

Принципиальные решения по утилизации судов с ЯЭУ

К.Н. Куликов, Р.А. Низамутдинов,
ОАО «НИИПТБ «Онега»
А.Н. Абрамов,
ФГУП «Атомфлот»

С 1959 по 1991 годы было построено девять гражданских судов с ЯЭУ: восемь ледоколов и один лихтеровоз. В настоящее время три из них выведены из эксплуатации: атомный ледокол «Ленин» превращен в музей и установлен на хранение в Мурманском порту, атомные ледоколы «Арктика» и «Сибирь» содержатся на плаву у причалов. С учетом того, что на атомных ледоколах находятся РАО, они являются источником потенциальной радиационной опасности для Мурманской области и Кольского залива, поскольку длительное нахождение атомных ледоколов на плаву в состоянии отстоя отрицательно сказывается на техническом состоянии корпусных конструкций. В результате этого при содействии федеральной целевой программы «Радиационная безопасность России на период с 2008 по 2015 гг» Росатомом совместно с компаниями Объединенной судостроительной корпорации были представлены разработки и проекты по утилизации гражданских судов. В процессе разработки программы утилизации гражданских судов была произведена техническая и экономическая оценка вариантов утилизации на судоремонтных предприятиях в Северо-Западном регионе России.

Статья содержит описание вариантов, исследований, анализа возможностей

утилизации гражданских судов, принимая в расчет принцип снижения потенциального радиоактивного воздействия на персонал, население и окружающую среду. Заключение содержит рекомендации по выбору варианта для разработки проектов утилизации гражданских судов.

Введение

С 1959 по 1991 годы было построено девять гражданских судов с ЯЭУ: восемь ледоколов и один лихтеровоз. В настоящее время три из них выведены из эксплуатации: атомный ледокол «Ленин» превращен в музей и установлен на хранение в Мурманском порту, атомные ледоколы «Арктика» и «Сибирь» содержатся на плаву у причалов. Оба ледокола выслужили срок службы, морально и физически устарели. Длительное нахождение атомных ледоколов на плаву в состоянии отстоя отрицательно сказывается на техническом состоянии корпусных конструкций, что может привести к их затоплению. С учетом того, что на атомных ледоколах находятся РАО и они являются источником потенциальной радиационной опасности, Росатом России предпринимает усилия для разработке и реализации программы безопасной утилизации судов

Conceptual Solutions Concerning Decommissioning and Dismantling of Civil Nuclear Powered Ships

K.N. Kulikov, R.A. Nizamutdinov
NIPTB Onega OAO, Severodvinsk, Russia
A.N. Abramov
FGUP "Atomflot", Murmansk, Russia

From 1959 up to 1991 nine civil nuclear powered ships were built in Russia: eight ice-breakers and one lash lighter carrier (cargo ship). At the present time three of them were taken out of service: ice-breaker "Lenin" is decommissioned as a museum and is set for storage in the port of Murmansk, nuclear ice-breakers "Arktika" and "Sibir" are berthing. The ice-breakers carrying rad-wastes appear to be a possible source of radiation contamination of Murmansk region and Kola Bay because the long-term storage of ships afloat has the negative effect on hull's structures. As the result of this under the auspices of the Federal Targeted Program "Nuclear and Radiation Safety of Russia for 2008 and the period until 2015" the conception and projects of decommissioning of nuclear-powered ships were developed by the State corporation Rosatom with the involvement of companies of United Shipbuilding Corporation. In developing the principal provisions of conception for decommissioning and dismantling of ice-breakers the technical and economic assessment of dismantling options in shiprepairing enterprises of North-West of Russia was performed.

The paper contains description of options, research procedure, analysis of options of decommissioning and dismantling of

nuclear ice-breakers, taking into account the principle of optimization of potential radioactive effect to personnel, public and environment. The report's conclusions contain the recommendations for selection of option for development of nuclear ice-breaker decommissioning and dismantling projects.

Introduction

From 1959 up to 1991 nine civil nuclear powered ships (CNPS) were built: eight icebreakers and one lash lighter carrier. At the present time three of them were taken out of service: the nuclear ice breaker "Lenin" is a museum and set for storage in the port of Murmansk, nuclear powered ice breakers "Arktika" and "Sibir" are stored afloat. Both ships were in active operation for full design service life. Long-term storage afloat of these ships has the negative effect on hull's structures technical condition and leads to hull integrity failure. Taking into account the fact that nuclear powered icebreaker is a possible source of radiation hazard Rosatom of Russia undertakes efforts for development NPS safe decommissioning and dismantling (D&D) program. Important task of this program is to develop and adopt the most optimal option for CNPS D&D.

с ЯЭУ. Важным здесь представляется разработка и принятие наиболее оптимального варианта утилизации.

Основные технические характеристики атомных ледоколов проекта 1052

Атомные ледоколы проекта 1052 имеют высокие борта, четыре палубы и две платформы, бак и пятиярусную надстройку. Корпус сделан из высокопрочной легированной стали, в местах, подверженных наибольшему воздействию ледовых нагрузок усилен ледовым поясом.

В реакторном отсеке ледоколов размещена АППУ ОК-900. Установка спроектирована ОКБМ Африкантов.

Компоновка всех установок – блочная. Каждый блок включает в себя реактор типа ВВР, четыре ЦНПК и четыре ПГ, КО, ИОФ с холодильником и другое оборудование. Реактор, ЦНПК и ПГ имеют отдельные корпуса и соединены друг с другом короткими патрубками типа «труба в трубе». Все оборудование расположено вертикально в кессонах БЖВЗ и закрыто малогабаритными блоками защиты, что обеспечивает легкую доступность при ремонтных работах. Реакторное оборудование, оборудование и трубопроводы спецсистем имеют радиоактивное загрязнение.

