

## Технические вопросы утилизации атомных ледоколов

А. А. Доманов <sup>1</sup>, Н. В. Мантула <sup>2</sup>  
ФГУП «Атомфлот»

К. Н. Куликов <sup>3</sup>, кандидат технических наук,  
Р. А. Низамутдинов <sup>4</sup>  
ОАО НИПТБ «Онега»

Б. И. Коломиец <sup>5</sup>,  
Н. Г. Сандлер <sup>6</sup>, доктор технических наук  
ОАО «Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И. И. Африкантова» (ОАО «ОКБМ Африкантов»)

*Рассмотрена последовательность технических этапов и представлены варианты утилизации атомных ледоколов проекта 1052. Утилизация однореакторных ледоколов проекта 10580 потребует разработки специального проекта, вместе с тем принципиальные отличия в технологии утилизации не просматриваются.*

**Ключевые слова:** атомные ледоколы, реакторная установка, блок-упаковка, вывод из эксплуатации, утилизация.

Проблема утилизации атомных ледоколов, связанная с выработкой ресурса реакторных установок (РУ) и окончанием календарных сроков службы, т. е. физическим старением корпусных конструкций, стала предметом рассмотрения в 90-х годах прошлого столетия. В это время из эксплуатации был выведен атомный ледокол «Ленин», построенный в конце 1950-х годов. По настоятельным просьбам общественных организаций он был превращен в музей и поставлен на хранение в Мурманском порту.

Главная энергетическая установка, включающая две РУ ОК-900, спроектированных в ОКБМ им. И. И. Африкантова, отработала к моменту вывода из эксплуатации 107 тыс. ч. Эти РУ были установлены на ледоколе в ходе ремонта, закончившегося в 1970 г., взамен ранее использовавшихся трех РУ ОК-150.

К настоящему времени еще два ледокола, «Арктика» и «Сибирь», также выведены из эксплуатации и в ожидании утилизации содержатся на плаву в акватории ФГУП «Атомфлот». В составе действующих ледоколов находятся два линейных двухреакторных, два однореакторных судна и одно однореакторное — лихтеровоз. Атомный ледокол «Советский Союз» находится в эксплуатационном резерве, ледокол «Россия» — в процессе вывода из эксплуатации.

Сроки вывода из эксплуатации, определяемые назначенным сроком службы и ресурсом РУ, представлены в табл. 1. Вероятно, к 2023 г. в эксплуатации

<sup>1</sup> e-mail: domanovaa@rosatomflot.ru.

<sup>2</sup> e-mail: mantulanv@rosatomflot.ru.

<sup>3</sup> e-mail: kkulikov@onegastar.ru.

<sup>4</sup> e-mail: rinat@onegastar.ru.

<sup>5</sup> e-mail: okbm@okbm.nnov.ru.

<sup>6</sup> e-mail: sandler@okbm.nnov.ru.

Таблица 1. Характеристики эксплуатации и планируемые сроки вывода из эксплуатации атомных судов

| Судно            | Проект | Год ввода в эксплуатацию | Фактическое использование в настоящее время | Наработка, тыс. ч |                 | Планируемый год вывода |
|------------------|--------|--------------------------|---------------------------------------------|-------------------|-----------------|------------------------|
|                  |        |                          |                                             | ру правого борта  | ру левого борта |                        |
| «Ленин»          | 92М    | 1959                     | Музей                                       | —                 | —               | 1989                   |
| «Арктика»        | 1052   | 1975                     | Выведен из эксплуатации                     | 176,4             | 177,2           | 2011                   |
| «Сибирь»         | 1052   | 1977                     | Выведен из эксплуатации                     | 94,8              | 94,0            | 2010                   |
| «Россия»         | 10521  | 1985                     | Подготовка к выводу                         | 134,1             | 134,1           | 2014                   |
| «Советский Союз» | 10521  | 1989                     | Эксплуатационный резерв                     | 95,5              | 94,9            | 2029                   |
| «Ямал»           | 10521  | 1992                     | Эксплуатация                                | 109,9             | 109,7           | 2022                   |
| «50 лет Победы»  | 10521  | 2007                     | Эксплуатация                                | 32,4              | 32,8            | 2040                   |
| «Таймыр»         | 10580  | 1989                     | Эксплуатация                                | 148,3             |                 | 2021                   |
| «Вайгач»         | 10580  | 1990                     | Эксплуатация                                | 150,1             |                 | 2019                   |
| «Севморпуть»     | 10081  | 1988                     | Продолжение эксплуатации с 2017 г.          | 107,5             |                 | 2027—2028              |

из действующих сейчас ледоколов останутся «50 лет Победы» и «Советский Союз».

