

# **Комплексный проект по обращению с ОЯТ АПЛ класса «Альфа» и снятия с эксплуатации хранилища топлива**

**В.А. Шишкин**

*Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники  
(НИКИЭТ) им. Н.А.Доллежаля*

## **Введение**

Настоящий доклад посвящен вопросам обращения с облученным ядерным топливом (ОЯТ) реакторов АПЛ класса «Альфа» и их наземных стендов-прототипов, находящимся в настоящее время на временном хранении в филиале №2 ФГУП «СевРАО» в поселке Гремиха, и в реакторах АПЛ, предназначенных для утилизации.

Представлена информация по условиям хранения ОЯТ, принятой в Российской Федерации стратегии обращения с ОЯТ утилизируемых атомных подводных лодок (АПЛ), перечню основных задач, решение которых позволит реализовать безопасную схему обращения с ОЯТ реакторов с жидкометаллическим теплоносителем (Pb-Bi), возможным вариантам транспортно-технологической схемы обращения с ОВЧ, первоочередным проектам.

Доклад составлен по результатам НИР, выполненных во ФГУП НИКИЭТ, а также с учетом и использованием рабочих материалов, разработанных ФГУП ОКБ «Гидропресс» (В.С. Степанов, М.П. Вахрушин, Г.Г. Алексеев, А.М. Стрельникова), ФГУП РНЦ-ФЭИ (М.И. Бугреев, А.Н. Забудько, В.И. Читайкин); ФГУП ВНИИНМ (В.И. Волк, А.Ю. Вахрушин, Э.А. Ненарокомов) и ФГУП ГИ ВНИПИЭТ (Н.С. Тихонов, А.И. Токаренко).

## **1. Общая информация по условиям хранения ОВЧ**

В период с 1960 по 1990 годы в составе ВМФ России эксплуатировалось несколько АПЛ, оснащенных реакторными установками с жидкометаллическим теплоносителем (ЖМТ) – эвтектическим сплавом свинец-висмут – в первом контуре. Отличительной особенностью выгрузки и последующего хранения ОЯТ реакторов с ЖМТ является то, что его выгрузка производится путем извлечения из реактора с помощью разгрузочного скафандра активной зоны в виде единой выемной части (ОВЧ) в комплекте с защитной пробкой и поглощающими стержнями СУЗ, зафиксированными в крайнем нижнем положении (рис. 1).

Последующее хранение ОВЧ производится в герметичных баках с эвтектическим сплавом свинец-висмут в «замороженном» состоянии и полностью погруженными в активную зону стержнями СУЗ. В этих условиях гарантируется подкритичность активной зоны на уровне не менее 5%. Суммарная радиоактивность, содержащаяся в объеме одной выемной части составляет около 0,5 МКи.

Поскольку бак хранения ОВЧ не выполняет функцию биологической защиты, мощность дозы  $\gamma$ -излучения на его поверхности может достигать значений до 1 Зв/час (100 Р/час), что требует (для обеспечения приемлемых условий работы обслуживающего персонала) создания эффективной радиационной защиты. Баки с ОВЧ, уровень мощности остаточных тепловыделений в которых превышает 20 кВт, помещаются в хранилище типа I (сооружение 1А) филиала ФГУП «СевРАО» (рис. 2).

Отвод остаточных тепловыделений осуществляется путем принудительной прокачки воздуха по специально образованным в хранилище каналам. В сооружении 1А имеется в наличии две ячейки для размещения в них ОВЧ. После снижения мощности остаточных тепловыделений в ОВЧ до уровня  $\leq 20$  кВт последние могут быть перемещены в хранилище II (сооружение 1Б). Охлаждение ОВЧ осуществляется за счет естественной конвекции воздуха по специально сформированным воздуховодам.

Хранилище II (рис. 3) представляет собой металлоконструкцию в виде цилиндрического гнезда с воздуховодами. Вокруг металлоконструкций уложен слой бетона, служащего биологической защитой обслуживающего персонала от ионизирующих излучений активной зоны ОВЧ.

Суммарная мощность дозы ионизирующих излучений на верхнем уровне хранилища (площадке обслуживания) не превышает  $3 \cdot 10^{-5}$  Зв/час (3 мР/час). На боковых поверхностях хранилища эти величины существенно ниже.

Хранилище состоит из следующих основных частей:

- корпус верхний (поз. 1);
- корпус нижний (поз. 2);
- колпак (поз. 3);
- воздуховод входной (поз. 4) с коленом (поз. 5) и дефлектором (поз. 6);
- воздуховод выходной (поз. 7) с коленом (поз. 8) и дефлектором (поз. 9).

Хранилище оснащено системой контрольно-измерительных приборов (термоэлектрические преобразователи и термометры сопротивления) и щитом КИП, размещаемым в пристройке хранилища. Измеряется температура сплава в районе активной зоны ОВЧ и температура воздуха в выходном воздуховоде.

Требуемые условия хранения ОВЧ обеспечиваются при изменении температуры окружающего хранилища воздуха от минус 40 °С до плюс 40 °С и относительной влажности воздуха до 98%.

В нормальных условиях хранения ядерная и радиационная безопасность обеспечивается конструкцией хранилища и многобарьерной защитой, исключающей контакт с водой и выход в окружающую среду высокорadioактивных веществ. В частности, возможность попадания воды в активную зону исключена за счет того, что последняя находится в герметичном баке хранения, заполненном «замороженным» сплавом свинец-висмут. Бак с ОВЧ сверху закрыт металлической крышкой. Разъем между крышкой и металлоконструкцией хранилища уплотняется путем заливки асфальтовой смесью. На пути выхода в окружающую среду радионуклидов имеется несколько барьеров, к основным из которых можно отнести топливную матрицу, оболочки ТВЭЛов, «замороженный» сплав, окружающий ТВЭЛы, и металлоконструкции бака хранения.

Ядерная безопасность выгруженного ОЯТ реакторов с ЖМТ обеспечивается тем, что активные зоны реакторов в виде отработавших выемных частей в хранилищах находятся в глубоко подкритическом состоянии ( $K_{эфф} \leq 0,95$ ) за счет полного погружения в активные зоны поглощающих элементов системы СУЗ. Причем приводы СУЗ активных зон демонтированы и на чехлах поглощающих элементов, срезанных на уровне несколько выше крышек реакторов, установлены и приварены к чехлам герметичные стальные колпачки, которые исключают всякую возможность перемещения поглощающих элементов. Все выгруженные ОВЧ с активными зонами находятся в баках хранилища в «замороженном» сплаве свинец-висмут. Несанкционированный ввод положительной реактивности в процессе хранения ОЯТ исключен также тем, что сплав свинец-висмут в чехлах СУЗ «заморожен» и поглощающие элементы обездвижены.

В настоящее время в хранилище II (рис. 4) размещены шесть ОВЧ – две ОВЧ из реакторов АПЛ зав. №601 и четыре из реакторов АПЛ класса «Альфа». Время их хранения составляет от 35 до 11 лет.

В ближайшие 2-3 года планируется выгрузить и разместить в хранилищах еще три ОВЧ из реакторов утилизируемых АПЛ класса «Альфа». При этом две ОВЧ могут быть помещены в свободные ячейки хранилища II и одна – в ячейку хранилища I.

Необходимо отметить, что в силу давности сооружения хранилища ОВЧ его конструкция и оснащение не соответствуют требованиям, предъявляемым ныне действующей нормативно-технической документацией к объектам данного типа. Так, например, по «Правилам безопасности при хранении и транспортировке ядерного топлива на объектах атомной энергетики» ПНАЭГ-14-029-1 хранилища ОЯТ должны быть оснащены системами резервированного охлаждения, технологического (температура, наличие воды или водосодержащих веществ) и радиационного контроля, вентиляции, контроля и фильтрации газовой среды, пожаротушения, пожарной и охранной сигнализации. Из всех выше перечисленных систем хранилище ОВЧ филиала №2 ФГУП «СевРАО» оснащено (да и то не в полной мере) только системой температурного контроля, которая требует реконструкции. Остальные системы просто отсутствуют.

## **2. Российская стратегия обращения с ОЯТ утилизируемых АПЛ**

В соответствии с утвержденной «Концепцией комплексной утилизации АПЛ, надводных кораблей с ядерными энергетическими установками и экологической реабилитации радиационно опасных объектов» в Российской Федерации реализуется принцип «замкнутого» топливного цикла, т.е. все ОЯТ, выгружаемое из реакторов утилизируемых АПЛ или находящееся на хранении в пунктах временного хранения, подлежит вывозу и последующей переработке на ПО «Маяк».

Эти положения, учитывая также характеристики топлива реакторов с жидкометаллическим теплоносителем, время и условия его хранения, стратегические планы по экологической реабилитации радиационно опасных объектов, в полной мере относятся и к ОЯТ реакторов с ЖМТ.

Таким образом, одной из конечных целей работ по экологической реабилитации промплощадки филиала №2 ФГУП «СевРАО» (п. Гремиха) является полное удаление с его территории облученного ядерного топлива, в том числе и ОЯТ реакторов АПЛ класса «Альфа».

## **3. Основные задачи, решение которых позволит реализовать безопасную схему обращения с ОЯТ реакторов с жидкометаллическим теплоносителем**

Как уже было отмечено ранее, принципиальной особенностью системы обращения с ОЯТ реакторов с ЖМТ является то, что топливо выгружается из активной зоны и в последующем хранится в виде сборки активной зоны с органами компенсации запаса реактивности и элементами радиационной защиты, т.е. в виде так называемой отработавшей выемной части. При этом после выгрузки из реактора ОВЧ погружается в бак, изготовленный из нержавеющей стали и заполненный «чистым» эвтектическим сплавом свинец-висмут, который потом «замораживается» и хранится в таком виде.

Таким образом, в любом случае для подготовки ОЯТ к переработке упомянутая выемная часть должна быть разогрета до температуры, позволяющей извлечь ее из бака

хранения, и, учитывая особенности конструкции активной зоны реакторов АПЛ класса «Альфа», разобрана на отдельные твэлы.

Принципиальная схема обращения с ОЯТ реакторов с жидкометаллическим теплоносителем включает в себя следующие основные операции:

- выгрузку ОВЧ из реакторов утилизируемых АПЛ;
- подготовку и последующее временное хранение ОВЧ в хранилищах;
- выгрузку ОВЧ из хранилища и доставку ее к месту разборки;
- разборку ОВЧ с извлечением тепловыделяющих сборок и твэлов, захоронение оставшихся от разборки ТРО;
- зачехловку твэлов и загрузку чехлов в транспортно-упаковочные комплекты (ТУК) типа ТУК-19 или ТК-18. Транспортировку ТУК на перерабатывающее предприятие;
- переработку ОЯТ на перерабатывающих предприятиях.

Исходя из вышеприведенных положений, можно определить перечень задач, которые должны быть решены для реализации принятой стратегии обращения с ОЯТ реакторов с жидкометаллическим теплоносителем. К основным из этих задач можно отнести следующие:

- выполнение комплекса мероприятий в обеспечение выполнения требований нормативно-технических документов по радиационной защите обслуживающего персонала и экологической безопасности окружающей среды, включая создание системы радиационного мониторинга;
- приведение условий временного хранения ОВЧ в хранилищах в соответствие с требованиями современных нормативно-технических документов;
- создание (восстановление работоспособности) комплекса оборудования для постановки ОВЧ на временное хранение и для их снятия с хранения, в том числе системы контроля;
- создание комплекса оборудования и технических средств для безопасного транспортирования ОВЧ морским и железнодорожным транспортом;
- создание (модернизация) комплекса оборудования и технических средств для разборки ОВЧ, компактирования и захоронения образующихся при разборке ТРО;
- подготовка оборудования и технических средств для перевозки ОЯТ на предприятие-переработчик;
- дооборудование технологической цепочки переработки топлива на предприятии-переработчике с учетом специфических особенностей ОЯТ реакторов с жидкометаллическим теплоносителем.