Атомные ледоколы проекта 1052 имеют следующие основные характеристики [1]:

Длина наибольшая	148,0 м
Длина по конструктивной ватерлинии	136,0 м
Ширина наибольшая	30,0 м
Ширина по конструктивной ватерлинии	28,0 м
Высота борта до верхней палубы	17,2 м
Осадка по конструктивную ватерлинию	11,0 м
Водоизмещение порожнее	19 300 т
Водоизмещение наибольшее	23 460 т
Мощность атомной энергетической установки	2×171 МВт

Общий вид атомного ледокола проекта 1052 представлен на рис. 1.

Атомный ледокол «Арктика» – головное судно серии проекта 1052 заложен 3 июля 1971 года на Балтийском заводе в Ленинграде. Спуск на воду произведен 26 декабря 1972 года. Окончание ходовых



Рис. 1

Общий вид атомного ледокола проекта 1052

Fig. 1

General view of nuclear ice-breaker project 1052

испытаний – 17 декабря 1974 года. Прием в эксплуатацию и подъем государственного флага на ледоколе – 25 апреля 1975 года. Выгрузка ОЯТ из реакторов а/л «Арктика» произведена в ноябре 2008 года.

«Сибирь» – российский атомный ледокол класса «Арктика». Построен на Балтийском заводе в Ленинграде по проекту 1052 (ЦКБ «Айсберг»). Принят в эксплуатацию 28 декабря 1977 года. С 1993 года законсервирован. ОЯТ из реакторов атомного ледокола «Сибирь» выгружено.

Основание для вывода из эксплуатации и утилизации атомных ледоколов проекта 1052

Согласно положениям «Концепции комплексной утилизации АПЛ и НК с ЯЭУ» [2] и «Концепции по утилизации судов с ядерными энергетическими установками и судов атомного технологического обслуживания» [3] в России принята схема «отложенной» утилизации, подразумевающая длительную выдержку (около 70 лет) блоков РО утилизируемых АПЛ, РП утилизируемых НК с ЯЭУ и хранилищ ПТБ. Процесс конечной утилизации блоков РО или РП утилизируемых НК с ЯЭУ и хранилищ ПТБ должен проходить в течение длительного хранения. Если радиация и техническое состояние судна позволяют полную утилизацию в ходе вывода из эксплуатации, этот вариант также должен быть учтен в ходе разработки технологии вывода из эксплуатации.

В соответствии с НП-037 [4] под выводом из эксплуатации ЯЭУ судна понимается осуществление комплекса мероприятий после удаления ядерного топлива, исключаяющего

Main Technical Specifications of Nuclear Ice Breakers Project 1052

The nuclear ice breakers Project 1052 have got high boardsides, four decks and two platforms, a tank and five-tier superstructure. The hull is made of high-strength alloy steel; the areas of greatest ice load impact are reinforced by ice belt.

Nuclear steam generating plant OK-900 is arranged in reactor compartment. The plant is designed by Afrikantov OKBM design bureau.

Steam generating plant has a modular configuration. Each of two modules consists of pressurized water reactor, four primary circulating pumps and four steam generators, pressurizer, ion-exchange filter with cooling unit and other equipment. The reactor, primary circulating pump and steam generator have got separate casings and are connected by short branch pipes, type pipe-in-pipe. All equipment is arranged vertically in caissons of biological shielding tank and protected by small-size blocks than provide the easy access for maintenance work. Reactor equipment, equipment and pipelines of primary cooling loop are exposed to irradiation and contamination.

The nuclear ice-breakers Project 1052 specification [1]:

Overall length	148,0m
Length on design waterline	136,0m
Overall width	30,0m
Width on water line	28,0m
Broadside high up to upper deck	17,2m
Design draft	11,0m
Light displacement	19 300t
Displacement, max	23 460t
Nuclear power plant power	2×171 MWt

General view of nuclear ice-breaker Project 1052 is given in Fig. 1.

Nuclear ice-breaker “Arktika” is the lead ship of series project 1052 (designer – Iceberg Design Bureau) was laid in July 3, 1971 at Baltic Shipyard, Leningrad. “Arktika” was launched on December 26, 1972. The completion of sea trials - December 17, 1974. Acceptance of nuclear ice-breaker “Arktika” for service and rising of national colors were carried out in April 25, 1975. Removal of spent nuclear fuel (SNF) from nuclear ice-breaker “Arktika” reactors was done in November, 2008.

“Sibir” – nuclear ice-breaker class “Arktika”, was built as per project 1052 in Baltic shipyard in Leningrad. Accepted for service in December 28, 1977. “Sibir” is out of service since 1993. SNF was removed from both reactors.

Basis for Decommissioning and Dismantling of Nuclear Ice-Breaker Project 1052

Subject to the provisions of “Conception of Comprehensive Dismantling of Nuclear Powered Submarines and Surface Ships” [2] “Conception of Comprehensive Dismantling of Civil Nuclear Powered Ships and Nuclear Powered Fleet Technical Support Vessels” [3] the “delayed” dismantling scheme presupposes the long-term storage (about 70 years) of reactor compartment (RC) blocks of dismantled Nuclear Powered Submarines, RC of civil nuclear powered ships, Nuclear Powered Fleet technical support Vessels (NPFS vessels) blocks is adopted in Russia. Process for final dismantling of RC or NPFS blocks must be developed during the long-term storage. If radiation and technical condition of the ship allows full dismantling during decommissioning this option also must be considered during decommissioning procedure development.

In accordance with safety rules [4] nuclear powered ships decommissioning is the set of activities after unloading of nuclear fuel which eliminate the possibility of ship nuclear power plant operation as power supply and ensuring the safety of personnel, population and environment.

Decommissioning of CNPS and its nuclear power plant is presupposed for the following cases:

- expiration of specified service life (considering failure-free operation of the reactor plant during the whole service life);
- up to expiration of design life by the decision of public authorities.

In accordance with requirements [4], [5] the decommissioning of radiation facility or its part to be carried out in compliance with the project. The safety activities to be specified by radiation facility decommissioning program.

использование ЯЭУ судна в качестве источника энергии и обеспечивающего безопасность персонала, населения и окружающей среды.