Правила обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации судов или иных плавсредств с ядерными установками и радиационными источниками (НП 037-11) трактуют термин «вывод судовых ядерных энергетических установок (ЯЭУ)» как проведение комплекса мероприятий после удаления ядерного топлива, который исключает использование ЯЭУ в качестве источника энергии и обеспечивает безопасность персонала, населения и окружающей среды. Вывод из эксплуатации атомных судов планируется по истечении срока службы судна на основании решения уполномоченного органа власти. В соответствии с правилами проект вывода должен предусматривать мероприятия по обеспечению безопасности на всех этапах выполняемых работ.

Как уже отмечалось, в настоящее время выведены из эксплуатации два ледокола проекта 1052 — «Арктика» и «Сибирь». Решение о сроках начала их утилизации пока не принято. Однако НИПТБ «Онега» выполнило сравнительные оценки процесса, рассмотрев несколько вариантов проведения работ, применительно к возможностям различных исполнителей

(СПЗ «Нерпа», ЦС «Звездочка», «82 СПЗ»). Разработан проект вывода из эксплуатации.

Процесс утилизации ЯЭУ выведенных ледоколов предполагает ликвидацию путем разделки оборудования и конструкций до металлического лома и организацию длительного безопасного хранения остающихся блок-упаковок. Предпочтительный вариант утилизации должен удовлетворять следующим условиям:

- минимальный уровень радиационного воздействия на персонал;
- приведение радиоактивных отходов (РАО) в безопасное для населения и окружающей среды состояние;
- оптимальное сочетание стоимости и продолжительности работ и минимальные затраты на содержание радиоактивных блок-упаковок.

В настоящее время суммарная активность оборудования РУ по дозообразующим радионуклидам выведенных ледоколов составляет:

- «Арктика»:
  - 2014 г. —  $1,0 \cdot 10^{16}$  Бк ( $2,7 \cdot 10^5$  Ки);
  - 2020 г. —  $5,0 \cdot 10^{15}$  Бк ( $1,4 \cdot 10^5$  Ки);
  - 2030 г. —  $2,2 \cdot 10^{15}$  Бк ( $6,0 \cdot 10^4$  Ки);

Таблица 2. Результаты технико-экономической оценки вариантов утилизации атомных ледоколов проекта 1052 (в ценах 2011 г.)

| Вариант                                                           | СРЗ «Нерпа»                         |                             | ЦС «Звездочка»                      |                             | 82 СРЗ                              |                             |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
|                                                                   | Трудо-<br>емкость,<br>нормо-<br>час | Стои-<br>мость,<br>млн руб. | Трудо-<br>емкость,<br>нормо-<br>час | Стои-<br>мость,<br>млн руб. | Трудо-<br>емкость,<br>нормо-<br>час | Стои-<br>мость,<br>млн руб. |
| 1. Неплавучий блок, ограниченный поперечными прочными переборками | 832 432                             | 1235,0                      | 909 548                             | 1439,7                      | 855 822                             | 1247,3                      |
| 2. Неплавучий блок; РУ в составе бака МВЗ                         | 922 799                             | 1357,7                      | 971 911                             | 1498,2                      | 936 104                             | 1360,9                      |
| 3. Неплавучий блок; оборудование РУ, размещенное в контейнере     | 946 639                             | 1493,9                      | 984 534                             | 1648,1                      | 953 119                             | 1546,8                      |
| 4. Плавучий блок                                                  | —                                   | —                           | 975 755                             | 1555,4                      | 958 410                             | 1377,4                      |

## • «Сибирь»:

- 2014 г. —  $1,9 \cdot 10^{15}$  Бк ( $5,0 \cdot 10^4$  Ки);
- 2020 г. —  $1,1 \cdot 10^{15}$  Бк ( $3,0 \cdot 10^4$  Ки);
- 2030 г. —  $5,0 \cdot 10^{14}$  Бк ( $1,4 \cdot 10^4$  Ки).