#### **4. Основные требования к инфраструктуре и вспомогательным системам объекта в обеспечение безопасности обращения с ОВЧ**

Намечаемый и реализуемый в настоящее время комплекс мероприятий по восстановлению и реконструкции общепромышленной и специальной инфраструктуры филиала №2 ФГУП «СевРАО» практически полностью обеспечивает безопасность обращения с ОВЧ реакторов с жидкометаллическим теплоносителем. Не останавливаясь подробно на полном перечне этих мероприятий, можно выделить наиболее важные из них и имеющие непосредственное отношение к рассматриваемому в настоящем докладе вопросу, а именно:

- восстановление работоспособности и аттестация в установленном порядке (приобретение при необходимости) грузоподъемных средств и оборудования, задействованного в схеме обращения с ОВЧ, в том числе:
  - a. проведение ремонтных работ на электромостовом кране грузоподъемностью 75/20тс; предъявление отремонтированного крана соответствующим надзорным органам и сдача его в эксплуатацию;
  - b. проведение аналогичных работ на электромостовом кране грузоподъемностью 20/5тс и на кране порталном монтажном грузоподъемностью 10тс (КПМ-10);
  - c. укрепление подкрановых путей и сдача в эксплуатацию подвижной эстакады с электромостовым краном грузоподъемностью 75/20тс;
- обеспечение надежного энергоснабжения оборудования при выполнении потенциально опасных в ядерном отношении работ (ПОР), в том числе обеспечение подачи электропитания от двух независимых источников (основного и резервного) на оборудование и системы, не допускающие перерыва в энергоснабжении при проведении ПОР;
- создание системы физической защиты объекта, отвечающей всем современным требованиям, в том числе обеспечивающей и имеющей:
  - a. охрану объекта караулом ВОХР;
  - b. локальное ограждение основной технологической площадки с использованием технических средств охраны;
  - c. объектовые средства обнаружения для защиты технологических сооружений от несанкционированного проникновения;
  - d. систему телевизионного наблюдения за проведением технологических операций;
  - e. возведение КПП с системой управления доступом;
  - f. организацию системы охранной связи;
- разработку и реализацию комплекса мероприятий в обеспечение приема и постановки в док СД-10 морского транспортного средства (контейнеровоза) или транспортно-технологической схемы перевалки контейнера с ОВЧ на это средство.

## **5. Возможные варианты транспортно-технологической системы обращения с ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа», предлагаемые для дальнейшего рассмотрения**

На основе утвержденной «Концепции комплексной утилизации АПЛ, НК с ЯЭУ и экологической реабилитации радиационно опасных объектов» для дальнейшего более детального рассмотрения предлагаются следующие возможные варианты транспортно-технологической схемы (ТТС) обращения с ОВЧ.

Первый вариант – разборка ОВЧ на отдельные твэлы в специальной «горячей» камере на месте хранения ОВЧ (п. Гремиха). Это требует проектирования и создания «горячей» камеры в п. Гремиха, а также наличия контейнера и специальных транспортных средств для доставки ОВЧ стенда КМ-1 из г. Сосновый Бор к месту ее разборки. Последующая транспортировка отдельных твэлов на ПО «Маяк» может производиться в транспортно-упаковочных комплексах типа ТУК-19 или ТК-18 морским, а затем железнодорожным транспортом в вагонах ТК-5 или ТК-ВГ-18.

Захоронение образующихся ТРО после разборки ОВЧ осуществляется в месте их бывшего хранения.

Второй вариант – разборка ОВЧ на отдельные твэлы в г. Обнинске в ГНЦ РФ ФЭИ. По этому варианту также потребуется создание защитного контейнера для ОВЧ, специального судна-контейнеровоза, позволяющего ставить его в «сухой» док, реконструкция отделения разборки ОВЧ в ГНЦ РФ ФЭИ. Дальнейший вывоз твэлов осуществляется по железной дороге в транспортно-упаковочных комплектах типа ТУК-19 или ТК-18 и в вагонах ТК-5 или ТК-ВГ-18 по технологической схеме ПО «Маяк», действующей в настоящее время.

Третий вариант аналогичен второму за тем исключением, что разборка ОВЧ на отдельные твэлы производится непосредственно на ПО «Маяк» после доставки туда выемной части. В этом случае упоминавшаяся ранее «горячая» камера и установка по разборке ОВЧ должны быть построены на территории ПО «Маяк».

Таким образом, для любого из рассматриваемых вариантов безопасного обращения с ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа» удовлетворяющему основным положениям «Концепции...» потребуется:

- разработать и создать защитный контейнер для перевозки ОВЧ морским и железнодорожным транспортом;
- разработать и создать (модернизировать, при возможности) судно-контейнеровоз с главными размерениями, обеспечивающими его постановку в «сухой» док СД-10 или разработать и реализовать транспортно-технологическую схему загрузки-выгрузки контейнера на судно у причала;
- модернизировать (дооборудовать) вагон ТК-ВГ-18 (ТК-ВГ-18-А) для перевозки защитного контейнера с ОВЧ;
- реконструировать или построить новую «горячую» камеру для разборки ОВЧ на отдельные твэлы;
- решить вопросы обращения и последующего захоронения ТРО, образующиеся при разборке ОВЧ (ок.10 тыс. кг на одну ОВЧ);
- провести дооборудование технологической цепочки переработки ОЯТ на ПО «Маяк» с учетом специфических особенностей топлива реакторов АПЛ типа «Альфа».

Кроме того, в филиале №2 ФГУП «СевРАО» должны быть выполнены мероприятия, перечень которых приведен в предыдущих разделах настоящего доклада.

В качестве примера ниже приведены предварительные сведения по перечню и наименованию технологических операций, месту их проведения и последовательности для варианта №2, т.е. варианта с вывозом ОВЧ и их последующей разборкой в ГНЦ РФ ФЭИ. Рассмотрены работы, выполняемые на промышленной площадке филиала №2 ФГУП «СевРАО», на территории базы перевалки транспортного контейнера с ОВЧ с морского транспортного средства в железнодорожный вагон (например, РТП «Атомфлот» г. Мурманск) и на территории ГНЦ РФ ФЭИ. К числу основных из этих операций относятся следующие.

На промышленной площадке филиала №2 ФГУП «СевРАО»:

I этап (рис. 5). Подготовка судна-контейнеровоза к приему бака хранения с отработавшей выемной частью. При этом выполняются:

- проверка работоспособности передвижной эстакады с электромостовым краном и всех средств обеспечения;
- постановка судна-контейнеровоза в «сухой» док СД-10;
- открытие трюма и обеспечение доступа к транспортному контейнеру ОВЧ;

- демонтаж крышки транспортного контейнера и размещение ее на палубе судна.

II этап (рис. 6). Подготовка хранилища II к выгрузке бака хранения с ОВЧ. При этом выполняются:

- демонтаж крышки люка над ячейкой хранилища и извлечение из бака защитной пробки;
- доставка к хранилищу приспособления для перегрузки (из состава УПО). Установка приспособления на ячейку хранилища;
- строповка бака хранения с ОВЧ, подъем его в приспособление для перегрузки и закрепление на трех откидных опорах;
- строповка приспособления для перегрузки с баком хранения, подъем и перемещение приспособления от хранилища к судно-контейнеровозу.

III этап (рис. 7). Перезагрузка бака хранения с ОВЧ из приспособления для перегрузки в транспортный контейнер ОВЧ. При этом выполняются:

- установка каркаса опорного (из комплекта УПО) на транспортный контейнер;
- наведение и установка приспособления для перегрузки с баком хранения ОВЧ на каркас опорный;
- строповка бака хранения с ОВЧ и опускание его во внутреннюю полость транспортного контейнера.

IV этап. Подготовка судно-контейнеровоза к отправке на перевалочную базу. При этом выполняются:

- демонтаж приспособления для перегрузки с каркаса опорного;
- демонтаж каркаса опорного с транспортного контейнера;
- демонтаж с ОВЧ приспособления для транспортировки;
- монтаж и крепление крышки транспортного контейнера;
- проверка герметичности транспортного контейнера с установленным в нем баком хранения с ОВЧ;
- закрытие трюма судно-контейнеровоза.

По завершении этих операций судно-контейнеровоз следует к базе перевалки транспортного контейнера на железнодорожный транспорт.

На базе перевалки контейнера с морского на железнодорожный транспорт:

Этап I. Подготовка судно-контейнеровоза к выгрузке контейнера. При этом выполняются:

- открытие трюма судно-контейнеровоза;
- демонтаж крепления бака хранения к палубе судна;
- строповка контейнера с помощью специальной траверсы;
- подъем контейнера и его перемещение в зону подъездных железнодорожных путей.

Этап II. Подготовка вагона типа ТК-ВГ-18 к приему и погрузка контейнера. При этом выполняются:

- установка порожнего вагона в зону действия крана;
- раскрытие створок вагона и проверка на чистоту внутренних полостей вагона;
- перемещение контейнера с баком хранения к вагону, наведение и опускание контейнера на посадочное место;
- расцепление крюка крана с траверсой контейнера.

Этап III. Подготовка вагона типа ТК-ВГ-18 к отправке. При этом выполняются:

- раскрепление транспортного контейнера с баком хранения ОВЧ внутри вагона;
- закрытие створок вагона;
- отправка вагона к месту разборки ОВЧ.

На предприятии-исполнителе работ по разборке ОВЧ ГНЦ РФ ФЭИ:

Этап I. Подготовка вагона типа ТК-ВГ-18 к выгрузке контейнера. При этом выполняются:

- транспортирование вагона с контейнером в корпус физических исследований;
- раскрытие створок вагона;
- демонтаж крепления контейнера и крепежа нижнего разъема контейнера.

Этап II. Выгрузка контейнера с баком хранения ОВЧ из вагона. При этом выполняются:

- демонтаж боковой секции вагона;
- строповка и извлечение верхней части контейнера с баком хранения из вагона;
- перемещение верхней части контейнера с баком хранения и гнезду промежуточному участка разборки.

Этап III (рис. 8). Установка верхней части контейнера с баком хранения в промежуточное гнездо участка разборки. При этом выполняются:

- установка верхней части контейнера с баком хранения на штатное посадочное место;
- демонтаж крышки контейнера.

Этап IV. Выгрузка бака хранения с ОВЧ из контейнера. При этом выполняются:

- монтаж на ОВЧ приспособления для транспортировки;
- монтаж траверсы на приспособлении для транспортировки и строповка ее к крюку крана;
- подъем бака хранения с ОВЧ из гнезда промежуточного;
- перемещение бака хранения с ОВЧ к гнезду нагревательному.

Этап V (рис. 9). Загрузка бака хранения с ОВЧ в гнездо нагревательное. Разогрев теплоносителя. При этом выполняются:

- установка бака хранения с ОВЧ на штатное посадочное место нагревательного гнезда;
- демонтаж фланца накидного, траверсы приспособления для транспортировки;
- установка специальной головки на приспособление для транспортировки;
- разогрев ОВЧ. Тепловой контроль.

Этап VI (рис. 10). Выгрузка ОВЧ из нагревательного гнезда. При этом выполняются:

- установка переходника на нагревательное гнездо;
- монтаж на переходнике перегрузочного скафандра;
- строповка ОВЧ за специальную головку;
- подъем ОВЧ во внутреннюю полость перегрузочного скафандра;
- строповка скафандра и транспортирование его к загрузочному люку помещения для разборки ОВЧ.

Этап VII (рис. 11). Установка ОВЧ в приемно-поворотное устройство отделения разборки. При этом выполняются:

- установка перегрузочного скафандра с ОВЧ на загрузочный люк отделения разборки;
- монтаж (опускание) ОВЧ из скафандра на приемо-поворотное устройство;
- демонтаж скафандра перегрузочного.

В процессе разборки ОВЧ из нее извлекаются твэлы, помещаемые затем в чехлы, которые находятся в хранилище чехлов, расположенном в отделении разборки. Дальнейшие работы по подготовке твэлов к перевозке на ПО «Маяк» заключаются в перетарке чехлов с твэлами из хранилища в транспортно-упаковочные комплекты типа ТУК-19 или ТК-18. Ниже представлена последовательность технологических этапов, выполняемых также в ГНЦ РФ ФЭИ с целью загрузки чехлов с твэлами в контейнеры типа ТК-18.

Этап I (рис. 12). Перегрузка чехлов из хранилища в скафандр перегрузочный. При этом выполняются:

- монтаж перегрузочного скафандра на загрузочный люк отделения разборки;
- перестановка чехлов в центральное гнездо хранилища и последующее втягивание чехла в скафандр;
- строповка скафандра перегрузочного и транспортирование скафандра к контейнеру для чехлов.