Вывод из эксплуатации ледокола и его ЯЭУ предусматривается в следующих случаях:

- по истечении назначенного срока службы (при этом предусматривается, что РУ в течение всего срока службы работала без аварий);
- до истечения проектного срока службы по решению органов государственной власти.

В соответствии с требованиями НП-037-11 [4], СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ 99/2010) [5] вывод из эксплуатации радиационного объекта или отдельной его части должен производиться в соответствии с проектом. В проекте вывода радиационного объекта из эксплуатации должны быть предусмотрены мероприятия по обеспечению безопасности на всех этапах вывода его из эксплуатации.

Варианты утилизации атомных ледоколов проекта 1052 [6]

В связи с тем, что ледоколы выслужили срок службы, морально и физически устарели рассмотренные далее схемы утилизации предполагают, что конечным состоянием атомного ледокола после вывода его из эксплуатации является его ликвидация путем полной разделки и реализации вторичных материалов или их захоронение.

Предпочтительный вариант утилизации атомных ледоколов должен удовлетворять следующим условиям:

- минимальный уровень воздействия на персонал, население и окружающую среду в процессе утилизации;
- приведение РАО, включая демонтированные загрязненные конструкции,

в безопасное для населения и окружающую среду состояние;

- минимальные стоимость и продолжительность проведения работ по утилизации, а также затраты на дальнейшее содержание блок-упаковок.

Величина активности, локализация ее в материалах конструкций и оборудования, в жидких и твердых отходах, а также дозовые нагрузки на персонал зависят от принятых конструктивных решений и, соответственно, обуславливают различный подход к выводу из эксплуатации РУ.

Это может быть:

- «немедленный» демонтаж – демонтаж непосредственно после остановки РУ в условиях высоких радиационных полей;
- «отсроченный» демонтаж – простое прекращение эксплуатации РУ и ее сохранение (консервация) под контролем длительное время (до распада активности и снижения уровней излучения до допустимых пределов).

Варианты «немедленного» и «отсроченного» демонтажа РУ имеют свои преимущества и недостатки.

При «немедленном» демонтаже возможны:

- использование персонала, обслуживающего ядерный реактор;
- использование существующих служб технического обеспечения и оборудования;
- реализация материалов и оборудования, годных к повторному использованию;
- экономия на обслуживании, контроле и наблюдении.

При «отсроченном» демонтаже возможны:

- отнесение затрат на ликвидацию РУ на более позднее время;
- использование минимального числа персонала;



Рис. 2

Пункт длительного хранения реакторных отсеков в губе Сайда (на переднем плане показано оборудование судовозной транспортной системы)

Fig. 2

Long-term storage site of reactor compartments at Saida Bay (equipment of ship-transporting system is given in foreground)

Options of Nuclear Powered Ice-Breakers 1052 D&D [6]

Due to the fact that the service life of CNPS is over, they are morally and physically obsolete further considered schemes presuppose that the final state of nuclear ice-breaker (after its decommissioning) is D&D with recycling or disposal of elements.

The adopted option of nuclear ice-breakers dismantling should meet the following requirements:

- Minimal exposure level on personnel, population and environment during dismantling;
- RW including dismantled contaminated structures should be brought to safe conditions to minimize risks for population and environmental;
- Minimal costs and duration of operations on dismantling and minimization of costs for further maintenance of package units.

The amount of activity, its distribution in materials of structures and equipment and thus radiation exposure to personnel during D&D activities depend on active service time and technical condition of power plant. These circumstances define the possible approaches to CNPS and its RC decommissioning.

It may be:

- “Immediate” D&D – decommissioning and dismantling after stopping of reactor plant operation under condition of high radiation field;
- “Delayed” D&D – decommissioning and dismantling after storage of reactor plant under the control for long time (up to decay of activity and recession of radiation level up to acceptable one).

The option of “immediate” and “delayed” D&D of CNPS has got the merits and demerits. At the “immediate” D&D are possible:

- Mobilization of staff operating the reactor plant;
- Mobilization of existing services of maintenance support and equipment;
- Metal materials and equipment applicable for recycling;
- Saving on maintenance, control and monitoring.

At the “delayed” D&D is possible:

- To defer cost application to abandonment of reactor plant;
- To mobilize minimum staff;
- To minimize radiation exposure on pop-

ulation and personnel irradiation;

- To decrease RW volume.

Nuclear power plant of nuclear powered ice-breaker “Sibir” was stopped in 1992 so the option of “immediate” D&D is not applicable. “Sibir” safe storage period is also not essential to reduce radioactivity level to “delayed” dismantling option. Both options of D&D are applicable for nuclear powered ice breaker “Arktika” and next retired nuclear ice breakers.

D&D strategy adopted in Russia allows implementing semi “immediate” dismantling option for CNPS with decommissioning of CNPS as a ship with storage afloat or ashore RC blocks. This approach is possible due to availability of infrastructure for storing afloat or ashore these blocks.

For long-term storage ashore of nuclear powered submarines RC, surface nuclear powered ships, package units of NPFS vessels in the North West region of the Russian Federation with the financial support from Germany under the program “Global Partnership” the long-term storage site of Saida Bay equipped with ship-transporting equipment and infrastructure for package units maintenance was built [7,8].

Based on analysis of exciting dismantling experience of NPS, navy and civil NPFS vessels [9,10], technical condition of nuclear powered ice-breakers, availability of infrastructure and resources in the North-West region following option of D&D were developed [6]:

Option 1 – non-floating RC block bounded by transverse watertight bulkheads of 74 and 95 frames.

Package unit is a non-floating reactor block formed by cutting of reactor compartment out the ice-breaker hull, bounded by watertight bulkheads of 74 and 95 frames and nuclear power plant protection enclosure structures. The block consists of nuclear steam generating plant compartment, monotekus compartment, special systems, SRW storage located under nuclear steam generating plant compartment. Also keel hull frame and outer coating of keel are saved. Approximate dimensions: length – 17,5m, width – 15,5m, height – 13m. Approximate weight – 3500t.

The view of the 1st option of package unit is given in Figure 3.

