

DOI: 10.24937/2542-2324-2020-3-393-121-132
УДК [621.039:629.5.03]:656.612.5

К.Н. Куликов, С.В. Лодочников, М.В. Бородин, А.Н. Чертов
АО «Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро «Онега», Северодвинск, Россия

АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ С ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

Объект и цель научной работы. Объектом исследования является утилизация надводных кораблей с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ), целью работы – оценка обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации кораблей с ЯЭУ.

Материалы и методы. Концепции утилизации большого атомного разведывательного корабля (БАРЗК) «Урал» в Приморском крае, публикации в журналах. В работе использованы универсальные методы исследования, такие как анализ, сравнение, конкретизация.

Основные результаты. Рассмотрен опыт впервые выполненной утилизации надводного корабля (НК) с ЯЭУ в Приморском крае, изложены технические и организационные аспекты утилизации НК с ЯЭУ на примере проекта 1941.

Заключение. На основании проведенного исследования сделан вывод о необходимости дальнейшего обращения с плавучим блоком реакторного отсека (РО) БАРЗК «Урал» с целью уменьшения его массогабаритных характеристик для обеспечения постановки на долговременное хранение в пункт длительного хранения РО «Устричный». Предложен альтернативный вариант вывода из эксплуатации НК с ЯЭУ, основанный на выгрузке баков железобетонной защиты с атомной паропроизводящей установкой и формировании из них объекта долговременного хранения без создания промежуточных блоков.

Ключевые слова: бак железобетонной защиты, блок-упаковка, вывод из эксплуатации, надводный корабль с ядерной энергетической установкой, «Урал», утилизация, проект 1941, радиационная безопасность.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

DOI: 10.24937/2542-2324-2020-3-393-121-132
UDC [621.039:629.5.03]:656.612.5

K. Kulikov, S. Lodochnikov, M. Borodin, A. Chertov
JSC NIPTB Onega, Severodvinsk, Russia

SCRAPPING OF NUCLEAR SURFACE SHIPS IN THE PRIMORSKY KRAY

Object and purpose of research. This study is devoted to the scrapping of nuclear ships for the risk assessment of their decommissioning activities.

Materials and methods. Based on available publications, this paper discusses various concepts for scrapping SSV-33 *Ural*, a large nuclear-powered ELINT ship, in the Primorsky Krai. The study was performed as per common research methods (analysis, comparison, instantiation).

Main results. This paper investigated the first experience of scrapping a nuclear-powered surface ship in the Primorsky Krai and, taking this Project 1941 ship as a case study, gave an insight to technical and organizational aspects of its scrapping process.

Для цитирования: Куликов К.Н., Лодочников С.В., Бородин М.В., Чертов А.Н. Аспекты утилизации надводных кораблей с ядерной энергетической установкой в Приморском крае. Труды Крыловского государственного научного центра. 2020; 3(393): 121–132.

For citations: Kulikov K., Lodochnikov S., Borodin M., Chertov A. Scrapping of nuclear surface ships in the Primorsky Krai. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2020; 3(393): 121–132 (in Russian).

Conclusion. The study concludes that the floating unit with the reactor compartment of SSV-33 *Ural* needs further work to reduce its size and weight so that it could be sent to *Ustrichny* boneyard for long-term storage of reactor compartments. The paper also suggests an alternative variant of decommissioning nuclear-powered surface ships, by unloading their iron-water protection tanks with nuclear steam-generating plant and merge them into a single item for long-term storage, without any intermediate modules.

Keywords: iron-water protection tank, package unit, decommissioning, Ural nuclear ship, scrapping, Project 1941, radiation safety.

Authors declare lack of the possible conflicts of interests.

Одна из актуальных задач по обеспечению ядерной и радиационной безопасности в Российской Федерации – создание современной системы обращения с радиоактивными отходами (РАО) и отработавшим ядерным топливом (ОЯТ); вывод радиационно опасных объектов (РОО) из эксплуатации. В Дальневосточном и Северо-Западном регионах в местах базирования ВМФ находилось значительное количество РОО. С 1998 г. госкорпорация «Росатом» реализует комплексные программы утилизации ядерно и радиационно опасных объектов ВМФ, в том числе и надводных кораблей (НК) с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ) и судов с ЯЭУ. К числу РОО Дальневосточного региона относился и большой атомный разведывательный корабль (БАРЗК) «Урал».

Актуальность проблемы утилизации НК с ЯЭУ заключается в том, что до настоящего времени проекты их утилизации в Российской Федерации не реализовывались, отсутствует опыт выполнения данных работ.

В ходе реализации проекта утилизации НК с ЯЭУ предполагается достижение следующих целей:

- определение технических и принципиальных технологических решений по обеспечению вырезки и демонтажа оборудования атомной паропроизводящей установки (АППУ), помещений ППУ и систем, обслуживающих АППУ, из корпуса корабля;
- исключение возможности того, что корабль будет находиться на плаву, когда возникнет реальная опасность его затопления;
- приведение корабля в безопасное для населения и окружающей среды состояние.

Для достижения поставленных целей должны быть решены следующие задачи:

- выполнение технико-экономического обоснования вариантов обращения с АППУ и выбор предпочтительного варианта конструкции блока упаковки (БУ) АППУ, формируемой при выводе из эксплуатации ЯЭУ;
- разработка документации, соответствующей требованиям законодательства Российской

Федерации, нормативной и руководящей документации;

- подготовка предприятия-исполнителя работ к выводу из эксплуатации НК с ЯЭУ;
- обеспечение безопасных условий работы персонала;
- обеспечение пожарной и экологической безопасности при выполнении работ по утилизации НК с ЯЭУ;
- достижение оптимальных стоимости и продолжительности проведения работ по выводу из эксплуатации ЯЭУ.

Общее описание и состояние БАРЗК «Урал»

General description and condition of Ural nuclear ship

БАРЗК «Урал» (рис. 1), заводской № С–810 – надводный корабль-разведчик, единственный корабль проекта 1941 «Титан» (по классификации НАТО – *Karusta*, бортовой номер ССВ-33), самый большой в России надводный корабль с ЯЭУ. Закладка состоялась на Балтийском заводе в 1981 г., спущен на воду в 1983 г., принят в состав ВМФ в 1988 г. В 1989 г. корабль был переведен на Дальний Восток и вошел в состав Тихоокеанского флота. Основное назначение БАРЗК – сбор информации о субкосмических объектах на любой части их траектории в любом районе земного шара.

Конструктивно БАРЗК представляет собой двухвинтовой корабль с наклонным форштевнем и транцевой кормой, с удлиненным баком, переходящим в корме во взлетно-посадочную площадку, с длинной надстройкой и тремя многоярусными башенноподобными мачтами.