Этап II. Выгрузка чехлов из перегрузочного скафандра в контейнер для чехлов.

Этап III. Выгрузка чехлов из контейнера и загрузка их в промежуточный скафандр.

Этап IV. Подготовка вагона ТК-ВГ-18 к приему чехлов. При этом выполняются:

- раскрытие створок вагона ТК-ВГ-18;
- демонтаж крышки контейнера ТК-18, установленного в вагоне;
- монтаж на контейнере ТК-18 наводящего устройства.

Этап V. Загрузка чехлов с твэлами в контейнер ТК-18. При этом выполняются:

- установка промежуточного скафандра на наводящее устройство;
- перемещение чехла с твэлами из полости промежуточного скафандра в гнездо контейнера ТК-18 и фиксация чехла в гнезде контейнера.

Этап VI. Монтаж крышки контейнера ТК-18. Уплотнение контейнера, проверка его герметичности. Подготовка вагона ТК-ВГ-18 к транспортированию<sup>1</sup>.

Необходимо отметить, что большая часть из приведенных технологических операций в той или иной последовательности должна будет выполняться независимо от того, какой вариант ТТС обращения с ОВЧ будет принят к реализации. Соответственно необходимо будет разработать и изготовить оборудование и оснастку (или восстановить работоспособность существующего), задействованные в технологических операциях.

На настоящий момент оценить с достаточной степенью точности стоимость реализации того или иного варианта транспортно-технологической схемы обращения с ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа» крайне затруднительно. В связи с этим практически невозможно произвести и оценку временных затрат, поскольку они, в основном, определяются двумя факторами: технологическим циклом выполнения той или иной работы и имеющимися финансовыми ресурсами.

С целью получения достоверной информации по упомянутым выше вопросам и получения дополнительных данных, которые позволят обоснованно выбрать наиболее

<sup>1</sup> Примечание. Для отправки комплекта твэлов из одной ОВЧ требуется 1 эшелон из 12 контейнеров типа ТК-18.

оптимальный и безопасный вариант схемы обращения с ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа», необходимо провести соответствующее технико-экономическое исследование и выполнить ряд расчетно-экспериментальных работ, содержание которых будет приведено ниже.

## **6. Снятие с эксплуатации хранилища ОВЧ**

Состояние хранилища ОВЧ на сегодняшний день можно охарактеризовать как удовлетворительное. Как уже было отмечено ранее, необходимо дооборудовать хранилище рядом систем, обеспечивающих безопасное хранение ОВЧ в полном соответствии с требованиями действующей в настоящее время нормативно-технической документации.

К основным из этих систем можно отнести системы радиационного и физического контроля состояния ОВЧ, систему контроля наличия водородосодержащих веществ в помещении хранилища и баках хранения ОВЧ.

В настоящее время из восьми имеющихся в хранилище ячеек для хранения ОВЧ заняты под хранение шесть. В соответствии с планами утилизации АПЛ в северо-западном регионе России предполагается выгрузить еще три ОВЧ из реакторов АПЛ класса «Альфа». Таким образом, хранилище (сооруж. 1Б) будет заполнено, при этом одну ОВЧ необходимо будет разместить в здании перезарядки реакторов с ЖМТ (сооруж. 1А).

Работы по снятию с эксплуатации хранилища ОВЧ можно будет проводить только после его полного освобождения и вывоза с территории филиала №2 ФГУП «СевРАО» ОЯТ реакторов с жидкометаллическим теплоносителем. При этом возможна реализация следующих вариантов:

- ликвидация хранилища;
- реновация хранилища;
- консервация хранилища.

Окончательный выбор того или иного варианта снятия с эксплуатации хранилища ОВЧ может быть сделан по результатам специально разрабатываемого ТЭИ, учитывающего, в том числе и принятые варианты обращения с ОВЧ, а также с ТРО, образующимися в процессе разборки ОВЧ. Поскольку завершение работ по вывозу (или выгрузке) ОВЧ из хранилищ филиала №2 ФГУП «СевРАО» возможен не ранее, чем через 5-7 лет, разработка проекта по снятию с эксплуатации хранилищ не является на сегодня приоритетной.

## **7. Предложения по первоочередным работам в плане решения вопросов по обращению с ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа» и снятию с эксплуатации хранилища ОВЧ**

Как уже было отмечено ранее, исходя из положений стратегии обращения с ОЯТ утилизируемых АПЛ, Российская Федерация крайне заинтересована в реализации комплексного проекта по ликвидации пункта временного хранения облученного топлива реакторов АПЛ класса «Альфа».

Реализация этого проекта позволит не только ликвидировать ядерно- и радиационно опасный объект на территории филиала №2 ФГУП «СевРАО», но и

исключить из обращения достаточно большое количество высокообогащенного урана, содержащегося в ОЯТ.

Несмотря на то, что стадии непосредственной реализации данного комплексного проекта должен предшествовать этап технико-экономического исследования (ТЭИ) по определению оптимального варианта транспортно-технологической схемы обращения с ОЯТ, уже сегодня можно сформулировать ряд задач (проектов), к осуществлению которых можно приступить безотлагательно, не дожидаясь результатов ТЭИ. К ним можно отнести следующие задачи:

- разработка и реализация проекта приведения хранилища ОВЧ в соответствие с требованиями действующей нормативно-технической документации;
- разработка и создание защитного контейнера для перевозки ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа»;
- разработка проектно-конструкторской и технологической документации по дооборудованию производственной инфраструктуры ПО «Маяк» для обеспечения возможности переработки ОЯТ реакторов с жидкометаллическим теплоносителем.

Целесообразность и возможность начала работ по этим задачам уже в настоящее время объясняется тем обстоятельством, что они должны быть решены в обязательном порядке независимо от того, какой вариант транспортно-технологической схемы обращения с ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа» будет признан наиболее оптимальным по результатам разрабатываемого ТЭИ.

Таким образом, международному сообществу в качестве первоочередных работ предлагаются для рассмотрения и реализации следующие проекты.

**Проект 1. Разработка и реализация проекта приведения хранилища ОВЧ филиала №2 ФГУП «СевРАО» в соответствие с требованиями действующей нормативно-технической документации, в том числе:**

- разработка конструкторской документации размещения нейтронно- и гамма-датчиков в воздуховодах хранилищ, изготовление и закупка необходимого оборудования для радиометрического обследования баков с ОВЧ;
- проведение расчетной оценки радиационного потенциала и энерговыделений в выгруженных из реакторов и намечаемых к выгрузке ОВЧ АПЛ класса «Альфа»;
- проведение комплекса расчетно-экспериментальных исследований по уточнению нейтронно-физических характеристик ОВЧ, находящихся в хранилищах;
- разработка методики и конструкторской документации по организации физического контроля за состоянием ОВЧ в процессе их длительного хранения, изготовление, закупка и монтаж необходимого оборудования;
- разработка методики и конструкторской документации для определения наличия водородосодержащих веществ (влаги, углеводороды) в помещении хранилищ и баках хранения ОВЧ;
- разработка и выпуск технического обоснования безопасности (ТОБ) длительного хранения ОВЧ, в том числе с учетом возможных аварийных ситуаций и экстремальных внешних воздействий (землетрясение, падение летательных аппаратов и т.п.), подтвержденного необходимыми расчетами.

Ориентировочный график разработки и реализации проекта приведения хранилища ОВЧ в соответствие с требованиями действующей нормативно-технической документации приведен на рис. 13. Общие сроки реализации проекта следующие:

- разработка проекта реконструкции хранилища ОВЧ с проведением необходимых расчетно-экспериментальных исследований, разработкой методик, конструкторской документации и выпуском ТОб.

Срок выполнения – 12 месяцев с начала финансирования работ.

Стоимость работы – 900 тыс. \$ США;

- изготовление и приобретение необходимого оборудования. Реконструкция хранилища.

Срок выполнения – 9 месяцев после разработки и утверждения проекта реконструкции.

Стоимость работы – 900 тыс. \$ США.

Основные участники – ФГУП ОКБ «Гидропресс». ФГУП ОКБМ, ГНЦ РФ ФЭИ, ФГУП ГИ ВНИПИЭТ, ФГУП НИКИЭТ, ФГУП «СевРАО».

В результате работы будет выпущена проектная документация и проведена реконструкция хранилища ОВЧ в соответствии с требованиями действующей нормативно-технической документации.

## **Проект 2. Разработка и создание защитного контейнера для перевозки ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа»**

Принимая во внимание то, что работы в этом направлении уже начаты (разработан технический проект контейнера, документация технического проекта прошла все этапы согласования и рецензирования) в составе данного проекта должны быть выполнены:

- разработка рабочей конструкторской и эксплуатационной документации;
- разработка, изготовление и проведение испытаний макетов и моделей наиболее ответственных элементов контейнера (узлы уплотнений, демпфирующие элементы и т.п.). Корректировка РКД по результатам испытаний;
- изготовление опытного образца и специальной оснастки, проведение испытаний в соответствии с требованиями Российской нормативно-технической базы. Корректировка РКД и ЭД по результатам испытаний;
- сертификация контейнера в соответствии с Российским законодательством;
- изготовление и приемо-сдаточные испытания контейнеров, передача их эксплуатирующей организации.

Ориентировочный график реализации данного проекта приведен на рис. 14. Общие сроки реализации проекта следующие:

- разработка рабочей конструкторской и эксплуатационной документации.

Срок выполнения – 9 месяцев с начала финансирования работы.

Стоимость работы – 150 тыс. \$ США;

- испытания макетов и моделей отдельных узлов контейнера по программе Главного конструктора.

Срок выполнения – 12 месяцев с начала финансирования работы.

Стоимость работы – 500 тыс. \$ США;

- изготовление и испытания опытного образца контейнера. Корректировка РКД по результатам испытаний. Сертификация контейнера.

Срок выполнения – 12 месяцев с начала финансирования работы.

Стоимость работы – 1050 тыс. \$ США;

- изготовление и приемо-сдаточные испытания поставочных образцов контейнеров (2 шт.), передача их эксплуатирующей организации.

Срок выполнения – 9 месяцев после сертификации и начала финансирования работы.

Стоимость работы – 1200 тыс. \$ США;

Основные участники работы – ФГУП ОКБ «Гидропресс», ФГУП ГИ ВНИПИЭТ, ГНЦ РФ ФЭИ, ФГУП НИКИЭТ, ОАО «Ижорские заводы».

**Проект 3. Разработка проектно-конструкторской документации и дооборудование производственной инфраструктуры ПО «Маяк» в обеспечение возможности переработки ОЯТ реакторов с ЖМТ (Рb-Vi)**

Ориентировочный график реализации данного проекта приведен на рис. 15.

Срок реализации проекта – 2 года с начала финансирования.

Стоимость работы - 3000 тыс. \$ США;

Основные участники работы – ГНЦ РФ ФЭИ, ФГУП ВНИИНМ, ФГУП ПО «Маяк», ФГУП ГИ ВНИПИЭТ, ГФУ ВНИИ ПО МЧС РФ.

**Проект 4. Проведение технико-экономического исследования в обоснование выбора оптимального варианта безопасного обращения с ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа», в том числе:**

- комплекс расчетно-экспериментальных исследований состояния ТВЭЛов с целью определения степени деградации ОЯТ;
- определение основных характеристик транспортно-технологической схемы обращения с ОВЧ;
- уточнение состава и характеристик оборудования «горячей» камеры для разборки ОВЧ;
- выбор и обоснование схемы обращения с ТРО, образующимися при разборке ОВЧ;
- определение возможности использования имеющихся морских транспортных средств или формулирование основных технических требований к вновь создаваемому для перевозки контейнера с ОВЧ.

Ориентировочный график разработки ТЭИ в обоснование выбора оптимального варианта безопасного обращения с ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа» приведен на рис. 16.

Срок выполнения – 12 месяцев с начала финансирования работ.

Стоимость работы – 1200 тыс. \$ США.

Основные участники работы – ФГУП ОКБ «Гидропресс», ФГУП ОКБМ, ГНЦ РФ ФЭИ, ФГУП ГИ ВНИПИЭТ, ФГУП НИКИЭТ, ФГУП ВНИИНМ, ФГУП ПО «Маяк».

