

УДК 502

ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАЗДЕЛКИ МОРСКОГО КАБЕЛЯ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ СУДОВ

Хачатуриян А. М.¹, Симагина В. Б.¹

¹Каспийский институт морского и речного транспорта им. ген.-адм. Ф.М. Апраксина – филиал Волжского государственного университета водного транспорта, Астрахань, Россия

Статья поступила 30.05.2025, принята к публикации 30.06.2025. Опубликована онлайн.

Аннотация. Помимо рисков, связанных с резкой металла процесс демонтажа судов также может подвергать работников и окружающую среду воздействию ряда опасных химических веществ, одним из которых является изоляция и наполнители в кабелях. В статье рассматриваются экологически безопасные методы утилизации кабельных систем, оставшихся после демонтажа судов. Анализируются разновидности морских кабелей, состав проводов и возможные риски

для окружающей среды, связанные с их неправильной утилизацией. Рассмотрены существующие и предложены новые принципиальные схемы многоголовий очистки проводов от изоляции и загрязнений при механическом подходе, а также указаны их преимущества с экологической точки зрения.

Ключевые слова: станок, кабель, изоляция, ножи, ролик, экология, окружающая среда, диаметр, броня, принципиальная схема

ENVIRONMENTAL SAFETY FACTOR IN MECHANICAL CUTTING OF MARINE CABLE DURING SHIP RECYCLING

Khachaturyan A. M.¹, Simagina V. B.¹

¹Caspian Institute of Sea and River Transport named after General-Admiral F. M. Apraksin – branch of Volga State University of Water Transport, Russia, Astrakhan

Abstract. In addition to the risks associated with cutting metal, the ship dismantling process can also expose workers and the environment to a number of hazardous chemicals, one of which is insulation and polychlorinated biphenyls in cables. This article discusses environmentally friendly methods for the disposal of cable systems left over from ship dismantling. It analyzes the types of marine cables, the composition of

the wires, and the possible environmental risks associated with their improper disposal. Existing and new concepts for multi-blade wire stripping of insulation and contaminants using a mechanical approach are considered and their environmental benefits are outlined.

Keywords: machine, cable, insulation, knives, roller, ecology, diameter, armor, schematic diagram

Введение

Конечным этапом жизненного цикла судна является его утилизация. Утилизация судов в России регулируется Постановление Правительства РФ от 12.08.2010 «Об утверждении технического регламента о безопасности объектов морского транспорта», а также учитывается общими положениями Федерального закона от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [1,2] и должна производиться строго в специально отведенных и оборудованных для этих целей местах, исключая риски экологического загрязнения. Предварительно при подготовке судна к разделке, предшествует снятие узлов и деталей из цветного металла, одним из элементов которого является морской кабель.

Процесс утилизации судов является сложной задачей, особенно с точки зрения воздействия на окружающую среду [3]. Среди отходов, остающихся после демонтажа судов, выделяются кабельные системы, которые опоясывают все судно и в основном состоят из различных цветных металлов и изоляционных материалов. Нередко для улучшения

механической прочности кабели содержат стальные элементы (броню) в виде витой проволоки или ленты, а также изоляционные слои. Эти компоненты часто содержат токсичные вещества, и их неправильная утилизация может нанести серьезный вред экологии.

Таким образом, основной задачей переработки кабельных отходов является качественное отделение цветного металла от изоляции и других металлов, из которых состоит наружная оплетка и броня.

Разновидности морских кабелей

Рассмотрим разновидности морских кабелей, используемых на судах [4]. Существует множество типов (стандартов) морских кабелей, которые регламентируются государственными структурами. В таких кабелях обычно используются медные луженые и алюминиевые жилы, изоляция и броня, что позволяет им выдерживать воздействие морской среды в экстремальных условиях эксплуатации (рис. 1).