По длине корпус разделен на водонепроницаемые помещения 16 водонепроницаемыми переборками. Надстройка корабля состоит из пяти ярусов и выполнена в виде крупных обобщенных объемов, имеющих четкую простую форму.

Основные размерения БАРЗК:

- полное водоизмещение – 35 000,00 т;

Рис. 1. Общий вид большого атомного разведывательного корабля «Урал»

Fig. 1. *Ural* nuclear ELINT ship: general view



- длина наибольшая – 265,00 м;
- ширина наибольшая – 30,00 м;
- высота – 70,00 м;
- высота борта наибольшая – 16,15 м;
- осадка – 7,40 м.

Главная энергетическая установка включает в свой состав двухреакторную АППУ ОК-900Б и паротурбинную установку с двумя главными турбозубчатыми агрегатами, расположенную в носовом машинно-котельном отделении в 10 отсеке и кормовом машинно-котельном отделении в 13 отсеке. В каждом машинно-котельном отделении размещены главные турбозубчатые агрегаты, резервный котел, два вспомогательных турбогенератора и дизельный генератор.

АППУ расположены в девятом реакторном отсеке (РО) поперек диаметральной плоскости (ДП) БАРЗК, в помещении, ограниченном главными продольными и главными поперечными переборками. Каждая АППУ выполнена автономной и заключена в аппаратную выгородку (АВ). Установки отделены одна от другой прочной герметичной переборкой в ДП, образующей автономные помещения АППУ № 1 и № 2. По высоте внутреннее пространство каждой АВ разделено герметичным настилом на два помещения: аппаратное (верхнее) и реакторное (нижнее). В каждом реакторном помещении установлен бак железководной защиты (ЖВЗ). В кессонах каждого бака ЖВЗ (рис. 2) помещено следующее оборудование АППУ: реактор, 4 парогенератора, вспомогательное оборудование (4 компенсатора объема, 2 фильтра ионообменных первого контура (ФИОПК), холодильник фильтров ионообменных первого контура (ХФИОПК), фильтр ионообменный третьего контура (ФИОТК), 10 подвесок ионизационных камер). Основное и вспомогательное оборудование установлено в баке ЖВЗ и закреплено на его крыше.

Массогабаритные характеристики бака ЖВЗ:

- длина – 6,6 м;
- ширина – 6,0 м;
- высота – 3,7 м;
- масса – 265,0 т.

Биологическая защита РО представляет собой двух- или трехслойную конструкцию, состоящую из стальных плит толщиной от 40 до 200 мм, навешенных с наружной стороны на прочные про-

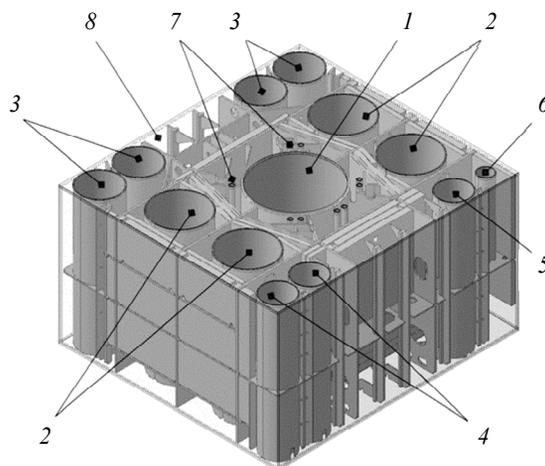


Рис. 2. Общий вид бака железководной защиты:

1 – кессон реактора; 2 – кессоны парогенератора; 3 – кессоны компенсатора объема; 4 – кессоны фильтров ионообменных первого контура; 5 – кессон холодильника фильтров ионообменных первого контура; 6 – кессон фильтра ионообменного третьего контура; 7 – кессоны подвесок ионизационных камер; 8 – крыша бака железководной защиты

Fig. 2. General view of iron-water protection tank: 1 – reactor caisson; 2 – steam generator caissons; 3 – volume compensator caissons; 4 – caissons of ion-exchange filters (primary circuit); 5 – caissons of ion-exchange filter refrigerator (primary circuit); 6 – caisson of ion-exchange filter (third circuit); 7 – caissons of ionization chamber suspensions; 8 – roof

дольные и поперечные переборки РО, слоя серпентинитового бетона толщиной от 100 до 430 мм и зашивки бетона из стальных листов толщиной не более 10 мм.

В 1990 г. реакторы ППУ БАРЗК выведены из эксплуатации. Нарботка АППУ составила 2178 ч. [1]. В 2002 г. БАРЗК выведен из эксплуатации, а 2008 г. передан гражданскому экипажу АО «ДВЗ «Звезда» для проведения работ по выгрузке ОЯТ и утилизации.

В 2009 г. из реакторов БАРЗК выгружено ОЯТ. В декабре 2009 г. после окончания работ по выгрузке ОЯТ было проведено радиационное обследование БАРЗК. В результате установлено, что радиационная обстановка в девятом (реакторном) отсеке соответствует контрольным уровням для зоны строгого режима, а в смежных отсеках – контрольным уровням для санитарно-защитных зон, установленным в АО «ДВЗ «Звезда» [2].

Концепция утилизации БАРЗК АО «ЦТСС»

Scrapping concept suggested by JSC SSTC

Согласно концепции, предложенной АО «ЦТСС» в технико-экономическом обосновании, разработанном в 2004 г. [3], после выгрузки ОЯТ из реакторов БАРЗК передают на утилизацию. В соответствии с данным технико-экономическим обоснованием утилизация корабля выполняется в несколько этапов:

- на АО «ДВЗ «Звезда» производят демонтаж мачт, надстроек и части оборудования, после

чего корпус корабля буксируют на АО «30 СРЗ» и заводят в плавдок ПД-41;

- в плавдоке ПД-41 корпус корабля методом тепловой резки разделяют на три части: носовую, центральную с отсеком АППУ и кормовую;
- носовую и кормовую части корпуса корабля герметизируют установкой в местах резов дополнительных герметичных переборок, удифференцируют и буксируют обратно на АО «ДВЗ «Звезда» для окончательной разделки на металлолом;
- на основе центральной части с отсеком АППУ в плавдоке ПД-41 формируют плавучий модуль, который буксируют в пункт временного хранения на плаву;
- после постройки специального передаточного дока и завершения строительства второй очереди объекта – пункт длительного хранения (ПДХ) РО «Устричный» – плавучий модуль с отсеком АППУ буксируют, заводят в передаточный док и передают на береговую площадку;
- на береговой площадке ПДХ РО «Устричный» плавучий модуль разделяют на части и формируют реакторный блок для долговременного хранения.