Очевидно, что величина активности демонтируемых элементов оборудования и конструкций и, соответственно, дозовые нагрузки будут зависеть от сроков утилизации, а также от конструктивных и технологических решений.

Атомные ледоколы «Сибирь» и «Арктика» выведены из эксплуатации достаточно давно, и к моменту начала работ по утилизации уровень активности заметно снизится. Это позволит оптимизировать численный состав задействованного в утилизации персонала, уменьшит радиационное воздействие на персонал и население и в некоторой степени снизит объемы РАО.

Блок-упаковки планируется размещать в пункте длительного хранения, созданного в губе Сайда по программе «Глобальное партнерство» при финансовой поддержке Германии. Пункт оснащен судоводным оборудованием и имеет необходимую инфраструктуру. Здесь с 2006 г. размещаются реакторные отсеки утилизируемых атомных подводных лодок (АПЛ).

По результатам анализа накопленного опыта утилизации АПЛ, фактического и прогнозируемого состояния атомных ледоколов, а также существующей инфраструктуры хранения РАО в Северо-Западном регионе рассматривалось несколько вариантов утилизации.

**Вариант 1.** Неплавучий блок, ограниченный поперечными прочноплотными переборками по шпангоутам 74 и 95 и конструкциями защитного ограждения ЯЭУ. Блок сформирован путем вырезки реакторного помещения из корпуса ледокола и включает

помещение атомной паропроизводящей установки (АППУ), находящиеся под ним помещения монжусов и специальных систем и хранилище твердых радиоактивных отходов (ТРО). Сохраняется килевой набор корпуса и наружная обшивка киля. Ориентировочные размеры: длина — 17,5 м, ширина — 15,5 м, высота — 13 м; масса — около 3500 т.

**Вариант 2.** Неплавучий блок, сформированный выгрузкой обеих РУ в составе бака железобетонной защиты (БЖВЗ). Этот вариант предполагает: вырезку реакторного помещения по шпангоутам 74,5—76,5 и по шпангоутам 88—90 с разделением корпуса ледокола на три части, вырезку РУ в продольном направлении в составе БЖВЗ. Ориентировочные размеры: длина — 9 м, ширина — 14 м, высота — 6 м; масса — ориентировочно 2000 т.

**Вариант 3.** Неплавучий блок, сформированный путем выгрузки оборудования АППУ (реактор, парогенераторы, центробежные насосы первого контура (ЦНПК), обеспечивающие системы и др.) из бака металловодной защиты (МВЗ) и загрузки его в специальный контейнер с ориентировочными размерами: длина — 6,5 м, ширина — 7 м, высота — 6 м; масса — ориентировочно 600 т.

**Вариант 4.** Плавучий блок, ограниченный прочными переборками по шпангоутам 43 и 142, сформированный путем вырезки реакторного помещения из корпуса ледокола с сохранением наружной обшивки корпуса и настила верхней палубы. Ориентировочные размеры: длина — 80 м, ширина — 30 м, высота — 20 м; масса — ориентировочно 9000 т.