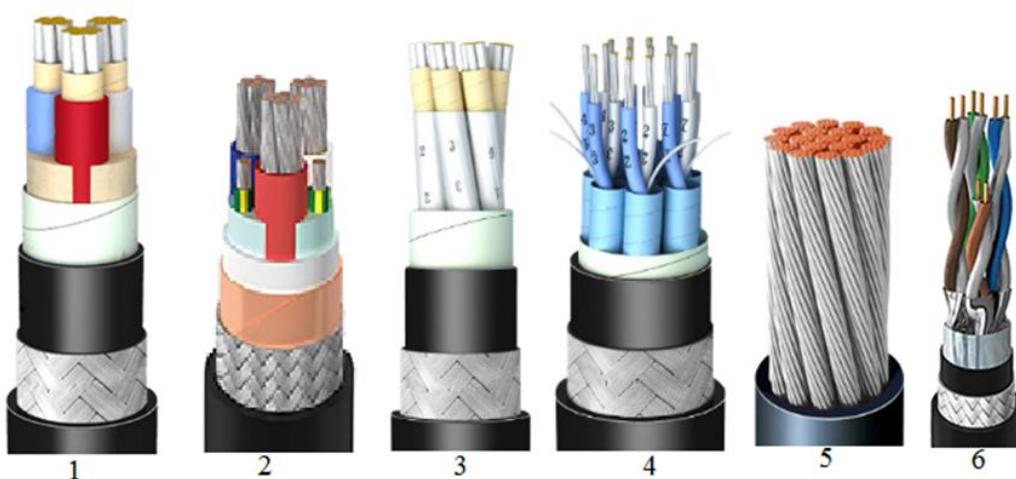


Рис. 1. Кабели, используемые на морских судах

На рис. 1 представлены:

- 1) морской силовой кабель (также называют морским электрическим кабелем), предназначен для систем питания, освещения и управления;

- 2) морской кабель для частотно-регулируемых приводов (ЧРП), предназначен для передачи питания от источника переменного тока к двигателям переменного тока;
- 3) морской кабель управления, предназначен для систем управления;

- 4) морской телефонный кабель (также называют морским сигнальным кабелем), предназначен для телекоммуникационных и информационных систем;
- 5) гибкий морской провод, предназначен для соединения электрооборудования с распределительным щитом или выключателем на борту судна;
- 6) морской кабель передачи данных, предназначен для передачи данных и создания сетей на морских судах.

Методы переработки кабелей

На сегодняшний день можно выделить четыре метода переработки кабельных отходов, применяемых на практике.

Первый, наиболее примитивный – отжиг кабеля на огне. Суть этого метода заключается в простом сжигание изоляции для отделения металлов и получения

металлических жил, что приводит к выделению опасных газов.

Данный метод не соответствует современным экологическим стандартам, так как продукты сгорания наносят вред окружающей среде. Кроме того, значительная часть поверхности проводящих жил при отжиге окисляется и «ходит» в брак.

Второй метод – отделение кабеля от изоляции вручную. Данный процесс является малопроизводительным, трудоемким и длительным. Таким способом можно переработать только небольшие объемы кабеля, поэтому он применяется в основном в индивидуальных случаях или на этапах, где автоматизация нецелесообразна.

Третий метод заключается в механическом отделении оплетки от металлической сердцевины, при этом желательно кабель предварительно разрезать на порционные отрезки длиной 1,5- 2,0 м (рис. 2) [5].



Рис. 2. Кабель, предварительно разрезанный на порционные отрезки

При механической разделке кабеля используются различные принципиальные схемы и конструкции станков:

- разрезанием: станки оснащены регулируемыми лезвиями, которые могут настраиваться под диаметр кабеля, что делает метод подходящим для кабелей различного диаметра, а также имеющих броню;
- рассечением: эти устройства используют набор роликов, которые, обжимая кабель, скользят по изоляции, сжимают ее, тем самым сминают и отделяют от металла. Затем

изоляция аккуратно снимается, а металлический провод остается целым. Данный метод минимизирует риск повреждения проводника.