Плавучий модуль отсека АППУ (рис. 3) представляет собой блок отсека корабля с помещением АППУ в габаритах главных поперечных переборок с пристыкованными к нему по бортам понтонами плавучести. По предварительным оценкам, масса и габариты блока составляют:

- длина – 50,0 м;
- ширина – 21,5 м;

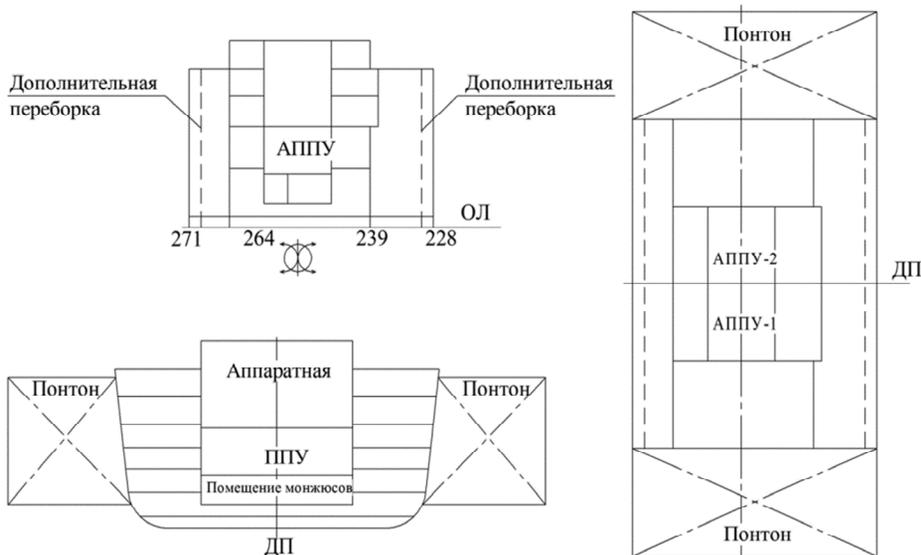


Рис. 3. Боковой разрез, план и поперечный разрез плавучего модуля отсека атомной паропроизводящей установки

Fig. 3. Inboard profile, plan and cross-section of the floating module with nuclear steam-generation plant compartment

- осадка средняя – 6,82 м;
- водоизмещение – 6990 т.

Следует отметить, что технические оценки, полученные на начальной стадии разработки принципиальной технологии утилизации корабля в 2004 г., по массе и габаритам блока строго ориентировались на предполагаемые характеристики передаточного дока, проект которого еще не был разработан.

В 2008 г. по государственному контракту начала утилизация БАРЗК с предполагаемым окончанием работ в 2010 г. Утилизация проводилась по документации, разработанной АО «ЦТСС» с привлечением проектанта корабля ПАО «ЦКБ «Айсберг», согласно которой в результате утилизации с использованием ПД-41 АО «30 СРЗ» должен был быть сформирован плавучий модуль отсека АППУ. Позднее стало ясно, что предоставляемый японской стороной передаточный док «Сакура» для ПДХ РО «Устричный» не будет соответствовать массогабаритным характеристикам плавучего модуля АППУ и реализация проекта утилизации в соответствии с концепцией, предложенной АО «ЦТСС», невозможна. В связи со сложившейся ситуацией и сокращением ассигнований работы по утилизации в 2009–2012 гг. были прекращены, за исключением работ по выгрузке ОЯТ и обеспечению взрывопожаробезопасности и непотопляемости корабля.

В соответствии с технической документацией, разработанной АО «ЦТСС» и АО «НИПТБ «Онега», действующей для утилизации корабля проекта 1941, АО «ДВЗ «Звезда» в 2008–2009 гг. был выполнен демонтаж:

- мачт и антенн корабля, корпусных конструкций, систем и крупногабаритного оборудования с выгрузкой из надстройки;
- надстройки, за исключением района РО;
- электрооборудования, кабельных трасс и трубопроводов из помещений второй, третьей и четвертой палуб корабля;
- внутриотсечных переборок, палуб, обрешетника из помещений выше главной палубы и палубы бака.

Концепции утилизации БАРЗК АО «НИПТБ «Онега» в условиях АО «ДВЗ «Звезда»

Scrapping concept suggested
by JSC NPTB Onega for Zvezda shipyard

Для завершения утилизации корабля в 2012–2013 гг. выполнен пересмотр концепции утилизации БАРЗК. Переработка ранее разработанной до-

кументации и разработка недостающей проектно-конструкторской и организационно-технологической документации на утилизацию БАРЗК в условиях АО «ДВЗ «Звезда» выполнена по государственному контракту АО «НИПТБ «Онега» с привлечением ПАО «ЦКБ «Айсберг».

Утилизация БАРЗК в условиях АО «ДВЗ «Звезда» представляла определенную сложность, т.к. массогабаритные показатели корабля значительно превышали возможности существующих на предприятии гидротехнических сооружений, с помощью которых осуществлялся подъем и постановка на стапель утилизируемых кораблей. В частности, для постановки на стапель АПЛ и НК в АО «ДВЗ «Звезда» использовался передаточный док (ПД) «Паллада» (пр. 19371) со следующими характеристиками:

- грузоподъемность – 13 500,0 т;
- длина по стапель-палубе – 144,0 м;
- ширина стапель-палубы – 28,0 м;
- ширина в свету между башнями – 38,8 м;
- глубина воды над стапель-палубой во время погружения – 13,0 м.

В связи с этим подъем БАРЗК в текущем состоянии в ПД «Паллада» был невозможен. Поэтому при разработке документации на утилизацию корабля был предложен вариант, обеспечивающий безопасный способ постановки корабля на стапель и выгрузку (вырезку) из корпуса корабля АППУ, которая подлежит постановке на долговременное хранение. Для определения способа утилизации БАРЗК на АО «ДВЗ «Звезда» были выполнены технико-экономические обоснования, результаты которых представлены в отчете [4].

На основании результатов проведенных технико-экономических исследований [4] принято решение о разработке документации на утилизацию БАРЗК по следующему варианту:

- по выгрузке (вырезке) АППУ – отдельная выгрузка оборудования с разборкой блоков АППУ (реактор, парогенераторы, циркуляционный насос первого контура и т.д.) и баков ЖВЗ плавучим краном на плаву;
- по транспортно-технологической схеме обращения с АППУ – загрузка оборудования АППУ во вновь формируемые БУ, установленные на грузовой площадке плавучего крана, транспортирование и передача плавучим краном БУ в ПДХ РО «Устричный» для долговременного хранения.