По результатам выполненного ТЭИ будет обоснованно выбран вариант безопасного обращения с ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа», определены основные характеристики элементов транспортно-технологической схемы обращения с ОВЧ, оценены сроки и стоимость реализации проекта. Впоследствии возможна разработка технико-экономического обоснования и необходимой проектной и конструкторской документации для реализации проекта.

## **Заключение**

В настоящее время на хранении в филиале №2 ФГУП «СевРАО» находятся шесть ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа». В ближайшие годы планируется выгрузка

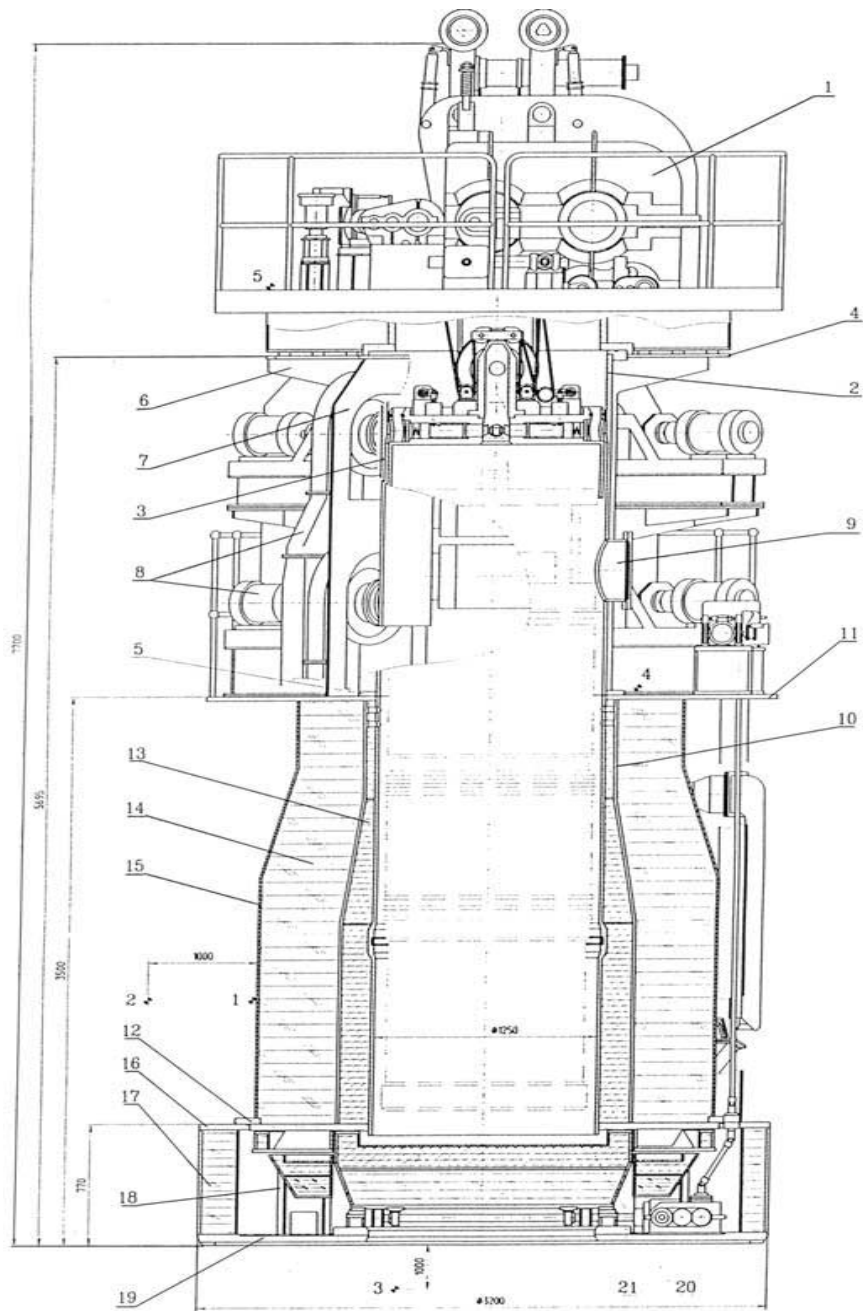
еще трех ОВЧ. Условия хранения обеспечивают ядерную и радиационную безопасность. Тем не менее, необходимо выполнение определенного объема работ по приведению существующих хранилищ с соответствии с требованиями действующей Российской нормативно-технической документации.

Утвержденной «Концепцией комплексной утилизации АПЛ, НК с ЯЭУ и экологической реабилитации радиационно опасных объектов» предусматривается полное удаление с территории филиала №2 ФГУП «СевРАО» облученного ядерного топлива, в том числе и ОЯТ реакторов АПЛ класса «Альфа» и его переработка на ПО «Маяк».

Сформулированы основные положения принципиальной схемы обращения с ОЯТ реакторов АПЛ с жидкометаллическим теплоносителем, перечень задач, которые должны быть решены для реализации принятой в Российской Федерации стратегии обращения с ОЯТ утилизируемых АПЛ, требования к инфраструктуре и вспомогательным системам объекта в обеспечение безопасного обращения с ОВЧ.

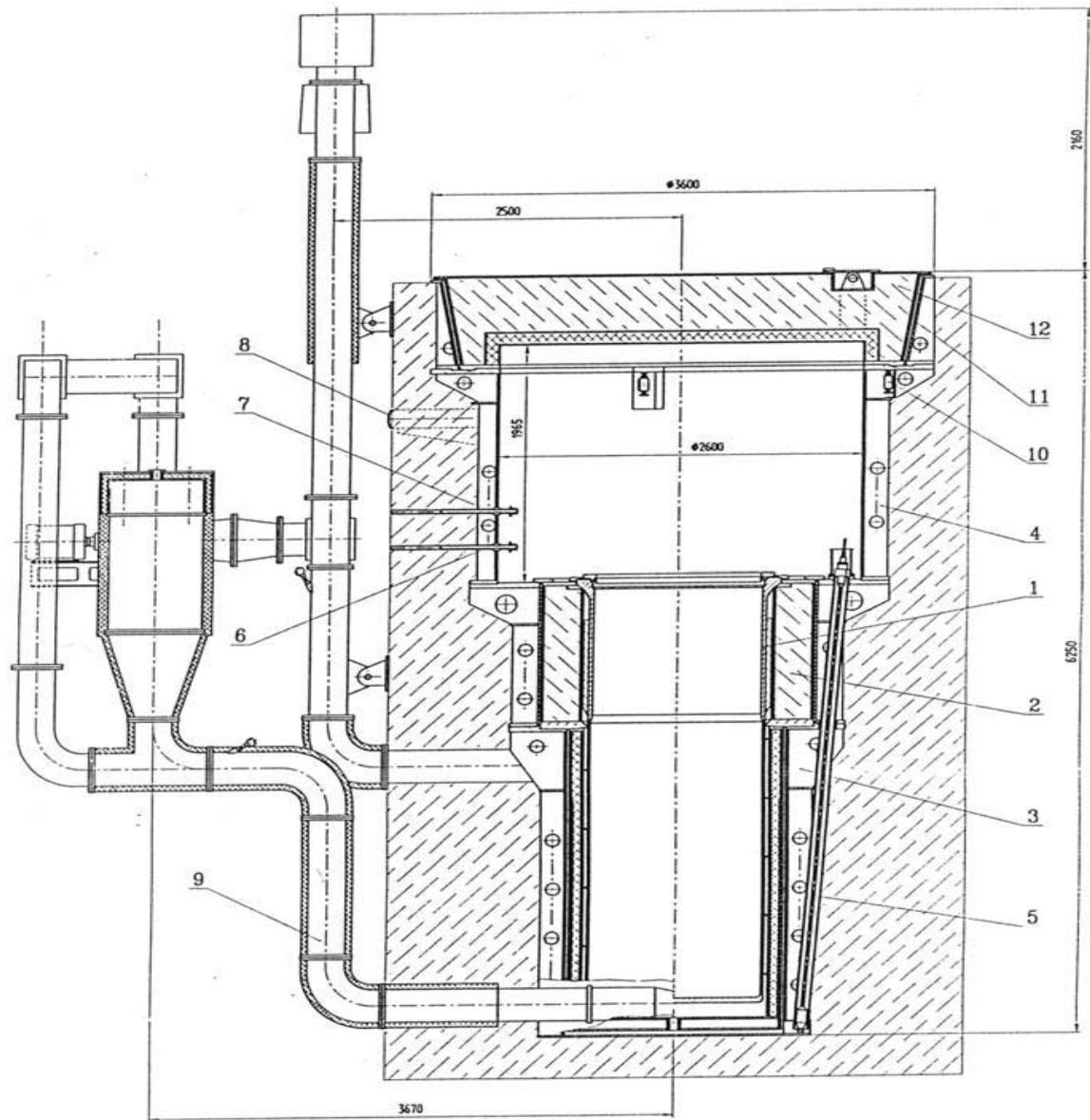
Рассмотрены возможные варианты транспортно-технологических схем обращения с ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа». Показано, что окончательный выбор оптимального варианта безопасного обращения с ОВЧ может быть сделан по результатам специально разработанного технико-экономического исследования. Определены основные направления работ в рамках данного ТЭИ.

Сформулированы предложения по первоочередным проектам, которые можно выполнять, не дожидаясь завершения разработки и результатов ТЭИ по обоснованию оптимального варианта транспортно-технологической схемы безопасного обращения с ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа» в рамках принятой в Российской Федерации стратегии обращения с ОЯТ утилизируемых АПЛ.



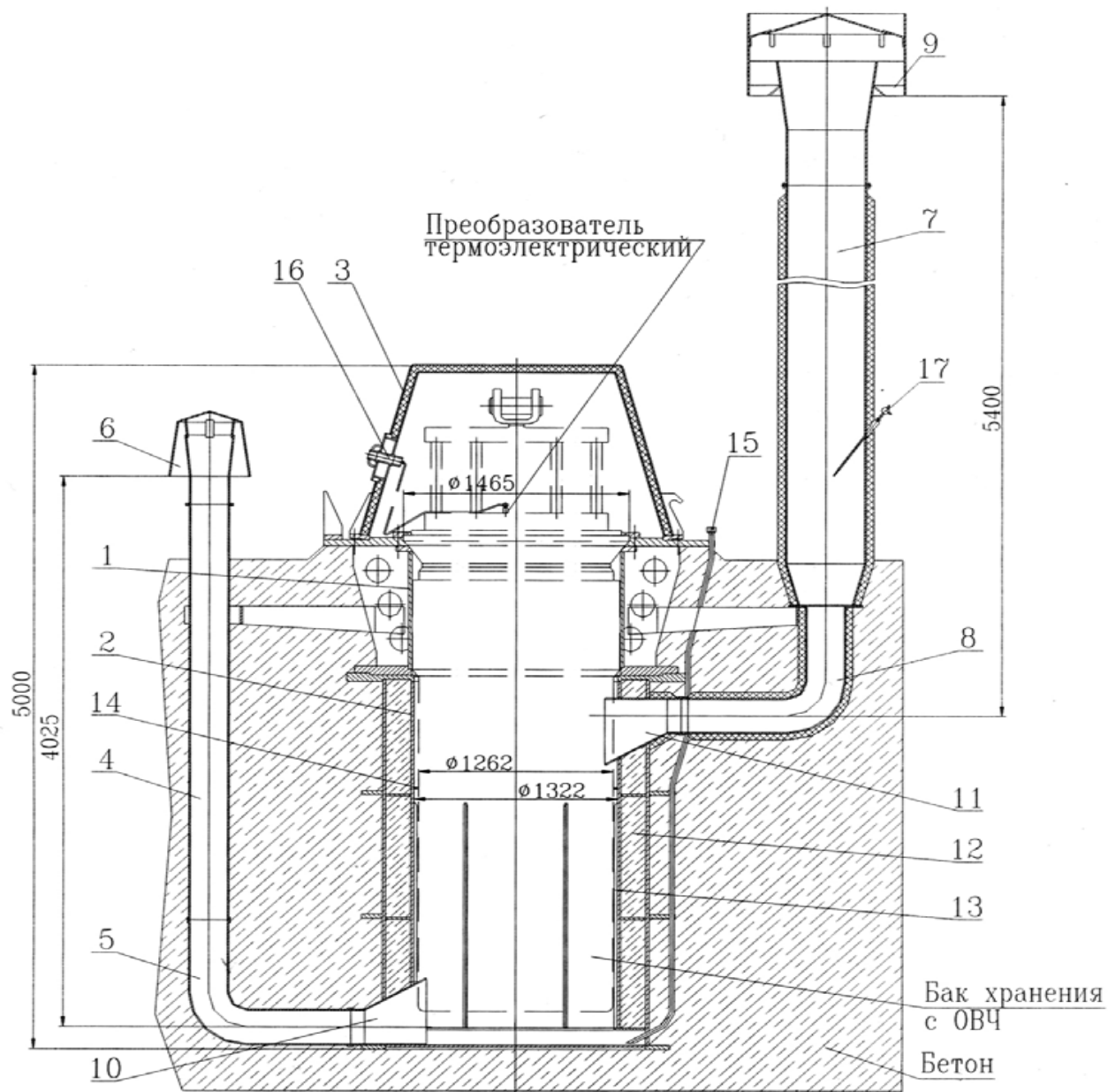
1. Лебедка
2. Каркас
3. Обечайка
4. Фланец
5. Фланец
6. Ребро
7. Ребро
8. Система вентиляции
9. Люк
10. Обечайка
11. Фланец
12. Фланец
13. Свинец
14. Полиэтилен
15. Облицовка
16. Шиберная коробка
17. Полиэтилен
18. Защитный блок
19. Шибер
20. Свинец
21. Полиэтилен

