

Y_{um} – ущерб от утилизации.

Окончательно эффективность утилизации может быть представлена неравенством

$$\eta < H_0 \frac{(1-\sigma)}{m} \sum_{t=1}^{\infty} \zeta_t (1+e_t) \times \xi^t \times k(t), \quad (5)$$

которое будет выполняться в зависимости от значения функции в правой части, то есть в большей степени пределом суммы бесконечного ряда, отражающего внутренние и внешние параметры системы судно - окружающая среда - регулятор:

$$\lambda = \lim \sum_{t=1}^{\infty} \zeta_t (1 + e_t) \times \xi^t \times k(t) \quad (6)$$

Предположим, что внешние параметры рассматриваемой системы остаются либо постоянными, либо изменяются в пределах её чувствительности, тогда:

– коэффициент экологической значимости остается постоянным на протяжении всего рассматриваемого периода времени, а экологическое состояние региона не меняется

$$k(t) = \text{const} = k_T, \quad (7)$$

– подходы к оценке ущерба останутся неизменными

$$\zeta_t = \text{const} = \zeta_T, \quad (8)$$

– инфляция увеличивает коэффициент индексации выплат за ущерб окружающей среде на одинаковую величину ежегодно [10]:

$$e_t = \text{const} \Rightarrow (1 + e_t) = E. \quad (9)$$

В этом случае зависимость (5) можно представить в упрощённом виде:

$$\eta < H_0 \frac{(1 - \sigma)}{m} k_T \zeta_T \sum_{t=1}^{\infty} E^t \times \xi^t \quad (10)$$

или

$$\eta < A \lambda_T, \quad (11)$$

где $A = H_0 \frac{(1 - \sigma)}{m} k_T \zeta_T$ – параметр условно не зависящий от периода хранения;

$$\lambda_T = \sum_{t=1}^{\infty} E^t \cdot \xi^t \text{ – надбавка на период хранения.}$$

Сумма будет иметь конечное значение, если получившийся ряд является сходящимся. Достаточный признак сходимости [11-12] – n-ый член ряда при $n \rightarrow \infty$ равен нулю. Т.е. в нашем случае $a_t = E^t \cdot \xi^t = 0 \Big|_{t \rightarrow \infty}$. В соответствии с [11-12] получим:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} a_t = \lim_{t \rightarrow \infty} E^t \cdot \xi^t = \lim_{t \rightarrow \infty} E^t \cdot \lim_{t \rightarrow \infty} \xi^t \quad (12)$$

Так как инфляция будет присутствовать в любом случае, а доля снижения тоннажа будет лежать в диапазоне до 1 ($E > 1$ и $0 < \xi < 1$), то можно записать:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} E^t = +\infty, \quad (13)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \xi^t = +0, \quad (14)$$

тогда $\lim_{t \rightarrow \infty} a_t = \infty \cdot 0 = \infty$, а ряд λ_T является расходящимся.

Если рассматривать общий случай, когда коэффициенты экологической значимости региона, индексации, подходы к оценке ущерба не постоянны, то инфляция в любом случае будет присутствовать, т.е. $(1 + e_t)$ всегда будет больше 1. Следовательно, независимо от представления ξ_t , $k(t)$, ряд (6) будет расходящимся и не иметь конечного значения. Таким образом, в бесконечной перспективе времени утилизация будет экологически целесообразна.

Однако на наш взгляд дополнительно можно выделить некоторое время t' - соответствующее времени допустимого хранения. Для этого рассмотрим выбросы вредных веществ в окружающую среду на этапах хранения и утилизации.

$$Q_{xp} = B_0 \sum_{t=0}^{\infty} \xi^t, \quad (15)$$

$$Q_{ym} = B_0 m. \quad (16)$$

Суммарный выброс от обоих этапов в конечном времени хранения t'' не должен превышать предельно допустимого выброса.

$$Q = B_0 \sum_{t=1}^{t''} \xi^t + m < Q', \quad (17)$$

где Q' – объём предельно допустимых выбросов всех вредных веществ в окружающую среду.

Рассмотрев конечное время хранения в условии (5) можно отказаться от суммы бесконечного ряда и перейти к ее частному (конечному) значению.

Решая систему двух неравенств

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta < H_0 \frac{(1-\sigma)}{m} \sum_{t=1}^{t''} \zeta_t (1+e_t) \times \xi^t \times k(t) \\ B_0 \sum_{t=1}^{t''} \xi^t + m < Q' \end{array} \right., \quad (18)$$

можно найти интересующее время допустимого хранения t' .