Для выполнения работ по утилизации БАРЗК планировалось задействовать основные производ-

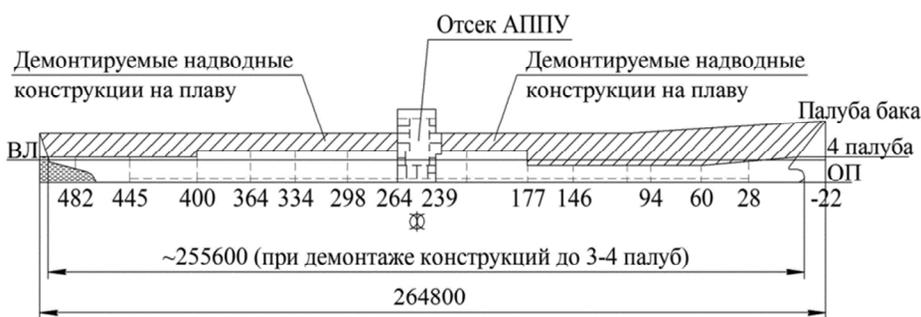


Рис. 4. Разгрузка большого атомного разведывательного корабля на плаву до 13 500 т

Fig. 4. Afloat unloading of large nuclear-powered ELINT ship (up to 13,500 t)

стенные объекты и сооружения АО «ДВЗ «Звезда». Технология выгрузки оборудования и баков ЖВЗ массой 265 т на плаву предусматривала использование грузоподъемного оборудования, отсутствующего на АО «ДВЗ «Звезда».

В связи с тем, что массогабаритные характеристики БАРЗК значительно превышали возможности

ПД «Паллада», предусматривалось выполнение работ по разгрузке БАРЗК и уменьшение его длины путем демонтажа корпусных конструкций (рис. 4) и оборудования, в том числе оборудования АППУ на плаву с целью обеспечения постановки корабля в ПД «Паллада». В условиях отсутствия в АО «ДВЗ «Звезда» необходимого грузоподъемного оборудо-

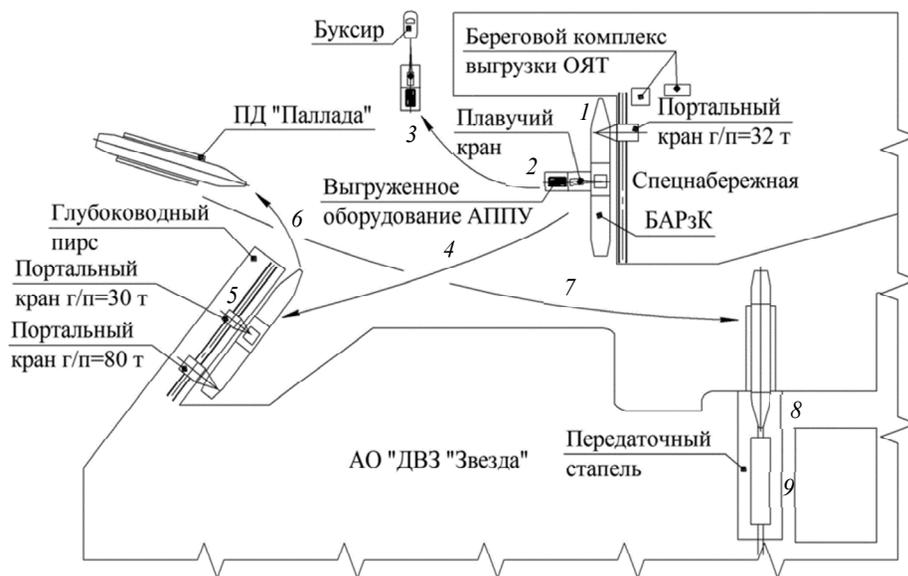


Рис. 5. Схема утилизации большого атомного разведывательного корабля на АО «ДВЗ «Звезда»:

1 – выгрузка отработавшего ядерного топлива; 2 – выгрузка оборудования атомной паропроизводящей установки на грузовую палубу плавучего крана; 3 – буксировка плавучего крана с оборудованием атомной паропроизводящей установки в ПДХ РО «Устричный» для загрузки в блок-упаковку и постановку ее на долговременное хранение; 4 – постановка БАРЗК к глубоководному пирсу; 5 – разгрузка БАРЗК на плаву до 13 500 т; 6 – постановка БАРЗК в передаточный док «Паллада»; 7 – постановка ПД «Паллада» к передаточному стапелю на подводные опоры; 7 – поочередная, с перепостановкой в передаточном доке «Паллада», отрезка носовой и кормовой оконечностей БАРЗК; 8 – вывод корпуса БАРЗК без оконечностей на стапельную плиту для дальнейшей разделки и утилизации

Fig. 5. Flow chart of large nuclear-powered ELINT ship scrapping at Zvezda shipyard:

1 – unloading of spent nuclear fuel; 2 – unloading of steam-generation plant elements to the cargo deck of floating crane; 3 – towing of the floating crane with nuclear steam generation plant to Ustrichny boneyard for loading into package unit and installation for long-term storage; 4 – mooring the ship to a deepwater pier; 5 – afloat unloading of the ship (up to 13,500 t); 6 – installation of the ship to Pallada intermediate dock; 7 – installation of Pallada dock onto underwater supports at the intermediate berth; 7 – step-by-step (with re-installation at Pallada dock) cutting of bow and stern; 8 – towing of Ural midbody to the berth plate for further cutting and scrapping

вания для выгрузки и транспортирования оборудования АППУ в ПДХ РО «Устричный» требовалась аренда плавучего крана грузоподъемностью не менее 270 т на вылете около 15 м. Принадлежащий ОАО «ЕВРАЗ Находкинский морской торговый порт» плавкран «Богатырь-2» грузоподъемностью 300 т имел необходимые характеристики [5]. Принципиальная схема утилизации БАРЗК в АО «ДВЗ «Звезда» приведена на рис. 5.

Недостатком данного способа утилизации корабля является выполнение большого объема работ по разгрузке корабля на плаву, связанных с требованиями по обеспечению живучести и непотопляемости корабля: герметизация палуб и переборок, образующих герметичный контур, после выгрузки оборудования и механизмов и демонтажа корпусных конструкций.

Утилизация БАРЗК «Урал» на АО «ДВЗ «Звезда» не была завершена из-за начала проекта комплексной реконструкции АО «ДВЗ «Звезда» с целью создания судостроительного комплекса «Звезда».

Новая концепция утилизации БАРЗК в условиях АО «30 СРЗ»

New scrapping concept for JSC 30th Ship Repair Yard

В 2016 г. ГК «Росатом» с целью завершения работ по утилизации БАРЗК был заключен государственный контракт с АО «30 СРЗ». Изменение исполнителя работ по утилизации потребовало пересмотра ранее разработанной концепции утилизации БАРЗК

и адаптации технологической и конструкторской документации к условиям АО «30 СРЗ».

АО «30 СРЗ» в связи с отсутствием опыта реализации аналогичных проектов приняло решение не использовать (не арендовать) плавкран «Богатырь-2» или другой кран требуемой грузоподъемности, как это было предусмотрено проектом утилизации в условиях ДВЗ «Звезда». Отсутствие такого крана не позволяло выполнить выгрузку бака целиком за одну операцию и привело к серьезным изменениям технологии утилизации.