Option 2 – non-floating reactor block formed by cutting nuclear steam generating plant as a part of biological shielding tank.

- минимизация радиационного воздействия на население и уменьшение облучения персонала;
- снижение объема РАО.

ЯЭУ а/л «Сибирь» выведена из работы в 1992 году, поэтому вариант «немедленного» демонтажа РУ для а/л «Сибирь» не рассматривается. Период безопасного хранения а/л «Сибирь» не существен для снижения уровня радиации при «отсроченном» демонтаже. В схемах вывода из эксплуатации атомного ледокола «Арктика» и последующих атомных ледоколов возможно рассмотрение обоих вариантов демонтажа ЯЭУ.

Стратегия утилизации, принятая в России, позволяет использование «полунемедленного» демонтажа гражданских судов посредством вывода из эксплуатации судна и хранения блоков РО на воде или на суше.

Для длительного хранения на твердом основании реакторных отсеков АПЛ, надводных кораблей с ЯЭУ, блок-упаковок судов атомного технологического обслуживания в Северо-Западном регионе Российской Федерации при финансовой поддержке Германии по программе «Глобальное партнерство» создан пункт длительного хранения (ПДХ) в губе Сайда, оснащенный судовозным оборудованием и инфраструктурой для обслуживания блоков [7,8].

По результатам анализа существующего опыта утилизации АПЛ, плавтехбаз ВМФ, судов атомного технологического обслуживания гражданского флота [9,10], технического состояния атомных ледоколов, наличия необходимой инфраструктуры и ресурсов в Северо-Западном регионе были определены следующие варианты утилизации по категориям [6]:

Вариант 1 – неплавучий блок (РБл), ограниченный поперечными прочно-плотными переборками по 74 и 95 шп.

Упаковка представляет собой неплавучий блок РБл, сформированный путем вырезки блока РП из корпуса ледокола, ограниченный поперечными прочноплотными переборками по 74 и 95 шп. и конструкциями защитного ограждения ЯЭУ. Блок включает в себя помещения АППУ, а также помещения монжусов, специальных систем, хранилище ТРО, находящиеся под помещением АППУ. Также сохраняется килевой набор корпуса и наружная обшивка киля. Ориентировочные размеры: длина – 17,5 м, ширина – 15,5 м, высота – 13 м. Ориентировочная масса – 3500 т.

Изображение блок-упаковки по варианту 1 представлено на рис. 3.

Вариант 2 – неплавучий блок РБл, сформированный путем вырезки блока АППУ в составе БЖВЗ.

Упаковка представляет собой неплавучий блок РБл, сформированный путем вырезки блока АППУ (помещения ППУ № 1 и № 2 с защитой). РУ находится в составе БЖВЗ.

Этот вариант предполагает:

- вырезку РП в поперечном направлении по 74,5 – 76,5 шп. и по 88,0 – 90,0 шп.
- разделение корпуса ледокола на три части;
- вырезку АППУ в продольном направлении по левому и правому борту РП.

Ориентировочные размеры: длина – 9 м, ширина – 14 м, высота – 6 м. Ориентировочная масса – 2000 т.

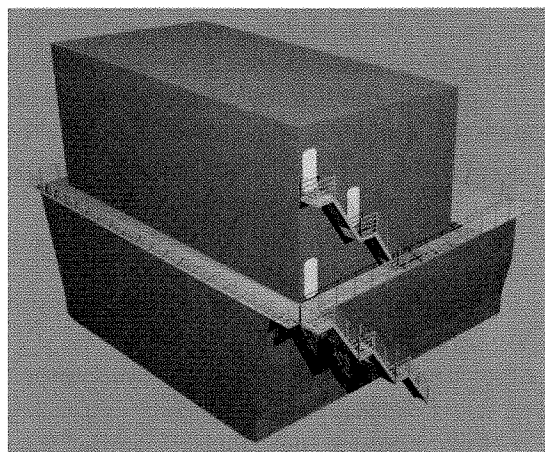


Рис. 3

Блок-упаковка по варианту 1

Fig. 3

1st option of package unit

Изображение блок-упаковки по варианту 2 представлено на рис. 4.

Вариант 3 – неплавучий блок РБл, сформированный путем выгрузки АППУ (РУ, ПГ, ГЦНПК, трубопроводы 1 контура) из БЖВЗ

Упаковка представляет собой неплавучий блок РБл, сформированный путем выгрузки АППУ из БЖВЗ и загрузки в специальный защитный контейнер. Ориентировочные размеры: длина – 6,5 м, ширина – 7 м, высота – 6 м. Ориентировочная масса – 600 т.

Package unit is a non-floating reactor block formed by cutting nuclear steam generating plant including compartments of steam generating plant No1 and No2 with protection. The reactor plant is a part of biological shielding tank.

This option presupposes:

- Cutting out reactor comp. in transverse direction 74,5 – 76,5fr. and 88,0 – 90,0fr.
- Dividing of ice breaker hull into 3 parts;
- Dismantling of nuclear steam generating plant in longitudinal direction on portside and starboard of reactor compartment.

Approximate dimensions: length – 9m, width – 14m, height – 6m. Approximate weight – 2000t.

The view of package unit as per option 2 is given in Figure 4.

Option 3 – non-floating reactor block formed by unloading of nuclear steam gener-

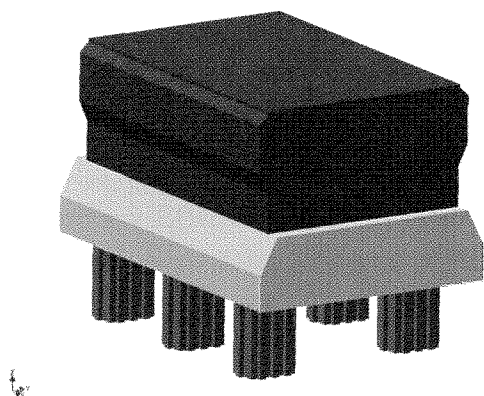


Рис. 4
Блок-упаковка по варианту 2
Fig. 4
2nd option of package unit

ating plant (reactor plant, steam generators, primary circulating pumps, primary piping) from biological shielding tank.