Система не будет иметь общего решения в двух случаях:

1) при применении технологий утилизации с высоким уровнем выбросов. Такой подход определенно не целесообразен, несмотря на полученный выше вывод об эффективности процесса утилизации. По сути это означает, что необходимо пересматривать применяемые технологии утилизации, дающие меньшие выбросы, а затем решать систему неравенств заново.

2) При хранении судна изначально в «сверх»-некачественном состоянии (при несоблюдении требований [13-15] к выводу судна из эксплуатации).

Во всех остальных случаях получаемое время t' можно интерпретировать как некоторое время на принятие решения об утилизации: выбор завода, доработка очистных сооружений (при необходимости), подготовка полигона по утилизации судов.

Однако это возможно при раскрытии уравнений (18) на конкретное судно. В то же время, собственник отхода (судна) может их использовать для выбора более предпочтительного предприятия по утилизации или места хранения, т.е. для решения частной оптимизационной задачи.

Список литературы:

1. Технологические аспекты очистки внутренних водных путей от крупногабаритных отходов судоходства / Наумов В.С., Бурнистров Е.Г., Кочнева И.Б. // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции «Современные научные исследования: актуальные проблемы и тенденции». – Омск: ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ», 2019.– с. 165-168.
2. Формирование условия целесообразности утилизации судна/Кочнева И.Б.//Научные проблемы водного транспорта. - 2020 - №63, с. 62-67.
3. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства [Электронный ресурс] : Приказ Минприроды России от 13.04.2009 N 87. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. Resolution A.962(23) IMO Guidelines on Ship Recycling – Режим доступа: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Ship-Recycling.aspx>.
5. 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.
6. Technical guidance note under Regulation (EU) No 1257/2013 on ship recycling. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52016XC0412%2801%29> (дата обращения – 02.07.2019).
7. 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.
8. 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.
9. Resolution MEPC.210(63)-2012. Guidelines for Safe and Environmentally Sound Ship Recycling. – Режим доступа: [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/ShipRecycling/Documents/210\(63\).pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/ShipRecycling/Documents/210(63).pdf).
10. Газеев Н. Х. О методах корректировок ставок платежей за пользование природными ресурсами и загрязнение окружающей среды // Вестник казанского технологического университета. 2014. № 3. С. 248–251.
11. Schmidt, M. D. (2017). "Zeta series generating function transformations related to polylogarithm functions and the k-order harmonic numbers" (PDF). Online Journal of Analytic Combinatorics (12).
12. F. W. J. Olver, D. W. Lozier, R. F. Boisvert, and C. W. Clark, eds., NIST Handbook of Mathematical Functions, Cambridge University Press, 2010.
13. Технический регламент о безопасности объектов внутреннего водного транспорта [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 12.08.2010 N 623. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
14. ФАУ «Российский Речной Регистр». Правила классификации и постройки судов. Москва, 2019 г.
15. ФАУ «Российский морской регистр судоходства». Правила классификации и постройки морских судов. Санкт-Петербург, 2019 г.

JUSTIFICATION FOR THE EXPEDIENCY OF SHIP RECYCLING

Irina B. Kochneva

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Yuri A. Kochnev

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The decision of a ship recycling is usually made only on the basis of economic considerations – the possibility of selling materials and equipment for reuse. But the actual damage to the environment is not estimated, as from a disposition (emissions from cutting and storage of waste which is not a subject to further use and processing) and the ship storage on the certain territory which is either a coastline or a section of backwater, and which in most cases is not designed for this. The article considers the approach allowing to estimate the environmental effect of cutting up a ship, in comparison with its storage in a conditionally unlimited time interval. An unambiguous conclusion was obtained about the effectiveness of this type of treatment of the ship as waste. The method for determining a certain conditional time for making a decision on the method and place of recycling, applicable to a ship that is in an unsuitable technical condition is proposed.