Четвертый метод – механическая переработка кабеля на специализированных установках, мельницах и шредерах. Как правило, такая переработка заключается в измельчении кабеля, после чего металл и изоляция разделяются с помощью специальных сит или магнитов.

Остановимся более подробнее на методах переработки, относящихся к третьей группе. На рис. 3-5 представлены современные станки для разборки кабеля

всевозможных конструкций и диаметров, реализующих различные схемы обработки



a)

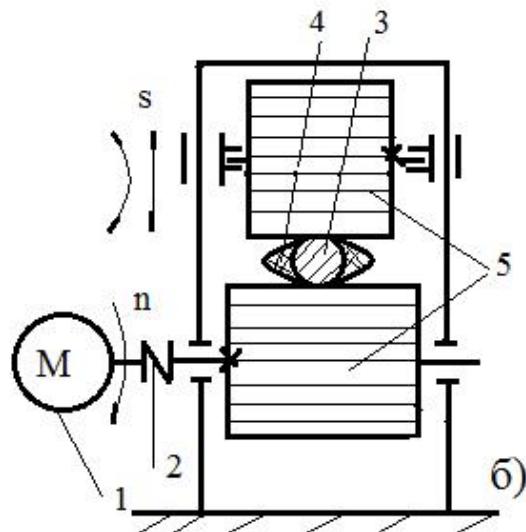


Рис. 3. Станок для разборки кабеля диаметром от 1 до 45 мм методом рассечения: а) общий вид станка; б) кинематическая схема: 1 – мотор редуктор; 2 – муфта; 3, 4 – жилы и оплётка кабеля; 5 – обжимные ролики [6]



a)

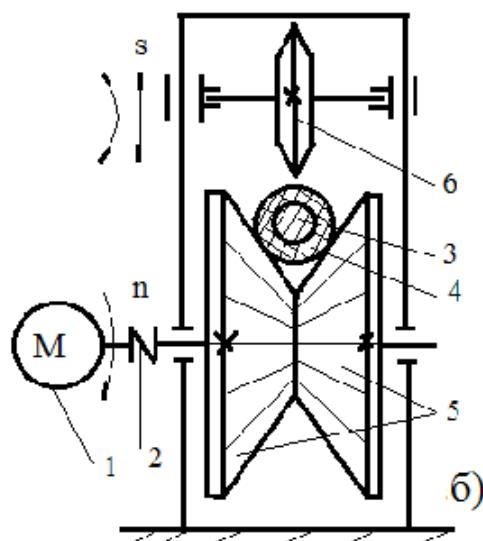


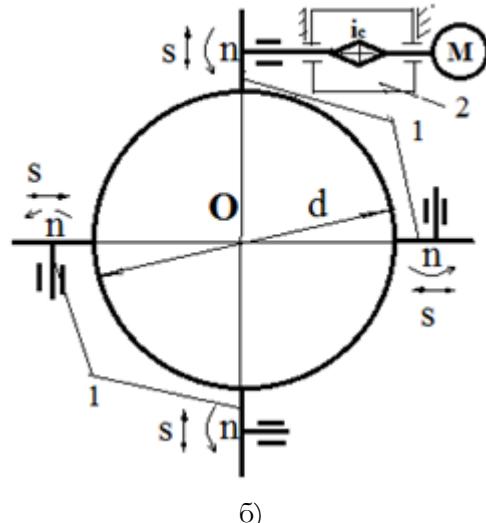
Рис. 4. Станок для разборки бронированного кабеля диаметром от 2 до 80 мм методом разрезания: а) общий вид станка, б) кинематическая схема: 1 – мотор редуктор; 2 – муфта; 3,4 – жилы и оплётка кабеля; 5 – ролики; 6 – нож [6]

Методом рассечения (рис. 3) в основном перерабатывают многожильные провода. Методом разрезания (рис. 4) в основном перерабатывают бронированные кабели. Наличие всего одного ролика (ножа)