Package unit is a non-floating reactor block formed by unloading of nuclear steam generating plant from iron-water protection tank and loading to special shielding castle. Approximate dimensions: length – 6,5m, width – 7m, height – 6m. Approximate weight – 600t.

The view of the 3rd option of package unit is given in Figure 5.

Option 4 – floating reactor block bounded by pressure bulkheads of 43 and 142 frames.

Package unit is a floating reactor block formed by cutting-out of reactor compartment and neighbour compartments of icebreaker hull bounded by pressure bulkheads of 43 and 142fr., structures of outer hull coating and decking on the level of upper deck. Approximate dimensions: length – 80m, width – 30m, height – 20m. approximate weight – 9000t.

The view of the 4th option of package unit is represented on Figure 6.

According to the technical and economic assessment the optimum option of CNPSe D&D is a forming of non-floating reactor block as per the 1st option for long-term storage at Saida bay with dismantling of fore and aft ends of ship at Nerpa shipyard slipway after completing of the following preparation activities connected with:

- RW and SNF management and unloading of vessel to provide its draught parameters for going to Kut

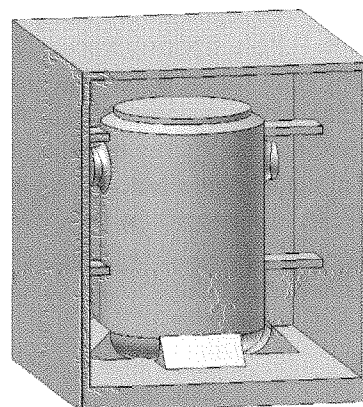


Рис. 5
Блок-упаковка по варианту 3
Fig. 5
3rd option of package unit

- bay (FGUP “Atomflot” responsibility);
- unloading of vessel afloat at Nerpa Shipyard up to parameters corresponding to freight-carrying capacity of floating dock PD-42 (13500t) and providing setting it in slipway.

Accepted Dismantling Technology of Ice-Breaker Project 1052

NIPTB Onega OAO with involvement of Iceberg design bureau, Afrikantov OKBM

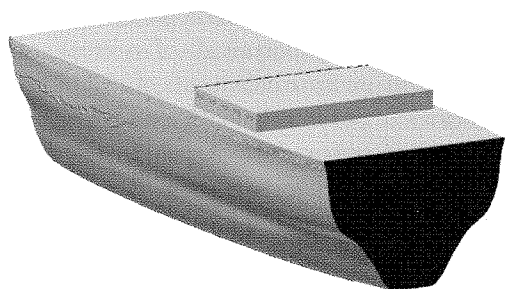


Рис. 6

Блок-упаковка по варианту 4

Fig.6

4th option of package unit

Изображение блок-упаковки по варианту 3 представлено на рис. 5.

Вариант 4 – плавучий блок ПРБл, ограниченный поперечными прочно-плотными переборками по 43 и 142 шп.

Упаковка представляет собой плавучий блок ПРБл, сформированный путем вырезки РП и смежных помещений из корпуса ледокола, ограниченный поперечными прочно-плотными переборками по 43 и 142 шп., конструкциями наружной обшивки корпуса и настилом на уровне верхней палубы. Ориентировочные размеры:

длина – 80 м, ширина – 30 м, высота – 20 м. Ориентировочная масса – 9000 т.

Изображение блок-упаковки по варианту 4 представлено на рис. 6.

По технико-экономической оценке оптимальным при комплексной утилизации судов с ЯЭУ является вариант формирования неплавучего реакторного блока по варианту 1 для длительного хранения в ПДХ РО «Сайда» с утилизацией оконечностей судна на основной стапельной плите СРЗ «Нерпа» с предварительными работами:

- на ФГУП «Атомфлот» – по обращению с ОЯТ, РАО и разгрузке судна для обеспечения его прохода в бухту Кут по параметрам осадки;

- на СРЗ «Нерпа» – по разгрузке судна при стоянке на плаву до параметров, соответствующих проектной грузоподъемности плавдока ПД-42 (13500 т) и обеспечивающих постановку судна на стапель.

Принятая технология утилизации атомных ледоколов проекта 1052

ОАО «НИПТБ «Онега», с привлечением ОАО ЦКБ «Айсберг», ОАО «ОКБМ Африкантов» и ФГУП НИИ ПММ в период с августа 2010 года по настоящее время выполняет разработку КПОД утилизации атомных ледоколов проекта 1052.