Keywords: ship recycling, environmental damage

References:

1. Technologicheskie aspekty` ochistki vnutrennix vodny`x putej ot krupnogabaritny`x otkhodov sudohodstva / Naumov V.S., Burnistrov E.G., Kochneva I.B. // Sbornik trudov Vserossijskoj nauchno-

- prakticheskoy konferencii «Sovremennyye nauchnyye issledovaniya: aktualnyye problemy i tendencii». – Omsk: OIVT (filial) FGBOU VO «SGUVT», 2019.– s. 165-168.
2. Kochneva I.B. “Formirovaniye usloviya celesoobraznosti utilizacii sudna” (Formation of condition for the expediency of ship recycling) *Nauchnyye problemy vodnogo transporta* – 63 (2020): 62-67.
 3. Ob utverzhdenii Metodiki ischisleniya razmera vreda, prichinnogo vodnym ob'ektam vsledstvie narusheniya vodnogo zakonodatel'stva. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 12.08.2010 N 623. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_88197/
 4. Resolution A.962(23) IMO Guidelines on Ship Recycling – Режим доступа: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Ship-Recycling.aspx>.
 5. 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.
 6. Technical guidance note under Regulation (EU) No 1257/2013 on ship recycling. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52016XC0412%2801%29> (дата обращения – 02.07.2019).
 7. 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.
 8. 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.
 9. Resolution MEPC.210(63)-2012. Guidelines for Safe and Environmentally Sound Ship Recycling. – Режим доступа: [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/ShipRecycling/Documents/210\(63\).pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/ShipRecycling/Documents/210(63).pdf).
 10. Gazeev N. X. “O metodax korrektyrovok stavok platyezhey za pol'zovanie prirodny mi resursami i zagryaznenie okruzhayushhey sredy” *Vestnik kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* – 3 (2014): 248-251.
 11. Schmidt, M. D. (2017). "Zeta series generating function transformations related to polylogarithm functions and the k-order harmonic numbers" (PDF). Online Journal of Analytic Combinatorics (12).
 12. F. W. J. Olver, D. W. Lozier, R. F. Boisvert, and C. W. Clark, eds., NIST Handbook of Mathematical Functions, Cambridge University Press, 2010.
 13. Tekhnicheskiiy reglament o bezopasnosti obektov vnutrennego vodnogo transporta. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 12.08.2010 N 623. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103987/508f7e09909c5340bc754fa03313ad7c93a4194f/ (Accessed on: 17.10.2020).
 14. FAI «Russian River Register». Rules for the Classification and Construction. Moscow, 2019.
 15. FAI « Russian Maritime Register of Shipping». Rules for the Classification and Construction of Sea-Going Ships. Saint-Petersburg, 2019.

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» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 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

Кочнева Ирина Борисовна, к.т.н., доцент, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: iringe@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

Статья поступила в редакцию 08.11.2020 г.

УДК 620.179.16

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi65.128>

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ СКОРОСТИ УЛЬТРАЗВУКА В МЕТАЛЛАХ С ИХ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТЬЮ И ТВЕРДОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ ПониЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

А.А. Хлыбов

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева,
г. Нижний Новгород, Россия*

Ю.Г. Кабалдин

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева,
г. Нижний Новгород, Россия*

М.С. Аносов

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева,
г. Нижний Новгород, Россия*

Д.А. Рябов

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева,
г. Нижний Новгород, Россия*

Ю.И. Матвеев

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

Аннотация. В работе представлены результаты исследования связи скорости распространения продольных волн в металле с величинами ударной вязкости и твердости в широком диапазоне пониженных температур. Установлено, что с понижением температуры наблюдается повышение твердости, снижение ударной вязкости и увеличение скорости распространения продольной волны в исследуемых металлах, а скорость распространения продольной волны имеет тесную корреляцию с рассматриваемыми характеристиками. Рост скорости звука при понижении температуры, на наш взгляд, объясняется ростом теплопроводности у металлов. Таким образом, по значениям скорости распространения звука в металлах, можно прогнозировать уровень ее ударной вязкости, а также твердость при низких температурах, а, следовательно, склонность к хрупкому разрушению конструкций.

Ключевые слова: Скорость продольной волны, ударная вязкость, твердость, металлы, пониженные температуры

Введение

При выборе материалов, работающих в условиях Арктики и Крайнего Севера, возникает необходимость обеспечения оценки их физико-механических характеристик при различных температурах и их изменение в процессе эксплуатации. Однако оценка изменения механических характеристик металлов, особенно при низких температурах, является весьма трудоемкой, а в ряде случаев практически не реализуемой задачей. Это, в свою очередь, требует применения экспресс-методов оценки механических характеристик, в частности, неразрушающими методами контроля.

Одной из ключевых характеристик металла, работающего в условиях пониженных температур, является показатель ударной вязкости, характеризующий работу, затраченную на поглощение энергии удара и вероятность хрупкого разрушения [1-4]. Одним из перспективных методов оценки механических и эксплуатационных характеристик металлов является метод ультразвукового контроля. Метод ультразвукового контроля является одним из самых чувствительных методов анализа структуры ме-