В 2016–2019 гг. в соответствии с договором с АО «30 СРЗ» АО «НИПТБ «Онега» выполнило доработку документации для завершения работ по утилизации БАРЗК. Имеющийся на АО «30 СРЗ» плавучий док ПД-41 (ПД-41) позволял поставить БАРЗК на свою стапель-палубу без дополнительной разгрузки на плаву. Технические характеристики ПД-41:

- грузоподъемность – 80 000,0 т;
- длина по стапель-палубе – 300,0 м;
- ширина в свету – 67,5 м;
- глубина воды над килевой дорожкой – 15,0 м.

Выгрузка оборудования была предусмотрена с использованием плавучего крана (ПК) «Черноморец» г/п 100 т с размещением на понтоне с последующей передачей в ПДХ РО «Устричный», загрузкой в БУ и постановкой на долговременное хранение.

За основу организационно-технологической схемы утилизации БАРЗК был принят этапно-позиционный метод, предполагающий выполнение

Fig. 6. Flow chart of nuclear steam generation plant unloading at 30th Ship Repair Yard: 1 – unloading of the equipment onto a pontoon by means of *Chernomorets* floating crane (100 t capacity); 2 – towing of *Chernomorets* floating crane and the pontoon with steam generation equipment to a pier at *Ustrichny* boneyard; 3 – loading of equipment to the package unit; 4 – installation of the package unit for long-term storage

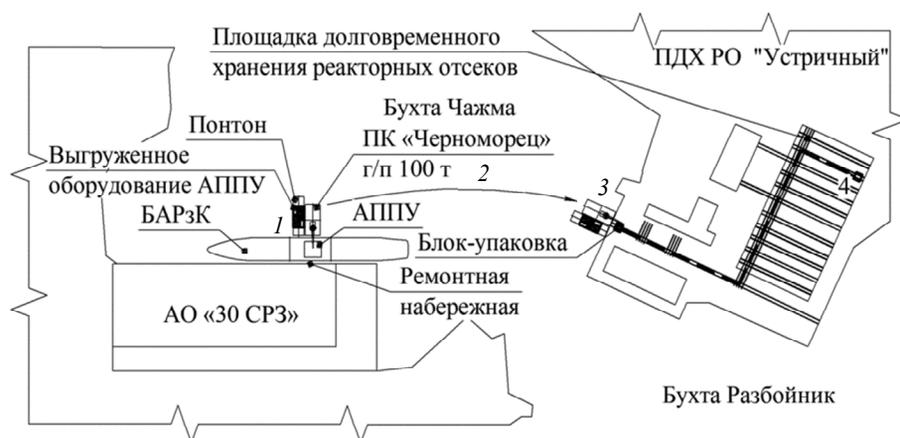


Рис. 6. Схема выгрузки оборудования атомной паропроизводящей установки на АО «30 СРЗ»: 1 – выгрузка оборудования на понтон с помощью плавучего крана «Черноморец», г/п 100 т; 2 – перемещение плавучего крана «Черноморец» и транспортировка выгруженного оборудования на понтоне к причалу ПДХ РО «Устричный»; 3 – загрузка оборудования в блок-упаковку; 4 – постановка блок-упаковки на долговременное хранение

отдельных технологических этапов на специально оборудованных для этого местах – технологических позициях, имеющих в своем составе:

- технологическое оборудование;
- технологическую оснастку;
- системы технического обеспечения;
- гидротехнические сооружения;
- грузоподъемные краны и механизмы.

В технологическом процессе утилизации БАРЗК были задействованы следующие основные сооружения предприятия-исполнителя работ по утилизации:

- плавучий док ПД-41;
- площадки разделки металла;
- глубоководный котлован для погружения плавучего дока ПД «Сакура»;
- плавучий док ПД «Сакура»;
- стапельное место № 2 ПДХ РО «Устричный».

Схема выгрузки оборудования АППУ на АО «30 СРЗ» приведена на рис. 6.

Проектом утилизации предусматривалось, что корпусные конструкции баков ЖВЗ будут демонтированы, разукрупнены, дезактивированы и размещены в технологические контейнеры для твердых РАО. В связи с высоким уровнем радиоактивного загрязнения кессоны реакторов демонтируются и помещаются в специально спроектированные технологические контейнеры (БУ) для дальнейшего транспортирования и длительного хранения в ПДХ РО «Устричный». Выгруженные фрагменты бака ЖВЗ со значительными уровнями наведенной активности и загрязнения радиоактивными веществами помещаются в кессоны реакторов, установленные в БУ.

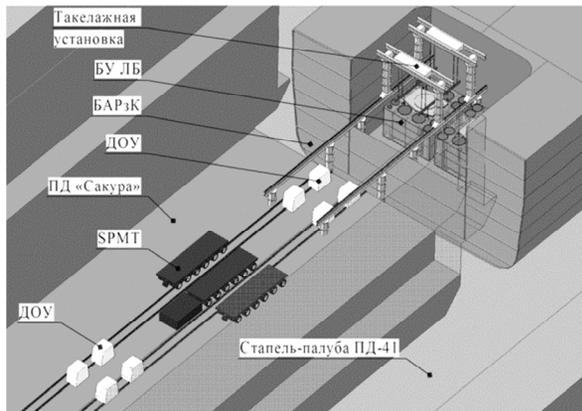


Рис. 7. Процесс выгрузки блок-упаковки левого борта

Fig. 7. Unloading process of the port-side package unit

Реализация проекта утилизации БАРЗК в АО «30 СРЗ»

Implementation of the scrapping concept by 30th Ship Repair Yard

В 2016 г. корабль переведен в акваторию АО «30 СРЗ». В 2017 г. АО «30 СРЗ» выполнены работы по:

- демонтажу надстройки в районе РО;
- выгрузке оборудования АППУ;
- формированию БУ АППУ с комплектами защитными реакторов, ФИОПК и ХФИОПК;
- постановке БУ АППУ на длительное хранение в ПДХ РО «Устричный».

В 2017 г. корпус БАРЗК поставлен в плавучий док ПД-41 для проведения дальнейшей утилизации. Анализ результатов дозиметрического и радиометрического контроля при выгрузке оборудования АППУ БАРЗК показал, что прогнозируемые дозовые нагрузки персонала АО «30 СРЗ» при выполнении работ по демонтажу кессонов реактора и фрагментов баков ЖВЗ согласно принципиальной технологии [2] могли привести к превышению допустимой коллективной дозы. В целях принятия единого организационно-технического решения по обращению с высокоактивными РАО, образующимся при утилизации баков ЖВЗ БАРЗК, АО «НИПТБ «Онега» были рассмотрены два варианта безопасного обращения с фрагментами баков ЖВЗ БАРЗК:

- вариант 1: поочередная выгрузка БУ, сформированных из баков ЖВЗ, и их передача в ПД «Сакура», установленный в ПД-41;
- вариант 2: формирование плавучего блока РО, вырезанного из корпуса корабля.