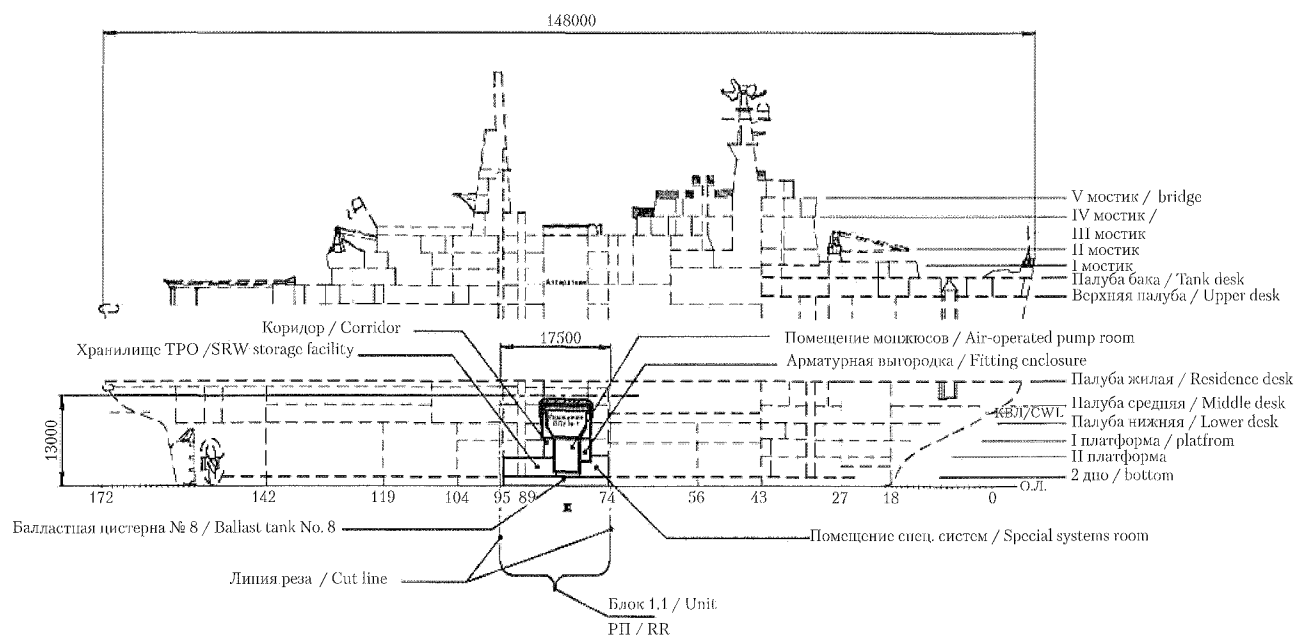


Рис. 7

Схема вырезки блока АППУ атомного ледокола проекта 1052

Fig. 7

Nuclear powered ice-breaker Project 1052 nuclear steam generating plant dismantling diagram

Табл. 1. Результаты технико-экономической оценки вариантов утилизации атомных ледоколов проекта 1052 [11]

Вариант		СРЗ «Нерпа»		«ПС «Звездочка»		82 СРЗ	
		Трудоемкость, нормо-ч	Стоимость, млн. руб.	Трудоемкость, нормо-ч	Стоимость, млн. руб.	Трудоемкость, нормо-ч	Стоимость, млн. руб.
I	Неплавучий блок, ограниченный поперечными прочными переборками	832432	1235,0	909548	1439,7	855822	1247,3
II	Неплавучий блок, сформированный путем вырезки блока РУ	922799	1357,7	971911	1498,2	936104	1360,9
III	Неплавучий блок, сформированный путем выгрузки ЯЭУ	946639	1493,9	984534	1648,1	953119	1546,8
IV	Плавучий блок, ограниченный поперечными прочноплотными переборками	-	-	975755	1555,4	958410	1377,4
Примечание. Стоимость работ приведена с учетом НДС							

Table 1 The results of technical and economic assessment of dismantling options of nuclear ice breaker Project 1052 [11]

Option		Nerpa shipyard		SR Zvezdochka		82 Shipyard	
		Labour expenditures, manhours	Cost, MRUR	Labour expenditures, manhours	Cost, MRUR	Labour expenditures, manhours	Cost, MRUR
I	Non-floating block bounded by transverse bulkheads	832432	1235,0	909548	1439,7	855822	1247,3
II	Non-floating block formed by reactor plat cut-out	922799	1357,7	971911	1498,2	936104	1360,9
III	Non-floating block formed by nuclear power plant unloading	946639	1493,9	984534	1648,1	953119	1546,8
IV	Floating block bounded by transverse bulkheads	-	-	975755	1555,4	958410	1377,4
Note – Cost with VAT							

Табл. 2. Организационно-технологическая схема
утилизации атомных ледоколов проекта 1052

Наименование этапа	Описание
Вывод из эксплуатации	Выгрузка рабочих сред, ЖРО, ТРО, дезактивация оборудования и помещений ледоколов у причальной стенки ФГУП «Атомфлот»
Демонтажные работы на плаву	Удаление жидких грузов, демонтаж палубного оборудования, которое не потребуется при перегоне и утилизации судна, демонтаж и выгрузка крупногабаритного оборудования из помещений судна через штатные шахты и с выполнением временных вырезов в корпусных конструкциях с последующей их заделкой для разгрузки ледокола. (Осадка неразгруженного ледокола по КВЛ составляет 11 м). Объем демонтируемого оборудования определен ОАО «ЦКБ «Айсберг» и приведен в [14]
Перевод атомного ледокола на СРЗ «Нерпа»	Перевод атомного ледокола на СРЗ «Нерпа» с помощью буксиров [13]
Постановка ледокола у набережной, демонтажные работы на плаву, постановка в ПД-42, на открытую стапельную плиту	Постановка ледокола у набережной, демонтаж корпусных конструкций и всего оборудования, расположенного выше жилой палубы за исключением отсека АППУ, демонтаж среднего и двух бортовых ГЭД, демонтаж ГТГ для осуществления а/л до массы, не превышающей грузоподъемность ПД-42 (13500 т). Перемещение а/л с ПД-42 на открытую стапельную плиту осуществляется с помощью судовозных тележек
Разрезка судна на блоки: кормовой, носовой и реакторный блок на открытой стапельной плите. Раздвижка блоков	Вырезка реакторного блока на открытой стапельной плите (см. рис. 6). Раздвижка блоков атомного ледокола с помощью судовозных тележек (вырезка забойных участков по торцам блока)
Утилизация носовой и кормовой оконечностей а/л на открытой стапельной плите	Утилизация носовой и кормовой оконечностей а/л на открытой стапельной плите, специализированных участках, оснащенных необходимым оборудованием для разделки корпусных конструкций, оборудования, механизмов и т. д.
Формирование блока АППУ на стапеле открытой стапельной плиты и подготовка к долговременному хранению	Блок-упаковка АППУ представляет собой неплавучий реакторный блок, сформированный путём вырезки блока реакторного помещения из корпуса ледокола, ограниченный поперечными прочноплотными переборками по 74 и 95 шп. и конструкциями защитного ограждения АППУ. Блок включает в себя помещение АППУ, а также помещения монжусов, специальных систем, хранилище ТРО, находящиеся под помещением АППУ. Также сохраняется килевой набор корпуса и наружная обшивка киля [15].
Постановка блок-упаковки АППУ в ПД-42	Перемещение блок-упаковки АППУ с открытой стапельной плиты в ПД-42 с помощью рельсовой транспортной системы
Транспортирование блок-упаковки АППУ в ПДХ РО «Сайда» в ПД-42	Транспортирование и размещение блок-упаковки АППУ на долговременное хранение в ПДХ РО «Сайда» в составе партии блоков осуществляется с использованием ПД-42 по принятой транспортно-технологической схеме
Длительное хранение сформированной блок-упаковки АППУ в ПДХ РО «Сайда»	Длительное хранение блок-упаковки АППУ на площадке хранения РО в ПДХ РО «Сайда»