**Рис. 1. Скафандр разгрузочный**



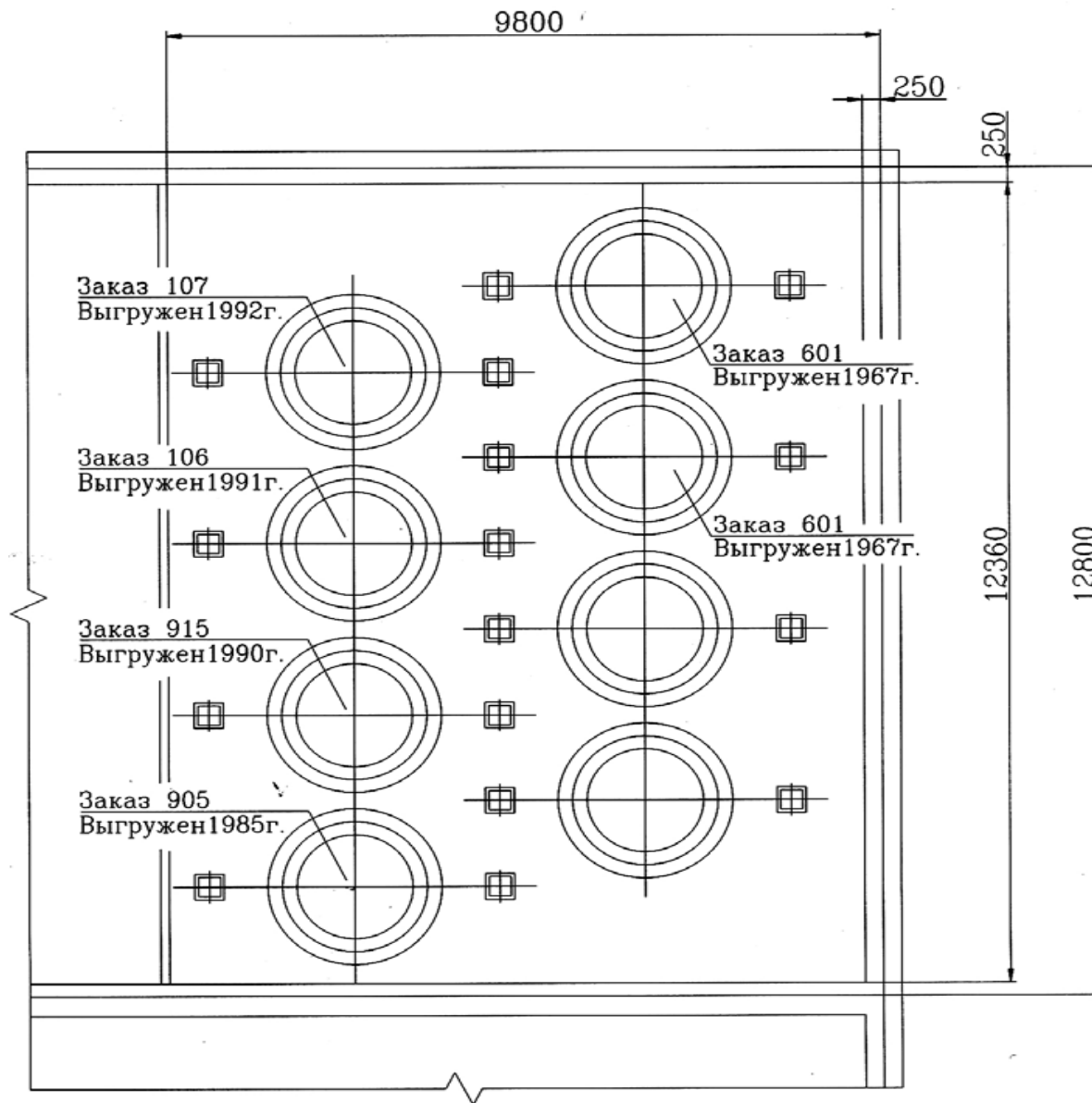
1. Бак хранения
2. Корпус
3. Корпус закладной
4. Каркас опорный
5. Труба
6. Штуцер отсоса газа
7. Штуцер подачи газа
8. Окно смотровое
9. Воздуховод
10. Выключатель конечный
11. Стакан направляющий
12. Крышка хранилища

**Рис. 2. Хранилище I**



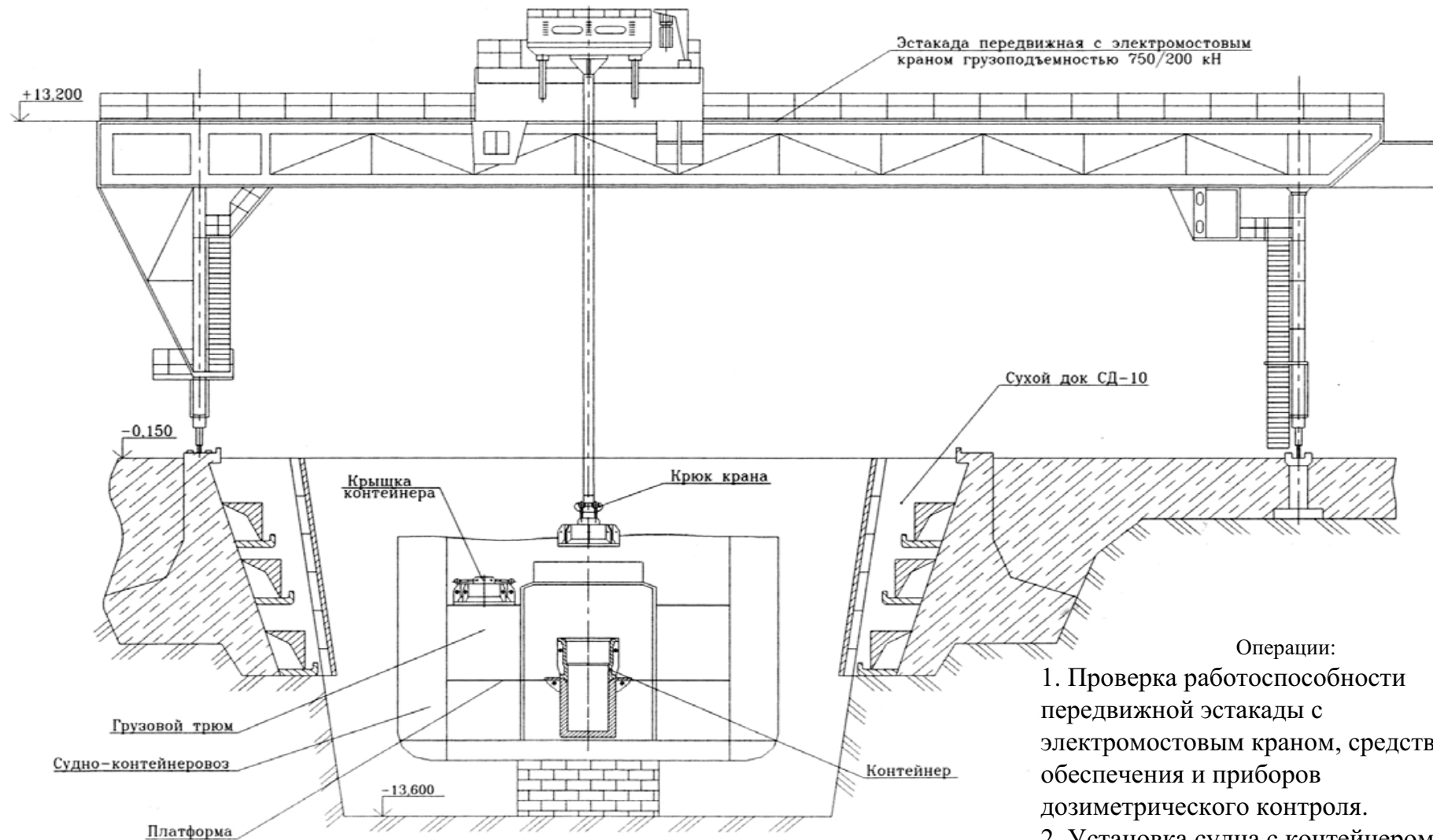
1. Корпус верхний
2. Корпус нижний
3. Колпак
4. Воздуховод входной
5. Колено
6. Дефлектор
7. Воздуховод выходной
8. Колено
9. Дефлектор
10. Патрубок
11. Патрубок
12. Защита
13. Ребро
14. Кольцо
15. Труба дренажная
16. Коробка проходная
17. Термопреобразователь сопротивления

**Рис. 3. Хранилище II**



**Рис. 4. План хранилища II**

## Операции, выполняемые в п. Гремиха

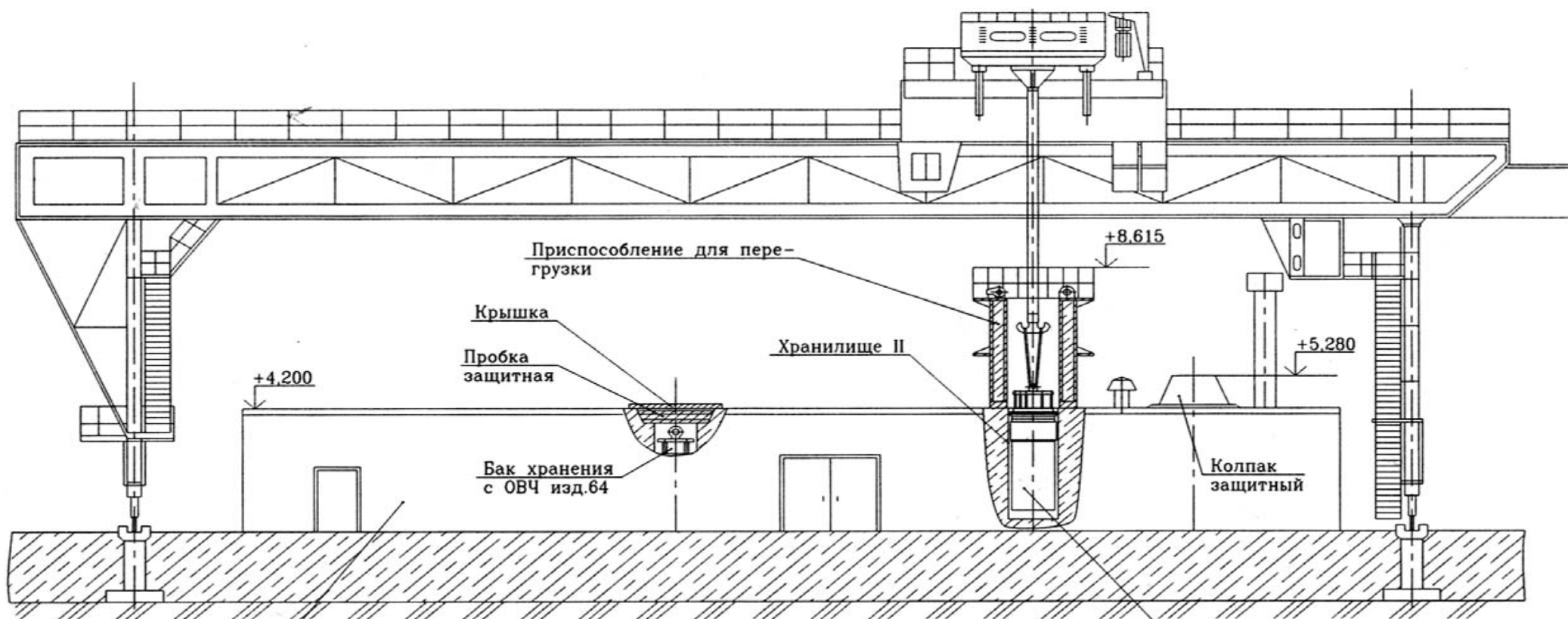


Операции:

1. Проверка работоспособности передвижной эстакады с электромостовым краном, средств обеспечения и приборов дозиметрического контроля.
2. Установка судна с контейнером в сухой док.
3. Открытие трюма с контейнером.
4. Демонтаж и размещение крышки контейнера на палубе судна.