приводит к сминанию кабеля, а также затрудняет отделение брони и изоляции от медного сердечника. Использование схем разделки кабеля с несколькими ножами лишены этих недостатков (рис.5).



a)



б)

Рис. 5. Станок для разборки бронированного кабеля с четырьмя дисковыми ножами: а) общий вид станка, б) принципиальная схема резания: 1 – ножи, 2 – привод вращения ножей, i_c – передаточное отношение редуктора [7]

Технические характеристики станка для разборки бронированного кабеля с четырьмя дисковыми ножами (рис. 5):

- типы разделываемого кабеля: витая стальная броня, свинцовая, алюминиевая, сплитый полиэтилен, резина, бумага, ПВХ, прочее;
- диаметр разделываемого кабеля: от 2 до 100 мм;
- скорость резки: 20-25 м/мин.;

– установленная мощность – 4,4(4*1.1) кВт.; производительность – 15 тонн/смена).

Настройка дисковых ножей на диаметр производится индивидуально, что является существенным недостатком таких схем.

Ниже предложены принципиальные схемы решения этой проблемы на примере синхронизации радиального перемещения при использовании четырех дисковых ножей (рис. 6-8) [8].

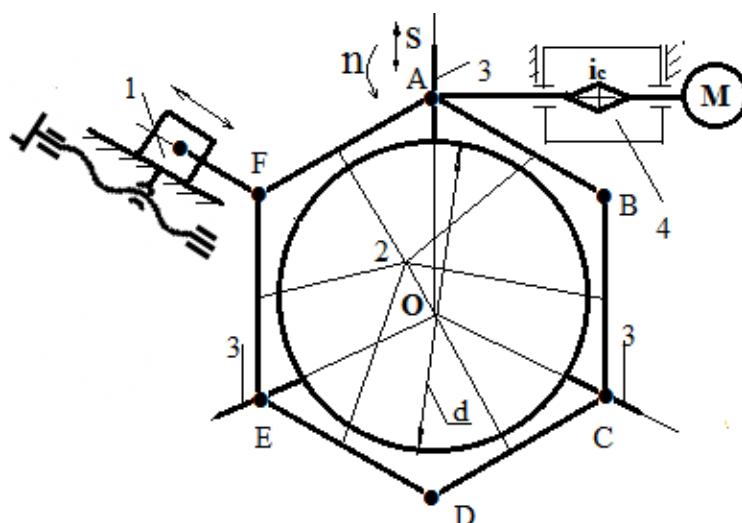


Рис. 6. Принципиальная схема разделки кабеля с рычажным механизмом установки ножей на диаметр: 1 – механизм радиального перемещения ножей, 2 – звенья плоского рычажного механизма, 3 – ножи, 4 – привод вращения ножей, А, В, С, D, E, F – вращательные кинематические пары

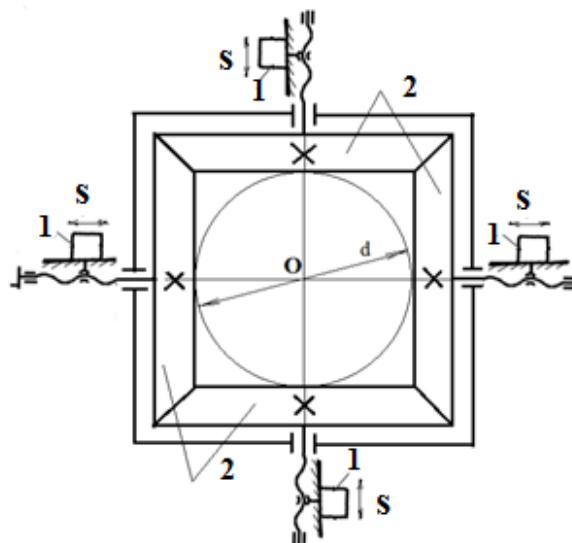


Рис. 7. Принципиальная схема разделки кабеля с зубчатым коническим механизмом установки ножей на диаметр: 1 – механизм радиального перемещения ножей, 2 – конические шестерни; сочетание направления вращения шестерни с правой (левой) резьбой ходового винта обеспечивает синхронное перемещение ножей к центру или от него