Table 2. The organizational and technological diagram of nuclear powered ice-breaker Project 1052 decommissioning and dismantling

Stage denomination	Description
Decommissioning	Discharge of operating medium, LRW, SRW, decontamination of equipment and compartments of ice-breakers berthing FGUP "Atomflot".
Dismantling operations afloat	Discharge of liquid load, dismantling of deck equipment which nit used during transportation and dismantling of vessel, dismantling and unloading of large-size equipment out the compartment via standard trunks and temporary opening in hull structures with further closing. Draught of not unloaded ice-breaker at design waterline is equal to 11m). The scope of dismantled equipment is determined by Iceberg Design Bureau [14].
Transportation of ice-breaker to Nerpa Shipyard	Transportation of ice-breaker to Nerpa Shipyard by tug boats
Berthing, dismantling operation afloat, putting in Floating dock PD-42, slipway	Berthing, dismantling of large-size hull structures and all equipment located above accommodation deck except nuclear steam generating plant compartment, dismantling of middle and 2 boards propeller motors, dismantling of main turbine generator to provide the weight of ice-breaker which not exceed load-carrying capacity of floating dock PD-42 (13500 t). Shifting of ice-breaker to floating dock PD-42 is carried out by ship transport trolleys.
Cutting of ship into fore, aft, reactor blocks in slipway, and their separation	Cutting-out the reactor block on slipway (ref. Fig.6). Separation of ice-breaker blocks by ship transport trolleys.
Dismantling of fore and aft ends of nuclear ice-breakers in open slipway	Dismantling of fore and aft ends of ice-breaker in open slipway, special bays with necessary equipment for dismantling of hull structures, equipment, mechanisms and etc.
Formation of nuclear steam generating plant block in open slipway for long-term storage	Package unit of nuclear steam generating plant is a non-floating reactor block formed by cutting reactor compartment block out ice-breaker hull bounded by transverse pressure bulkheads of 74 and 95 frames and protection enclosure structures. The block consists of nuclear steam generating plant compartment, montejus compartment, special systems, SRW storage located under nuclear steam generating plant compartment. Also keel hull frame and outer coating of keel are save [15].
Setting of package unit of nuclear steam generating plant in floating dock PD-42	Transportation of package unit of nuclear steam generating plant from open slipway to floating dock PD-42 by rail-guided transport system
Transportation of package unit of nuclear steam generating plant to long-term storage site at Saida bay by floating dock PD-42	Transportation and arrangement of package unit of nuclear stem generating plant for long-term storage at Saida bay as part of block batches bey applying of floating dock PD-42 as per accepted transportation flow chart.
Long-term storage of formed package unit of nuclear steam generating plant at Saida Bay	Long-term storage of formed package unit of nuclear steam generating plant in storage area at Saida bay

В разработанной документации применены следующие инженерные решения:

а) блок-упаковка АППУ формируется в виде неплавучего реакторного блока, ограниченного поперечными прочноплотными переборками 74 и 95 шп. на СРЗ «Нерпа» (рис. 7) с последующим размещением и хранением его в ПДХ РО «Сайда» в течение 70 лет. Данное решение соответствует принятым в РФ Концепциям [2,3];

б) до перевода атомного ледокола на СРЗ «Нерпа» на утилизацию, для прохода ледокола в бухту Кут, имеющую ширину прохода 50 м с глубинами по границам канала 8,0 м, по оси канала 9,5 м на большой воде и баллаستировки судна необходимо произвести разгрузку ледокола до массы, формирующей осадку ледокола менее 9,5 м [12];

в) для постановки атомного ледокола в ПД-42 (для перевода на стапельную плиту) ледокол необходимо разгрузить до массы 13500 т [12];

г) принято и обосновано решение о том, что при подготовке блок-упаковки АППУ к долговременному хранению в ПДХ РО не выгружать сорбенты из фильтров активности первого контура;

д) блок-упаковка АППУ формируется по схеме, указанной в табл. 2.

Список литературы

1. *А.М. Воробьев* по материалам прессы, Атомные ледоколы России: технические характеристики. Подводные технологии и мир океана, ном. 2, 2006.

2. Концепция комплексной утилизации АПЛ и НК с ЯЭУ/ Поручение Правительства РФ от 17.02.2001 ИК-П7-02738.

3. Концепция по утилизации судов с ядерными энергетическими установками и судов атомного технологического обслуживания/ Приказ Госкорпорации «Росатом» от 11.01.2013 № 1/3-П.

4. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Правила безопасности при выводе из эксплуатации судов и иных плавсредств с ядерными установками и радиационными источниками» НП-037-11.

5. СП 2.6.1.2612 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)».

6. Принципиальные схемы утилизации судов с ядерными энергетическими уста-

новками и судов атомного технологического обслуживания (а/л «Арктика», «Сибирь», п/б «Лотта»). Отчёт. ЯНМИ.У000.0415.00.005. ОАО «НИПТБ «Онега», 2012.

7. *С.Kobus EWN GmbH*. Состояние работ по проекту Сайда. Утилизация судов атомного технологического обслуживания и надводных кораблей с ядерными энергоустановками. Семинар КЭГ МАГАТЭ. Мурманск, 2005.

8. *Х.Шмидт, EWN GmbH* Предложения Германии по созданию регионального центра по обращению с РАО в губе Сайда. Семинар КЭГ МАГАТЭ по Системе обращения с РАО в северо-западном регионе России. Оксфорд, 2008.