Вариант 1 предусматривает формирование двух БУ левого (ЛБ) и правого бортов (ПрБ), кессонов реактора и кессонов подвесок ионизационных камер из баков ЖВЗ, сформированных в отсеке РО БАРЗК. Последующая поочередная выгрузка БУ производится с помощью гидравлической такелажной установки грузоподъемностью 500 т. Выгрузка БУ осуществляется на доковое опорное устройство (ДОУ) в ПД «Сакура», предварительно поставленный в ПД-41. Перемещение БУ по стапель-палубе ПД «Сакура» осуществляется с помощью самоходных тяжеловозных модулей (СПМТ). Пересадка БУ с ДОУ на СПМТ выполняется путем изменения высоты платформ СПМТ. Выгрузка БУ ПрБ осуществляется аналогично БУ ЛБ после перестановки ПД «Сакура» соосно БУ ПрБ. Раскрепленные в ПД «Сакура» БУ ЛБ и ПрБ транспортируются в ПДХ

РО «Устричный» для долговременного хранения. Процесс выгрузки БУ ЛБ показан на рис. 7.

Вариант 2 предусматривает формирование плавучего блока РО, вырезанного из РО БАРЗК в условиях ПД-41, позволяющего осуществить его постановку в ПД «Сакура» с последующей его постановкой в ПДХ РО «Устричный» для хранения, в следующей последовательности:

- формирование плавучего блока РО в ПД-41;
- формирование ДОУ в ПД «Сакура» для постановки плавучего блока РО и буксировка дока на котлован для погружения;
- вывод плавучего блока РО из ПД-41, буксировка блока к котловану для погружения ПД «Сакура»;
- постановка плавучего блока РО в ПД «Сакура»;
- буксировка ПД «Сакура» к передаточному причалу ПДХ РО «Устричный»;
- перемещение плавучего блока РО из ПД «Сакура» на стапельное место в ПДХ РО «Устричный»;

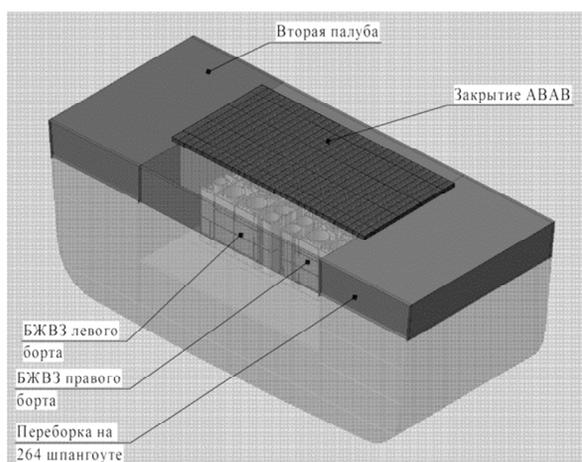


Рис. 8. Общий вид плавучего блока реакторного отсека

Fig. 8. General view of the floating unit with reactor compartment

Fig. 9. Generalized organizational & technological chart of scrapping a large nuclear-powered ELINT ship: 1 – towing the ship at the harbor of 30th Ship Repair Yard to the diving basin of PD-41 floating dock, installation of the ship to PD-41 floor; 2 – cutting and preparation of the floating unit with reactor compartment from the hull, water-tightness test, painting, loading of solid ballast, scrapping of ship bow and stern; 3 – mounting of a support on the floor of Sakura floating dock, towing of the floating unit with nuclear waste to the diving basin; 4 – towing the floating unit with reactor compartment out of PD-41 dock and its transit (~2.5 km) to the diving basin of Sakura floating dock and installation to this dock; 5 – towing (~3 km) of Sakura floating dock to the pier with draw-out tracks of Ustrichny boneyard; 6 – towing of the floating unit with reactor compartment to Berth 2 for temporary storage

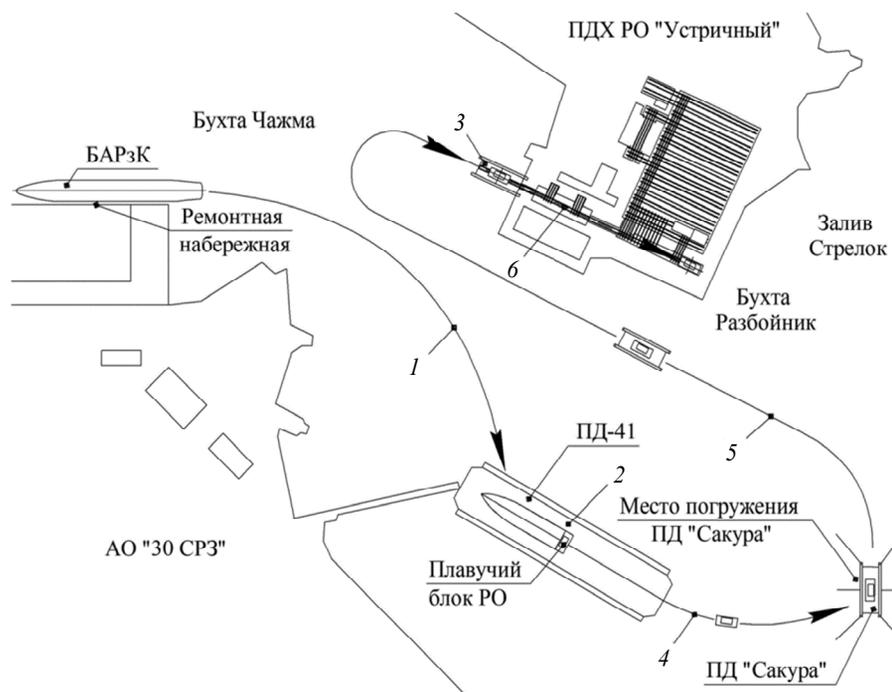


Рис. 9. Укрупненная организационно-технологическая схема утилизации большого атомного разведывательного корабля: 1 – перевод БАРЗК по акватории АО «30 СРЗ» к котловану для погружения ПД-41, постановка БАРЗК на стапель-палубу ПД-41; 2 – вырезка и формирование плавучего блока реакторного отсека из корпуса БАРЗК, испытание на герметичность, окраска, установка твердого балласта, утилизация носовой и кормовой оконечностей БАРЗК; 3 – формирование на стапель-палубе ПД «Сакура» докового опорного устройства, буксировка плавучего блока РО на котлован для погружения; 4 – вывод плавучего блока реакторного отсека из ПД-41, его буксировка (около 2,5 км) к котловану для погружения ПД «Сакура» и постановка в ПД «Сакура»; 5 – буксировка (около 3 км) ПД «Сакура» к причалу с вытяжными путями ПДХ РО «Устричный»; 6 – перемещение плавучего блока реакторного отсека на стапельное место № 2 для временного хранения

- дооборудование плавучего блока РО опорными фундаментами, трапом;
- перемещение плавучего блока на площадку долговременного хранения РО в ПДХ РО «Устричный».