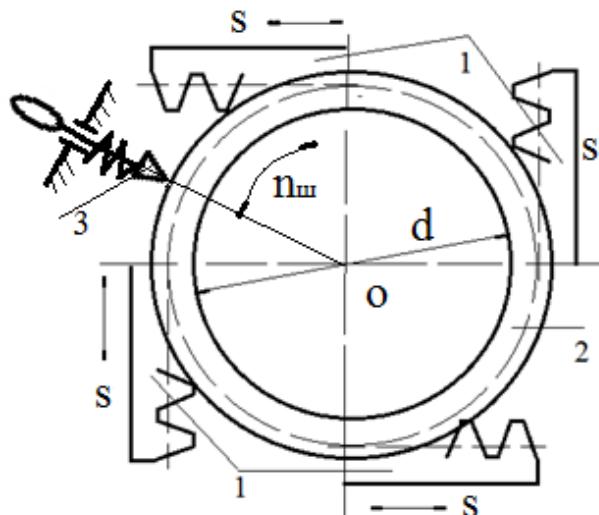


Рис. 8. Принципиальная схема разделки кабеля с зубчатым реечным механизмом установки ножей на диаметр: 1 – рейка механизма радиального перемещения ножей, 2 – речная шестерня, 3 – механизм фиксации шестерни (ножей на диаметр); d – максимальный диаметр разделяемого кабеля, i_c – передаточное отношение редуктора, s – радиальное перемещение ножа, n – частота вращения ножа, $n_{ш}$ – поворот реечной шестерни.

После того как металл очищен от изоляции, его можно подвергнуть переплавке. Медь и алюминий легко перерабатываются и могут использоваться для создания новых изделий.

Переработка изоляции представляет более сложную задачу [9]. Некоторые виды пластика, такие как ПВХ, требуют

дополнительных мер для безопасной переработки или утилизации, поскольку при их плавлении выделяются токсичные вещества. Более безопасные для экологии полимеры, такие как полиэтилен, могут быть переработаны с меньшим воздействием на природу.

Заключение

Эффективная утилизация судов требует особого внимания к вопросу переработки морских кабелей. Перспективные методы разделки кабеля, такие как использование механических методов очистки, помогут сохранить металлическую серцевину кабеля для дальнейшей переработки и сократить выделение токсичных веществ, сделав процесс утилизации более экологичным и безопасным.

Проведенный анализ разновидностей морского кабеля и схем разделки показал невозможность использования одного станка при утилизации всей номенклатуры используемых на судах кабелей. Предложены принципиальные схемы разделки кабеля с зубчато-реечным, рычажным и коническим механизмами установки ножей на диаметр.