**Рис. 5. I ЭТАП. Подготовка судна-контейнеровоза к приему бака хранения с отработавшей выемной частью**

## Операции, выполняемые в п. Гремиха



Здание 1Б

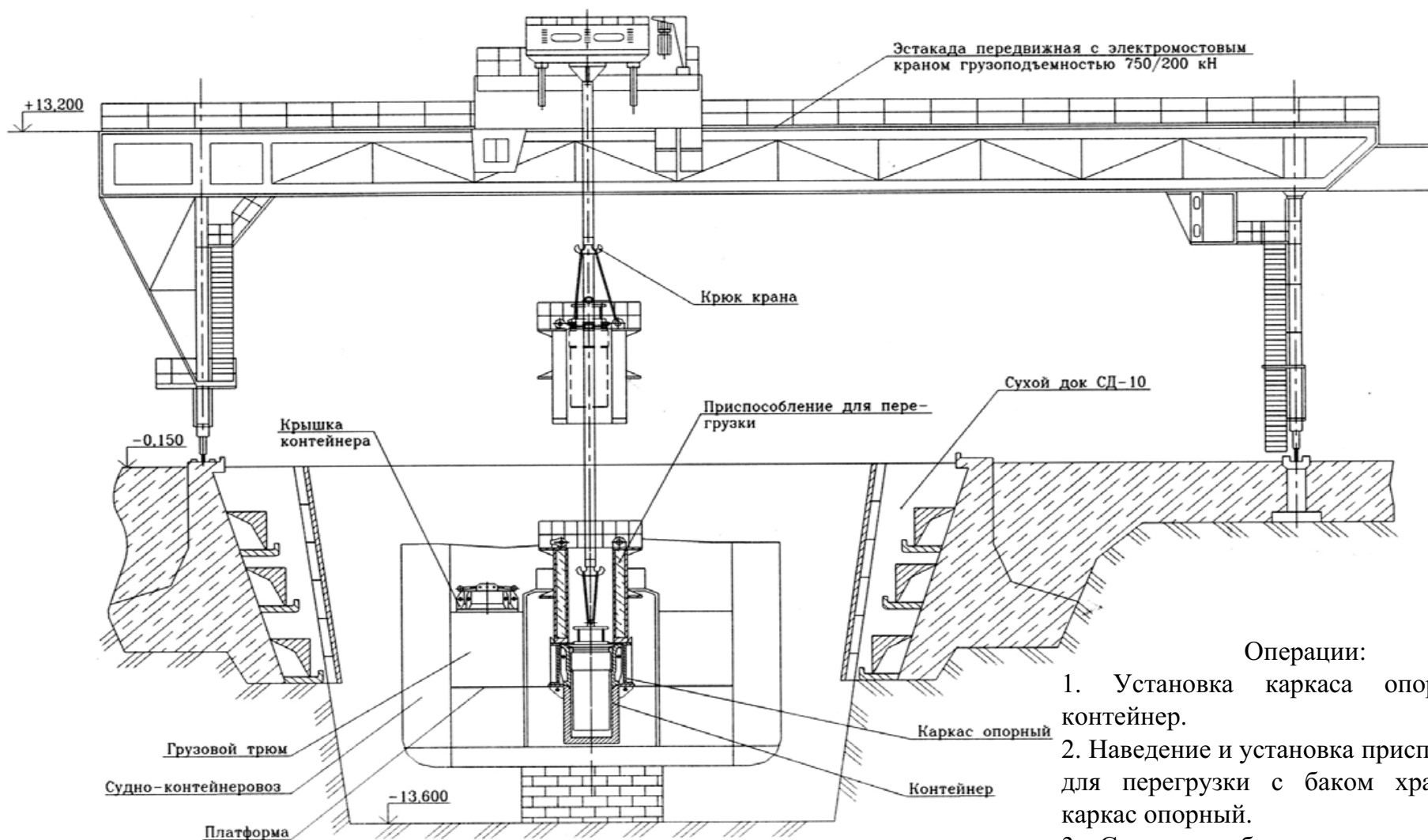
Операции:

Бак хранения с ОВЧ  
изд. 120 и 550

1. Демонтаж крышки люка над хранилищем, извлечение пробки защитной (для изделия 64), демонтаж колпака защитного (для изделий 120 и 550).
2. Строповка приспособления для перегрузки с крюком крана, транспортирование и установка его на хранилище.
3. Строповка бака хранения с ОВЧ с крюком крана и втягивание бака хранения с ОВЧ в приспособление для перегрузки и его закрепление на трех откидных опорах.
4. Строповка приспособления с баком хранения с крюком крана и перемещение приспособления с баком хранения из хранилища к судну.

**Рис. 6. II ЭТАП. Подготовка хранилища II к выгрузке бака хранения с отработавшей выемной частью**

## Операции, выполняемые в п. Гремиха

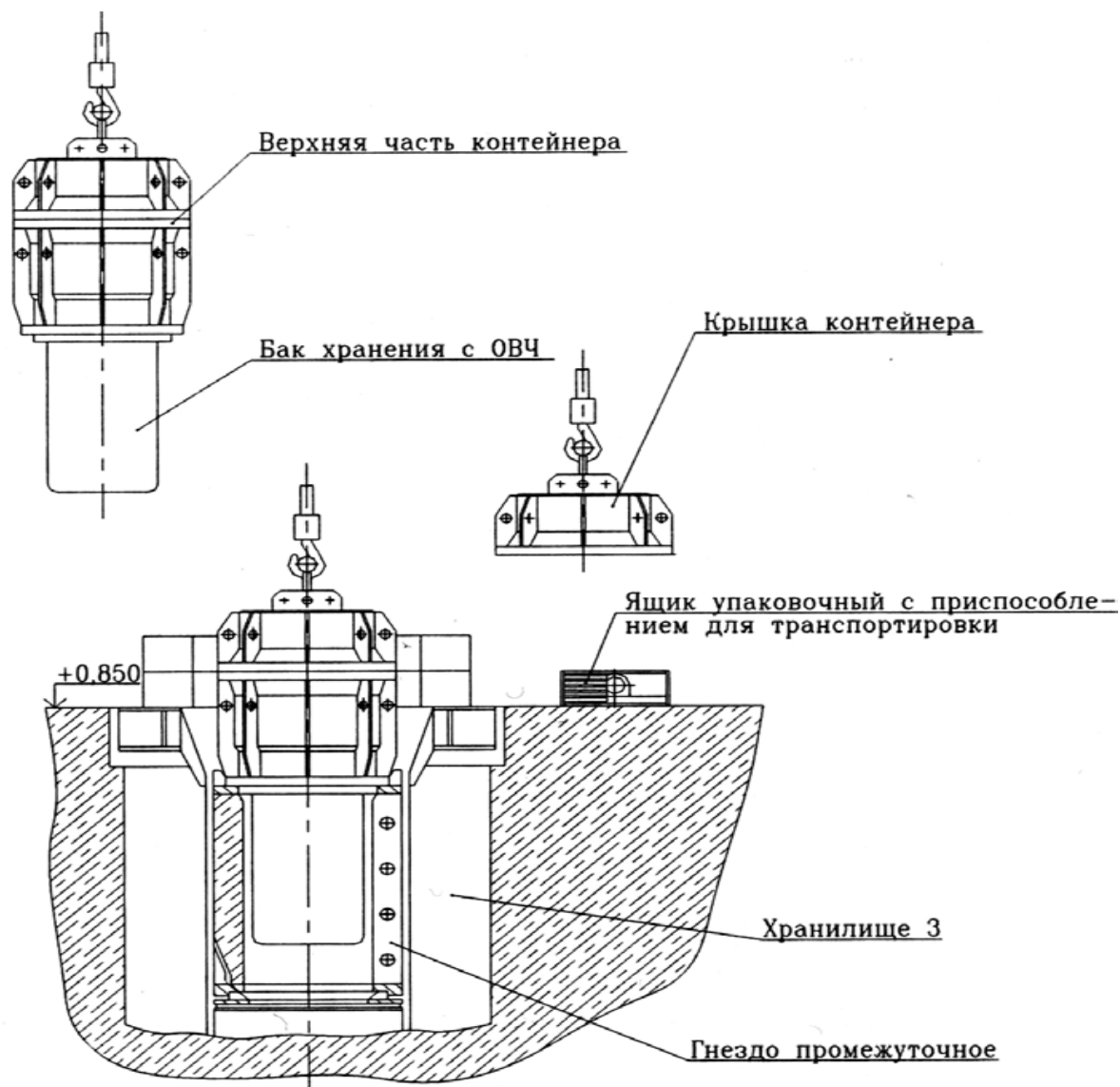


Операции:

1. Установка каркаса опорного на контейнер.
2. Наведение и установка приспособления для перегрузки с баком хранения на каркас опорный.
3. Строповка бака хранения с ОВЧ и опускание бака хранения с ОВЧ во внутреннюю полость контейнера.