9. *К.Н. Куликов, Р.А. Низамутдинов, А.Н. Абрамов, А.И. Цубанников* Разработка решения утилизации судно АТО ПТБ «Володарский» [ИСЕМ2009–16386]. Сборник докладов 12 Международной конференции по восстановлению окружающей среды и обращению с радиоактивными отходами – Ливерпуль, 2009.

10. *К.Н. Куликов, Р.А. Низамутдинов, А.Н. Абрамов* Разработка инженерных решений по утилизации судов обеспечения атомного гражданского флота [ИСЕМ2011-59386] Сборник докладов 14 Международной конференции по восстановлению окружающей среды и обращению с радиоактивными отходами – Реймс, 2011.

11. Технико-экономическая оценка утилизации судов с ядерными энергетическими установками (Атомный ледокол «Арктика», «Сибирь»). Отчёт. ЯНМИ.0415.00.177. ОАО «НИПТБ «Онега», 2012.

12. Организационно-технические мероприятия по выводу из эксплуатации атомного ледокола проекта 1052 (10521). Основные положения. ЯНМИ.У000.0420.00.033. ОАО «НИПТБ «Онега», 2012.

13. Перегон атомного ледокола пр. 1052 к месту утилизации. Пояснительная записка. Инв. № 4883. ОАО «ЦКБ «Айсберг», 2012.

14. Подготовка атомного ледокола проекта 1052 к утилизации. Перечень демонтируемого оборудования. Инв. № 4886. ОАО «ЦКБ «Айсберг», 2013.

15. Основные технические требования к формированию блок-упаковки АППУ атомного ледокола проекта 1052 для длительного хранения в ПДХ РО «Сайда». ЯНМИ.У1052.360902.001Д1 ОАО «НИПТБ «Онега», 2013

and NIIPMM (institute for maritime medicine) during the period from August 2010 to present time have been developing Project's Procedural, Design and Organization Documentation Package for dismantling of nuclear ice-breaker Project 1052.

Following engineering solutions are applied in the developed documentation:

a) Package unit of nuclear steam generating plant is formed as non-floating reactor block bounded by transverse pressure bulkheads of 74 and 95 frames at Nerpa Shipyard (ref. Fig. 7) with further its disposal and storage at Saida bay during 70 years. This solution corresponds to Conceptions accepted in the Russian Federation [2,3];

b) It is requested to unload the ice-breaker to the weight which provides its draught less than 9.5m before transportation it for dismantling to the Saida bay via Kut bay (width of a gap – 50m, with depth of the waterway borders – 8,0 m, axis of waterway – 9,5m at high tide and ballasting [12];

c) Before setting of ice-breaker in Floating Dock PD-42 (for transportation to slipway) it is requested to unload it up to the mass equal to 13500t [12];

d) The decision not to unload the sorbent agents of the primary circuit filters during preparation package unit of nuclear steam generating plant was accepted and defended;

e) Package unit of nuclear steam generating plant is formed as per scheme represented in Table 2:

References

[1] A. Vorobyov based on media materials, Nuclear powered ice-breakers of Russia: specification. Underwater technologies and ocean world, No.2, 2006.

[2] Concept of Comprehensive Dismantling of Nuclear Powered Submarines and Surface Ships/ Instruction of the RF Government dated Feb. 17, 2001 IK-P7-02738.

[3] Concept of D&D of Civil Nuclear Powered Ships and Civil Nuclear Powered Fleet Technical Support Vessels/ Order of State Corporation "Rosatom" dated January 11, 2013 No 1/3-P.

[4] Federal rules and regulations in the sphere of nuclear energy use "Safety rules for decommissioning of ships and other nuclear powered vessels with radiation sources" NP-037-11.

[5] SR 2.6.1.2612 "Principal Sanitary Radiation Safety Rules (OSPORB-99/2010)".

[6] Principle procedure of Civil Nuclear Powered Ships and Civil Nuclear Powered Fleet Technical Support Vessels ("Arktika", "Sibir", Lotta FTB). Report. ЯНМИ.У000.0415.00.005. NIPTB Onega, 2012.

[7] C. Kobus EWN GmbH. Status on Saida project. Dismantling of technical support ships and nuclear powered ships. Seminar of IAEA. Murmansk, 2005.

[8] H. Schmidt, EWN GmbH German offer to build up a regional centre for RW management at Saida bay. Seminar of IAEA on RW management system in the north-west region of Russia. Oxford, 2008.

[9] K. Kulilov, R. Nizamutdinov, A. Abramov, A. Tsubanikov, Dismantling solution Development for Volodarsky Civil Nuclear Fleet Support Vessel [ICEM2009-16386]. Proceeding of the 12th International Conference on Environmental Remediation and RW Management – Liverpool, 2009.

[10] K. Kulilov, R. Nizamutdinov, A. Abramov, Dismantling of Civil Nuclear Powered Fleet Technical Support Vessels. Engineering Solutions [ICEM2011-59386] Proceeding of the 14th International Conference on Environmental Remediation and RW Management – Reims, 2011.

[11] Technical and economic assessment of nuclear powered ships dismantling (Nuclear powered ice-breakers "Arktika", "Sibir"). Report. ЯНМИ.0415.00.177. NIPTB Onega OAO, 2012.

[12] Organizational-technical measures of decommissioning of nuclear ice-breaker project 1052 (10521). Main principles. ЯНМИ.У000.0420.00.033. NIPTB Onega OAO, 2012.

[13] Transportation of nuclear ice-breaker project 1052 to dismantling site. Memorandum. Inv. No4883. JSC "CDB "Iceberg", 2012.

[14] Preparation of nuclear powered ice-breaker project 1025 for dismantling. List of dismantled equipment. Inv. No 4886. Iceberg Design Bureau, 2013.

[15] Main technical requirements to formation of package-unit of nuclear steam generating plant of nuclear powered ice-breaker project 1052 for long-term storage at Saida Bay ЯНМИ.У1052.360902.001/1 NIPTB Onega OAO, 2013