Список литературы

1. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal [Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением], 1989 [Электронный ресурс]: Secretariat of the Basel Convention – URL: <https://www.basel.int/> (дата обращения: 17.04.2025).
2. Правовое регулирование утилизации морских судов РФ [Электронный ресурс]: сетевое издание «КОРАБЕЛ.РУ» – URL: <https://www.korabel.ru/news/comments/pili> (дата обращения: 17.04.2025).
3. Картамышева, Е. С. Экологическая безопасность при утилизации судов и кораблей / Е. С. Картамышева, Д. С. Иванченко, И. А. Вахрушин // Молодой ученый. – 2018. – № 25 (211). – С. 15-18. – URL: <https://moluch.ru/archive/211/51587/> (дата обращения: 17.04.2025).
4. Морской-кабель [Электронный ресурс]: сайт Ningbo Grand Ocean Marine Co., Ltd. – URL: <https://www.grandoceanmarine.com/ru> (дата обращения: 21.04.2025).
5. Виды кабелей. Как сдать кабель в металлолом: подготовка кабелей на прием [Электронный ресурс]: сайт ООО «ФМК» – URL: <https://metallom.biz/blog/metallokonstrukcii/kak-pravilno-sdat-kabel-v-metallolom-podgotovka-kabelej-i-usloviya-priema/> (дата обращения: 21.04.2025).
6. Станки для разделки кабеля [Электронный ресурс]: сайт СМК Ресурс – URL: <https://smk-resurs.ru/catalog/stanki-dlya-razdelki-kabelya> (дата обращение 21.04.2025).
7. Станки для разделки кабеля [Электронный ресурс]: сайт ВТБ-кабель – URL: <https://разделкакабеля.рф> (дата обращение 21.04.2025).
8. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин /И.И. Артоболевский //4-е изд., перераб. и доп. М.: Наука. – 1988. – 640 с.
9. Шейко В. А., Порохова О. М. Технологии переработки полимерных материалов// Издательство «Химия». – 2018. – 2018. – 339 с.

References

1. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal, 1989. URL: <https://www.basel.int/> (date accessed 17.04.2025).
2. Legal regulation of the recycling of sea-going vessels of the Russian Federation, URL: <https://www.korabel.ru/news/comments/pili>
3. Kartamysheva E. S., Ivanchenko D. S., Vakhrushin I. A. E`kologicheskaya bezopasnost` pri utilizacii sudov i korablej [Environmental safety during the recycling of ships and vessels], Young scientist, 2018, N. 25 (211), pp. 15-18. URL: <https://moluch.ru/archive/211/51587/> (date accessed 17.04.2025).
4. Sea-cable, URL: <https://www.grandoceanmarine.com/ru> (date accessed 21.04.2025).
5. Types of cables. How to hand over a cable for scrap metal: preparing cables for acceptance, URL: <https://metallom.biz/blog/metallokonstrukcii/kak-pravilno-sdat-kabel-v-metallolom-podgotovka-kabelej-i-usloviya-priema/> (date accessed 21.04.2025).

6. Cable cutting machines, URL: <https://smk-resurs.ru/catalog/stanki-dlya-razdelki-kabelya> (date accessed: 21.04.2025).
7. Cable stripping machines, URL: <https://разделкакабеля.рф> (date accessed 04/21/2025).
8. Artobolevsky I.I. Teoriya mehanizmov i mashin [Theory of mechanisms and machines], 4th ed., revised and enlarged. Moscow: Nauka, 1988. 640 p.
9. Sheiko V.A., Porokhova O.M. Texnologii pererabotki polimerny`x materialov [Technologies for processing polymeric materials], Publishing house "Chemistry", 2018, 339 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ/ ABOUT THE AUTHORS

Арутюн Мартиросович Хачатуров, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Математические и естественнонаучные дисциплины», Каспийский институт морского и речного транспорта имени генерал-адмирала Ф. М. Апраксина – филиал Волжского государственного университета водного транспорта, 414000, г. Астрахань, ул. Никольская, стр.6, arut1953@mail.ru

Вероника Борисовна Симагина, доцент кафедры «Математические и естественнонаучные дисциплины», Каспийский институт морского и речного транспорта им. ген.-адм. Ф.М. Апраксина – филиал ВГУВТ, 414000, Астрахань, ул. Никольская, стр. 6, izdoma4@mail.ru

Arutyun Martirosovich Khachaturyan, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Mathematical and Natural Sciences, Caspian Institute of Sea and River Transport named after General-Admiral F. M. Apraksin – branch of Volga State University of Water Transport, 6, str. Nikolskaya, Russia, Astrakhan, 414000

Veronika Borisovna Simagina, Associate Professor at the Department «Mathematical and Natural Sciences», Caspian Institute of Sea and River Transport named after General-Admiral F. M. Apraksin – branch of Volga State University of Water Transport, 6 Nikolskaya St, Astrakhan, Russia, 414000