**Рис. 7. III ЭТАП. Перегрузка бака хранения с отработавшей выемной частью из хранилища в судно-контейнеровоз**

## Операции по приемке ОВЧ в ГНЦ РФ ФЭИ

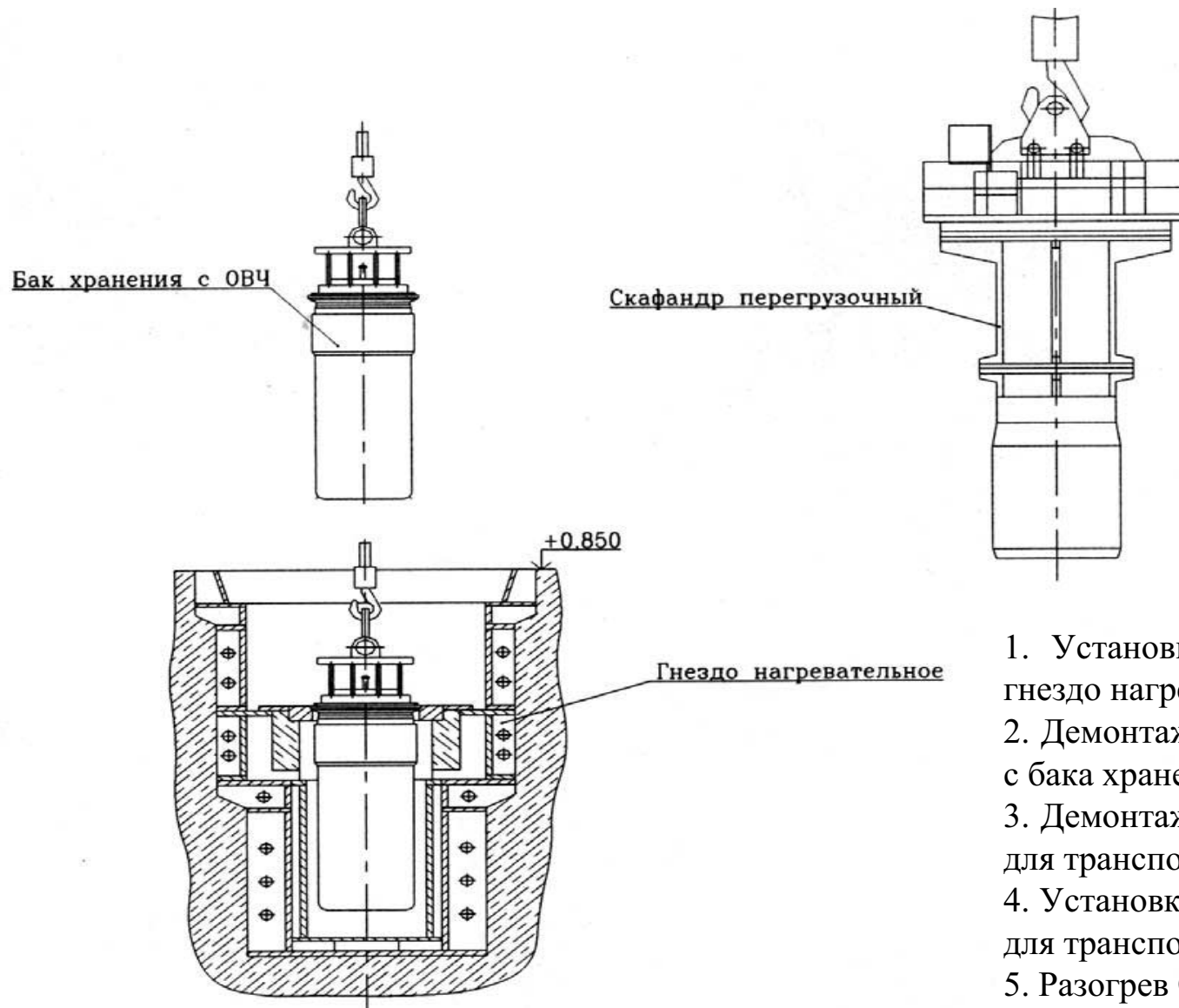


Операции:

1. Установка контейнера с баком хранения в гнездо промежуточное.
2. Демонтаж крышки контейнера.

Рис. 8. III ЭТАП. Установка контейнера в гнездо промежуточное

## Операции по приемке ОВЧ в ГНЦ РФ ФЭИ

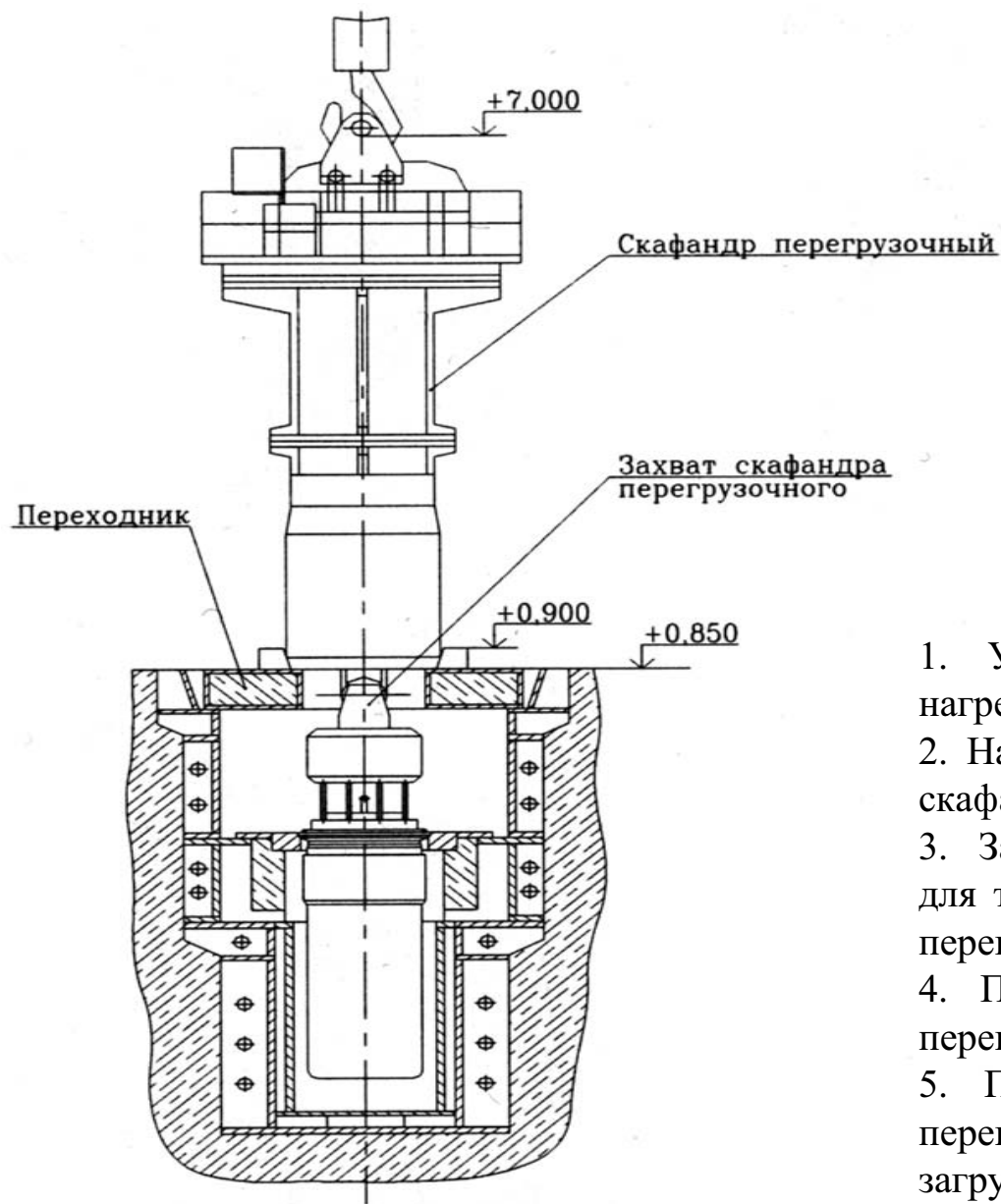


Операции:

1. Установка бака хранения с ОВЧ в гнездо нагревательное.
2. Демонтаж и снятие фланца накидного с бака хранения.
3. Демонтаж траверсы с приспособления для транспортировки.
4. Установка головки на приспособление для транспортировки.
5. Разогрев ОВЧ. Тепловой контроль.

**Рис. 9. V ЭТАП. Загрузка бака хранения с ОВЧ в гнездо нагревательное. Разогрев.**

## Операции по приемке ОВЧ в ГНЦ РФ ФЭИ

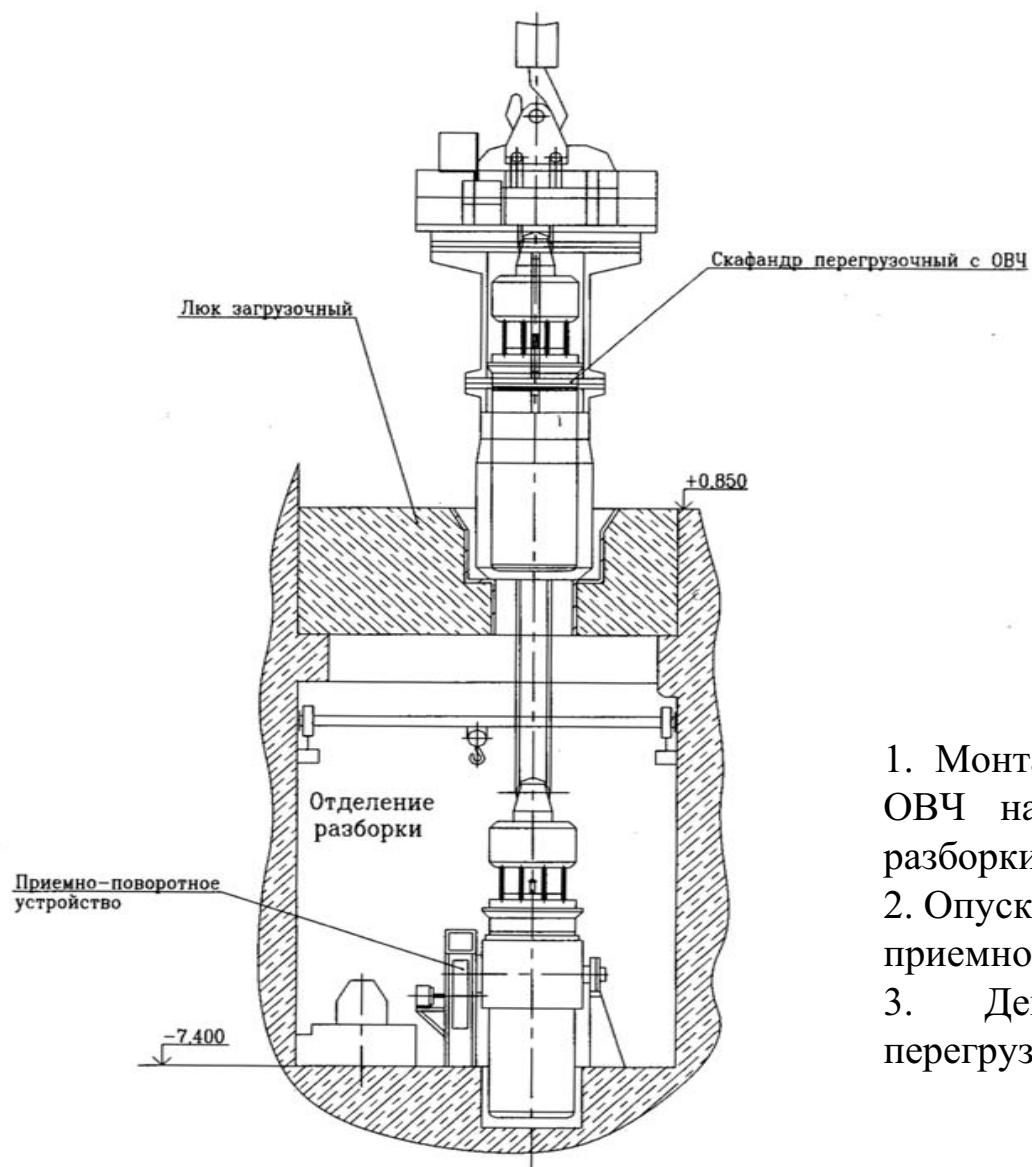


### Операции:

1. Установка переходника на гнездо нагревательное.
2. Наведение и установка на переходник скафандра перегрузочного.
3. Зацепление головки приспособления для транспортировки захватом скафандра перегрузочного.
4. Подъем ОВЧ в полость скафандра перегрузочного.
5. Подъем и перемещение скафандра перегрузочного с ОВЧ к люку загрузочному отделения разборки.