Общий вид плавучего блока РО показан на рис. 8.

На основании проведенной технико-экономической оценки вариантов выполнения работ по утилизации части отсека РО БАРЗК [6] государственный заказчик принял решение о формировании плавучего блока РО, вырезанного из корпуса БАРЗК, и о последующей его постановке в плавучий док «Сакура» для передачи на место временно хранения (до трех лет) в ПДХ РО «Устричный». Проектантом БАРЗК ПАО «ЦКБ «Айсберг» выполнен расчет прочности, посадки и начальной остойчивости плавучего блока РО, вырезанного из корпуса БАРЗК [7], подтверждающий возможность формирования плавучего блока РО с учетом выполнения мероприятий по его герметизации и балластированию с целью получения допустимых значений осадки, крена и дифферента.

Укрупненная организационно-технологическая схема формирования плавучего блока РО из корпуса БАРЗК с последующей его постановкой на стапельное место № 2 в ПДХ РО «Устричный» на АО «30 СРЗ» изображена на рис. 9.

В 2018–2019 гг. были выполнены работы по формированию плавучего блока РО. Необходимая конструкторская документация была подготовлена

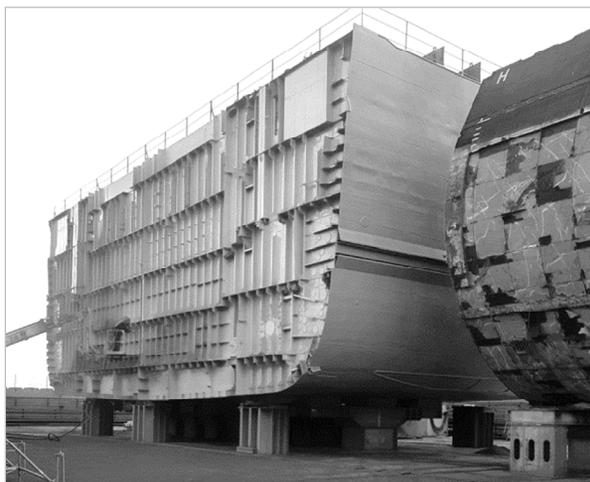


Рис. 10. Плавучий блок реакторного отсека на стапельном месте № 2 в пункте длительного хранения реакторного отсека «Устричный»

Fig. 10. Floating unit of reactor compartment at Berth 2 of *Ustrichny* boneyard

АО «НИПТБ «Онега» и АО «171 ОКТЬ». В ноябре 2019 г. плавучий блок РО передан для временного хранения на стапельное место № 2 ПДХ РО «Устричный». Плавучий блок РО на стапельном месте № 2 в ПДХ РО «Устричный» показан на рис. 10.

Выводы

Conclusion

БАРЗК «Урал» – уникальный корабль, построенный в единственном экземпляре с минимальной наработкой АППУ – был утилизирован. Конструкции и оборудование, не отнесенные к радиоактивным отходам, реализованы как металлолом, загрязненные радиоактивными веществами оборудование и конструкции переданы на долговременное хранение в ПДХ РО «Устричный» в БУ и контейнерах.

Для обеспечения безопасной утилизации фрагментов баков ЖВЗ был проведен анализ различных вариантов утилизации РО. На основании анализа предложен вариант выгрузки баков ЖВЗ массой около 265 т. В связи с отсутствием у АО «30 СРЗ» опыта использования (аренды) оборудования большой грузоподъемности, необходимого для выгрузки баков ЖВЗ из БАРЗК, принято решение о формировании плавучего блока РО из корпуса корабля. Это позволило передать баки ЖВЗ в ПДХ РО «Устричный», минимизировав дозовые нагрузки на персонал АО «30 СРЗ».

В связи с большими массогабаритными характеристиками плавучего блока РО требуется разработка технологии для его разукрупнения в обеспечение долговременного хранения баков ЖВЗ (около 70 лет) в ПДХ РО «Устричный». Решение о формировании плавучего блока РО с его последующим разукрупнением приведет к увеличению затрат на конечную стоимость утилизации БАРЗК «Урал».

Для дальнейшего обращения с плавучим блоком РО в соответствии с принятой концепцией [8] требуется разработка и реализация технологии доработки блока РО для постановки на длительное хранение в условиях ПДХ РО «Устричный» [9]. С точки зрения радиационной безопасности наиболее предпочтительным представляется вариант выгрузки баков ЖВЗ из блока РО, формирования из них объекта долговременного хранения и его размещения на площадке в ПДХ РО «Устричный».

В ходе анализа опыта утилизации БАРЗК «Урал» можно сделать вывод о том, что наиболее оптимальным вариантом при выводе из эксплуата-

ции НК со схожей компоновкой ЯЭУ является выгрузка баков ЖВЗ с АППУ без формирования промежуточных блоков и формирование из баков ЖВЗ объекта долговременного хранения. Для применения данного способа требуется специализированная грузоподъемная оснастка, рассчитанная на массу бака ЖВЗ с АППУ. Использование такого подхода к утилизации кораблей и судов с ЯЭУ обеспечит минимально возможное воздействие технологических процессов и отходов утилизации на окружающую среду, персонал и население.

