

Технические вопросы утилизации атомных ледоколов

А. А. Доманов¹, Н. В. Мантула²
ФГУП «Атомфлот»

К. Н. Куликов³, кандидат технических наук,
Р. А. Низамутдинов⁴
ОАО НИПТБ «Онега»

Б. И. Коломиец⁵,
Н. Г. Сандлер⁶, 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

¹ e-mail: domanovaa@rosatomflot.ru.

² e-mail: mantulanv@rosatomflot.ru.

³ e-mail: kkulikov@onegastar.ru.

⁴ e-mail: rinat@onegastar.ru.

⁵ e-mail: okbm@okbm.nnov.ru.

⁶ 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

(СРЗ «Нерпа», ЦС «Звездочка», «82 СРЗ»). 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-емкость, нормо-час	Стои-мость, млн руб.	Трудо-емкость, нормо-час	Стои-мость, млн руб.	Трудо-емкость, нормо-час	Стои-мость, 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»

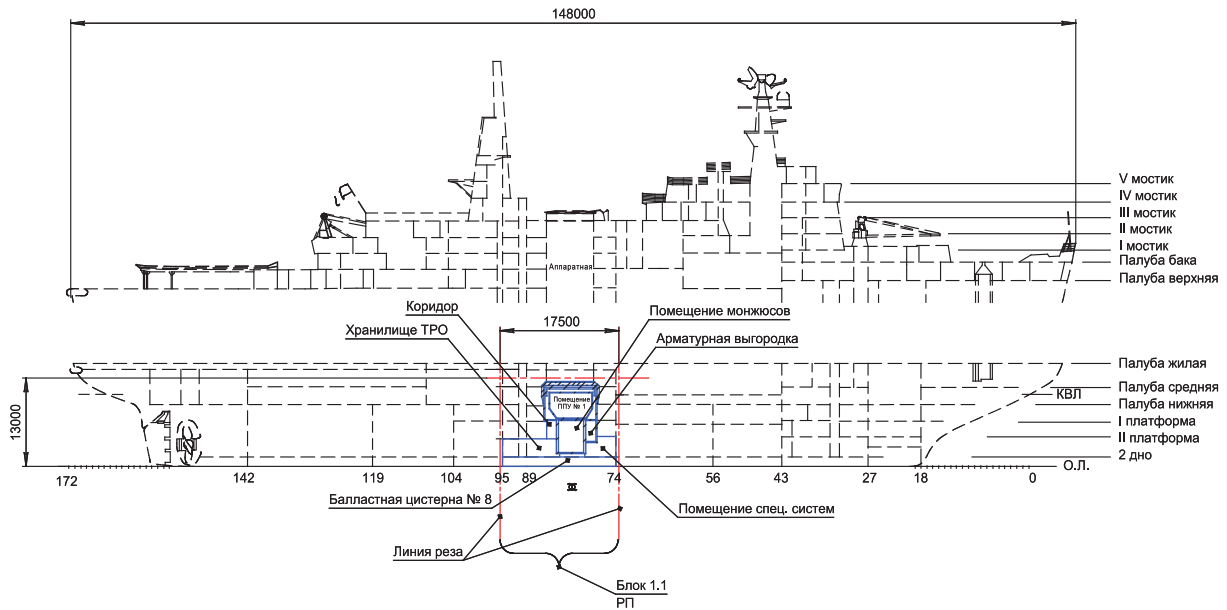


Рис. 1. Схема варианта 1

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, ограниченная 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 однореакторных ледоколов с ограниченной осадкой проекта 10580 потребует разработки специального проекта. Однако принципиальных отличий в технологии утилизации вряд ли следует ожидать.