По технической оценке (табл. 2) оптимальным при утилизации атомных ледоколов является вариант 1 (рис. 1), т. е. формирование неплавучего реакторного блока для длительного хранения в пункте длительного хранения реакторных отсеков «Сайда»

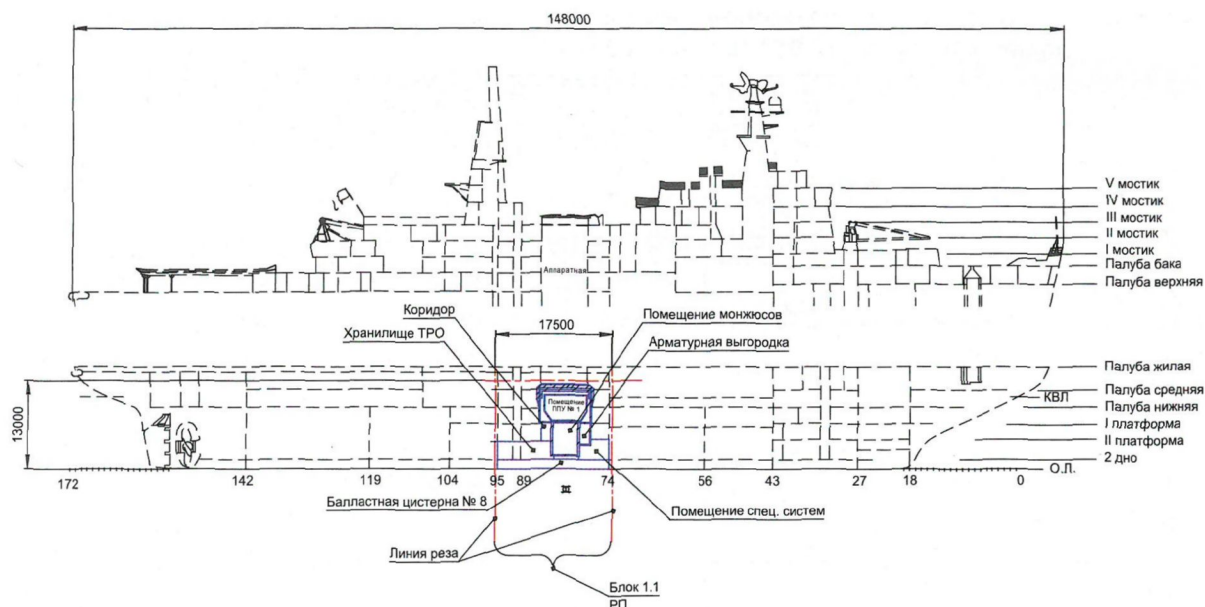


Рис. 1. Схема варианта 1

с утилизацией оконечностей на стапельной плите СРЗ «Нерпа».

При этом необходимо выполнить предварительные работы:

- на ФГУП «Атомфлот» — по обращению с отработавшим ядерным топливом, РАО и разгрузке судна для создания осадки, обеспечивающей проход в бухту Кут;
- на СРЗ «Нерпа» — по разгрузке судна при стоянке на плаву до параметров, соответствующих грузоподъемности плавучего дока ПД-42, с целью постановки судна на стапель.

В настоящее время в НИПТБ «Онега» разработан комплект проектной, организационной и технологической документации (КПОД) утилизации атомных ледоколов проекта 1052, включающий указанные выше предварительные работы и этапы организационно-технологической схемы.

После перевода атомного ледокола на СРЗ «Нерпа» и демонтажных работ на плаву ледокол ставится в ПД-42 и оттуда с помощью судоводных тележек перемещается на открытую стапельную плиту, где проводится вырезка реакторного блока и раздвижка блоков с использованием судоводных тележек.

Затем производится разделка носовой и кормовой оконечностей до состояния металлолома с возможным вторичным использованием оборудования и механизмов. Формируется блок-упаковка АППУ, включающая реакторное помещение, ограниченное поперечными прочноплотными переборками по шпангоутам 74 и 95 и конструкциями защитного ограждения РУ. Блок включает помещение АППУ, помещения монжусов и специальных систем, хранилище ТРО. Килевой набор корпуса и наружная обшивка киля сохраняются в составе блока.

После этого блок-упаковка АППУ перемещается в ПД-42 и транспортируется в пункт длительного хранения реакторных отсеков «Сайда» на длительное хранение.

Такова последовательность технических этапов утилизации атомных ледоколов проекта 1052. Естественно, утилизация одnoreакторных ледоколов с ограниченной осадкой проекта 10580 потребует разработки специального проекта. Однако принципиальных отличий в технологии утилизации вряд ли следует ожидать.