Библиографический список

1. *Климов В.В., Старшинов В.А., Амосов А.Г.* Корабль командно-измерительного комплекса «Урал» // Судостроение. 2015. № 1(818). С. 35–41.
2. НЯДИ.У1941.0422.00.002. Утилизация БАРЗК пр. 1941 «Урал» на АО «30 СРЗ». Демонтаж оборудования АППУ на плаву с последующей загрузкой в блок-упаковку. Принципиальная технология. Северодвинск: НИПТБ «Онега», 2017. 64 с.
3. Проблемы утилизации надводных кораблей с ядерными энергетическими установками и судов атомного технологического обслуживания [Электронный ресурс]: [доклад] / *В.А. Анитропов, Е.А. Ибрагимов, П.Л. Лямин, Н.И. Александров* // Семинар Контактной экспертной группы МАГАТЭ. Владивосток, 2007. URL: <http://lib.knigi-x.ru/23raznoe/354281-1-problemi-utilizacii-nadvodnih-korabley-yadernimi-energeticheskimi-ustanovkami-sudov-atomnogo-tehno.php> (дата обращения 10.07.2020).
4. НЯДИ.У1941.0415.00.003. Утилизация БАРЗК «Урал» проекта 1941 в ОАО ДВЗ «Звезда». Технико-экономическая оценка вариантов завершения утилизации: отчет / АО «НИПТБ «Онега». Северодвинск, 2012. 34 с.
5. Для спуска на воду плавдока в пос. Славянка Приморского края понадобился «Богатырь-2» [Электронный ресурс] // Золотой Рог – пресса=Zrpress: [сайт]. URL: https://zrpress.ru/business/primorje_16.04.2012_52498_dlja-spuska-na-vodu-plavdoka-v-pos-slavjanka-primorskogo-kraja-ponadobilsja-bogatyr-2.html (дата обращения 15.02.2020).
6. НЯДИ.У1941.0315.00.003. Технико-экономическая оценка вариантов выполнения работ по утилизации части БАРЗК проекта 1941 «Урал», входящей в состав корпусной упаковки: отчет / АО «НИПТБ «Онега». Северодвинск, 2017. 118 с.
7. Расчет прочности, посадки и начальной остойчивости плавучего блока, вырезанного из корпуса БАРЗК проекта 1941 заводской № 810 «Урал»: отчет / ЦКБ «Айсберг». Санкт-Петербург, 2018. 69 с. Инв. № 5076.
8. Утилизация атомных подводных лодок. Концепция комплексной утилизации атомных подводных лодок и надводных кораблей с атомными энергетическими установками: утв. министром Российской Федерации по атомной энергии 30.01.2000. Москва, 2000. 19 с.
9. *Сиденко К.С., Пономаренко И.Н., Трофимов В.В.* Состояние и перспективы развития системы обращения с РАО на Дальнем Востоке // Радиоактивные отходы. 2019. № 4(9). С. 14–19. DOI: 10.25283/2587-9707-2019-4-14-19.

References

1. *V. Klimov, V. Starshinov, A. Amosov.* Ural C2/ELINT ship // Sudostroyeniye. 2015. No. 1(818). P. 35–41 (*in Russian*).
2. Document НЯДИ.У1941.0422.00.002. Disposal of Project 1941 Ural nuclear-powered ELINT ship at 30th Ship Repair Yard JSC. Dismounting of nuclear steam generation unit afloat with subsequent loading to the package unit. Principal technology. Severodvinsk: JSC NIPTB Onega, 2017. 64 p. (*in Russian*).
3. *V. Anitropov, Ye. Ibragimov, P. Lyamin, N. Alexandrov.* Challenges in disposal of nuclear-powered surface ships and nuclear maintenance vessels // Workshop of IAEA Contact Expert Group, Vladivostok, 2007, available at: URL: <http://lib.knigi-x.ru/23raznoe/354281-1-problemi-utilizacii-nadvodnih-korabley-yadernimi-energeticheskimi-ustanovkami-sudov-atomnogo-tehno.php>. (accessed on 10.07.2020) (*in Russian*).
4. Document НЯДИ.У1941.0415.00.003. Decommissioning of Project 1941 Ural nuclear-powered ELINT ship at Zvezda Shipyard JSC. Feasibility study of scrapping completion options. Report / JSC NIPTB Onega, Severodvinsk, 2012. 34 p. (*in Russian*).
5. Floating Dock Launch at Slavyanka (Primorsky Krai) Requires Bogatyr-2. Zolotoy-Rog-Press newspaper, available at: URL: https://zrpress.ru/business/primorje_16.04.2012_52498_dlja-spuska-na-vodu-plavdoka-v-pos-slavjanka-primorskogo-kraja-ponadobilsja-bogatyr-2.html (accessed on 15.02.2020) (*in Russian*).
6. Document НЯДИ.У1941.0315.00.003. Feasibility study. Variants for commissioning of Project 1941 Ural nuclear-powered ELINT ship part included to the hull pack. Report. JSC NIPTB Onega, Severodvinsk, 2017. 118 p. (*in Russian*).
7. Strength, trim & draft and initial stability calculations for the floating unit cut out of Project 1941 Ural nuclear-powered ELINT ship, serial No. 810. Report of CDB Iceberg. St. Petersburg, 2018. 69 p., ref. No. 5976 (*in Russian*).

8. Decommissioning of nuclear submarines. A concept for comprehensive scrapping of nuclear submarines and surface ships. Approved by the Minister of the Russian Federation for Nuclear Energy on January 30, 2000. Moscow, 2000. 19 p. (*in Russian*).
9. *K. Sidenko, I. Ponomarenko, V. Trofimov*. Status and prospects of nuclear waste treatment system in the Russian Far East // *Radioactive Waste*. 2019. No. 4(9). P. 14–19 (*in Russian*).

Сведения об авторах

Куликов Константин Николаевич, к.т.н., генеральный директор АО «Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро «Онега». Адрес: 164509, Россия, Северодвинск, проезд Машиностроителей, д. 12. Тел.: +7 (911) 556-84-70. E-mail: kkulikov@onegastar.ru.

Лодочников Сергей Витальевич, начальник отдела АО «Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро «Онега». Адрес: 164509, Россия, Северодвинск, проезд Машиностроителей, д. 12. Тел.: +7 (981) 566-00-57. E-mail: lodserg@onegastar.ru.

Бородин Михаил Валентинович, инженер-исследователь 3 категории, АО «Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро «Онега». Адрес: 164509, Россия,

Северодвинск, проезд Машиностроителей, д. 12. Тел.: +7 (911) 578-48-70. E-mail: borodin@onegastar.ru.

Чертов Андрей Николаевич, инженер-конструктор 2 категории АО «Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро «Онега». Адрес: 164509, Россия, Северодвинск, проезд Машиностроителей, д. 12. Тел.: +7 (902) 190-29-23. E-mail: chertov@onegastar.ru.

About the authors

Konstantin N. Kulikov, Cand. Sci. (Eng.), Director General, JSC NIPTB Onega. Address: proezd Mashinostoiteliei 12, Severodvinsk, Russia, post code 164509. Tel.: +7 (911) 556-84-70. E-mail: kkulikov@onegastar.ru.

Sergey V. Lodochnikov, Head of Department, JSC NIPTB Onega. Address: proezd Mashinostoiteliei 12, Severodvinsk, Russia, post code 164509. Tel.: +7 (981) 566-00-57. E-mail: lodserg@onegastar.ru.

Mikhail V. Borodin, 3rd Category Engineer-Researcher, JSC NIPTB Onega. Address: 12, Mashinostroiteley lane, Severodvinsk, Arkhangelskaya Region, Russia, post code 164509. Tel.: +7 (911) 578-48-70. E-mail: borodin@onegastar.ru.

Andrey N. Chertov, 2nd Category Engineer-Researcher, JSC NIPTB Onega. Address: 12, Mashinostroiteley lane, Severodvinsk, Arkhangelskaya Region, Russia, post code 164509. Tel.: +7 (902) 190-29-23. E-mail: chertov@onegastar.ru.

Поступила / Received: 02.06.20
Принята в печать / Accepted: 21.08.20
© Коллектив авторов, 2020