Рис. 10. VI ЭТАП. Выгрузка ОВЧ из гнезда нагревательного

## Операции по приемке ОВЧ в ГНЦ РФ ФЭИ

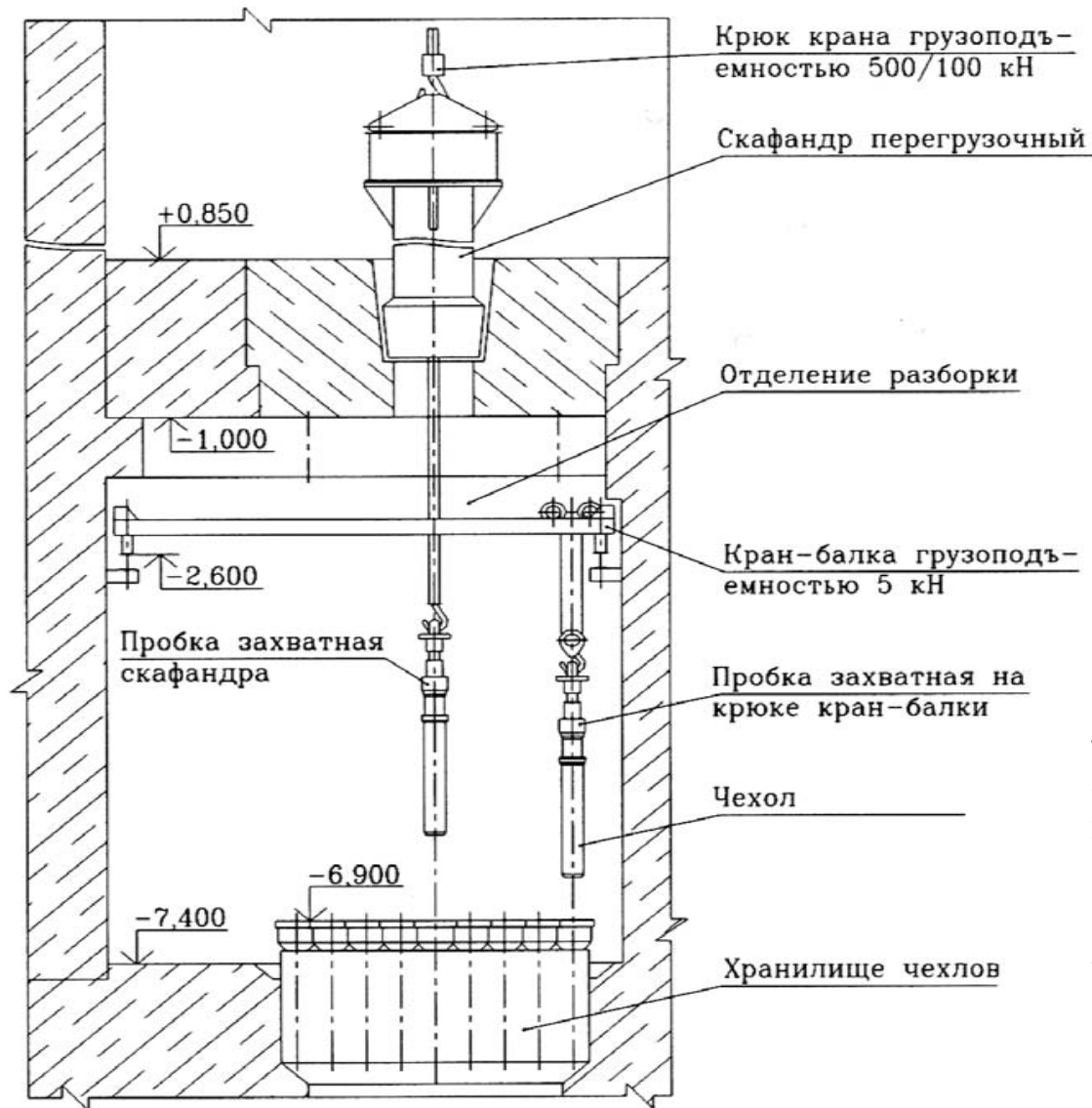


Операции:

1. Монтаж скафандра перегрузочного с ОВЧ на люк загрузочный отделения разборки.
2. Опускание ОВЧ до полной установки в приемно-поворотном устройстве.
3. Демонтаж захвата скафандра перегрузочного.

**Рис. 11. VII ЭТАП. Установка отработавшей выемной части в приемно-поворотное устройство отделения разборки**

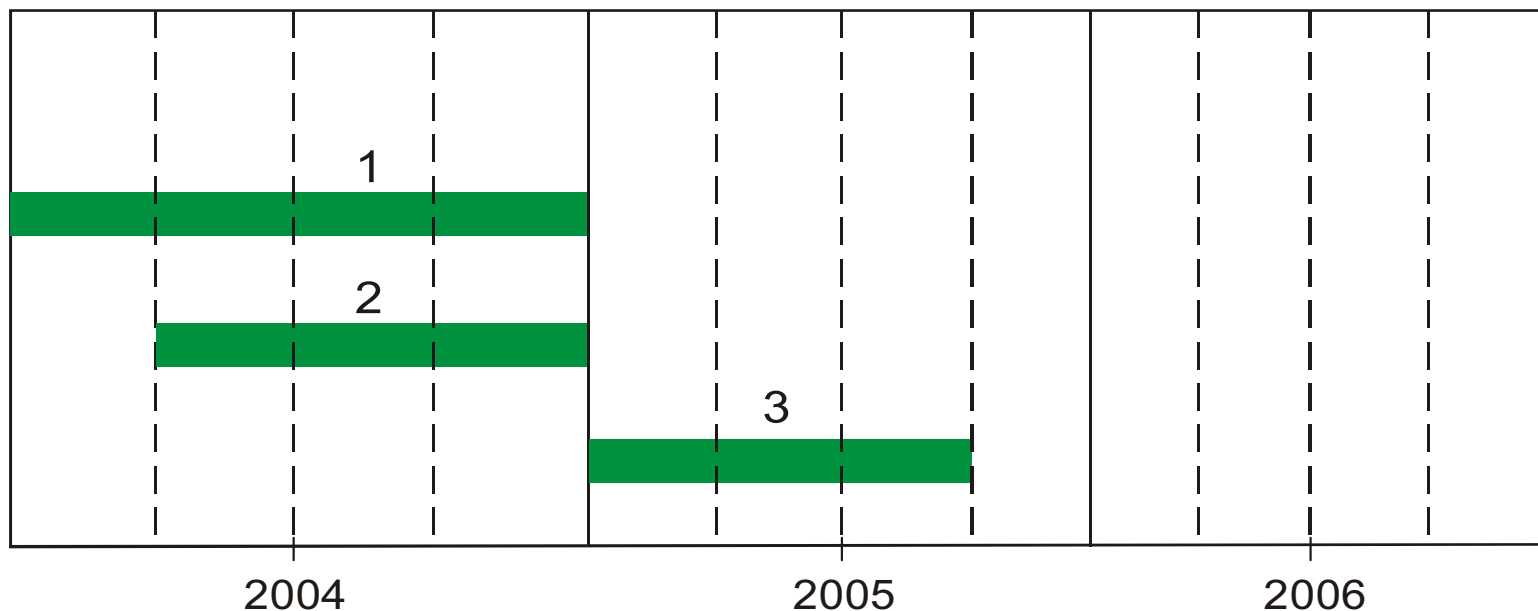
## Операции по отправке ОЯТ на переработку



### Операции:

1. Монтаж скафандра перегрузочного на люк загрузочный отделения разборки.
2. Перенос чехла в центральное гнездо и последующее втягивание чехла в полость скафандра.
3. Транспортирование скафандра с чехлом к контейнеру для чехла.

**Рис. 12. I ЭТАП. Выгрузка чехлов из гнезд хранилища.  
Загрузка чехлов в скафандр перегрузочный**



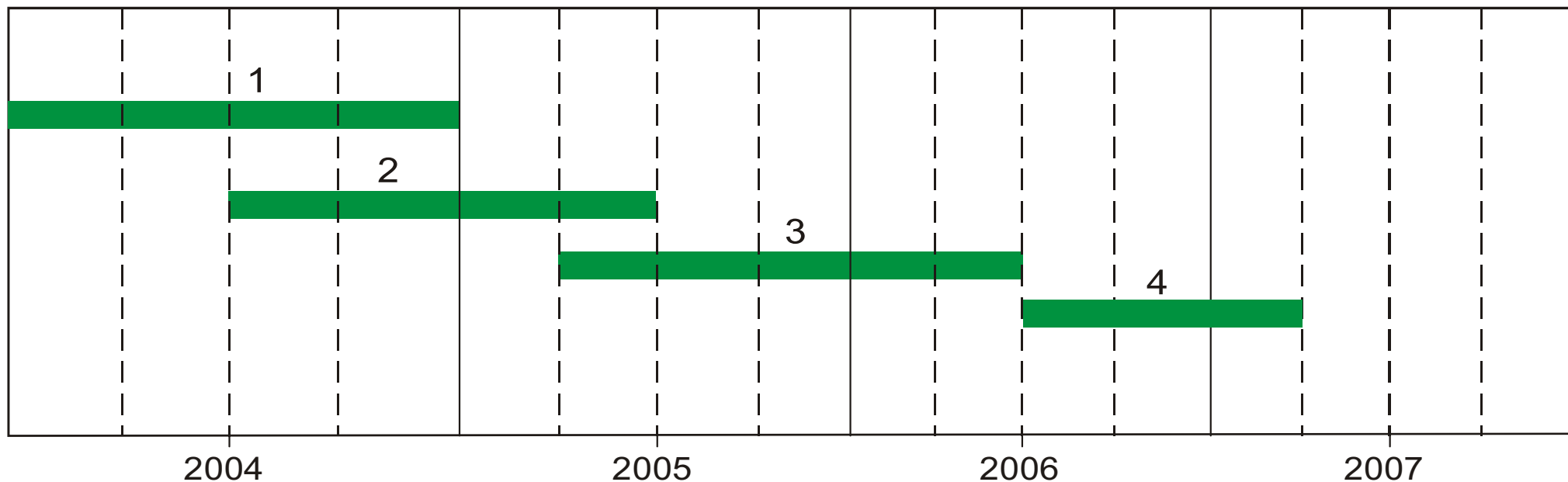
1. Разработка проекта реконструкции хранилища ОВЧ с проведением необходимых расчетно-экспериментальных исследований, разработкой методик и КД.

Стоимость – 400 тыс.\$

2. Разработка ТОБ и ОВОС. Стоимость – 500 тыс.\$

3. Изготовление и приобретение необходимого оборудования. Реконструкция хранилища. Стоимость – 900 тыс.\$

**Рис. 13. График реализации проекта приведения хранилища ОВЧ в соответствие с требованиями действующей нормативно-технической документации Российской Федерации**



1. Разработка рабочей конструкторской и эксплуатационной документации

Стоимость – 150 тыс.\$

2. Разработка, изготовление и проведение испытаний макетов и моделей наиболее ответственных элементов контейнера. Корректировка РКД.

Стоимость – 500 тыс.\$

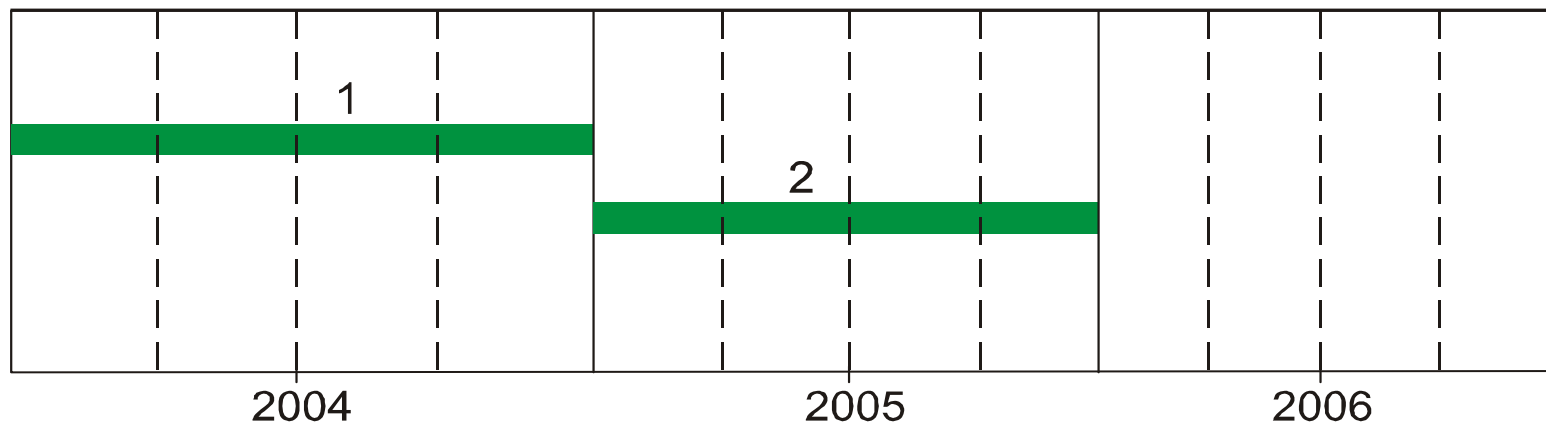
3. Изготовление опытного образца. Проведение испытаний в соответствии с требованиями Российской НТД. Корректировка РКД и ЭД. Сертификация контейнера.

Стоимость – 1050 тыс.\$

4. Изготовление, приемосдаточные испытания и сдача эксплуатирующей организации двух контейнеров.

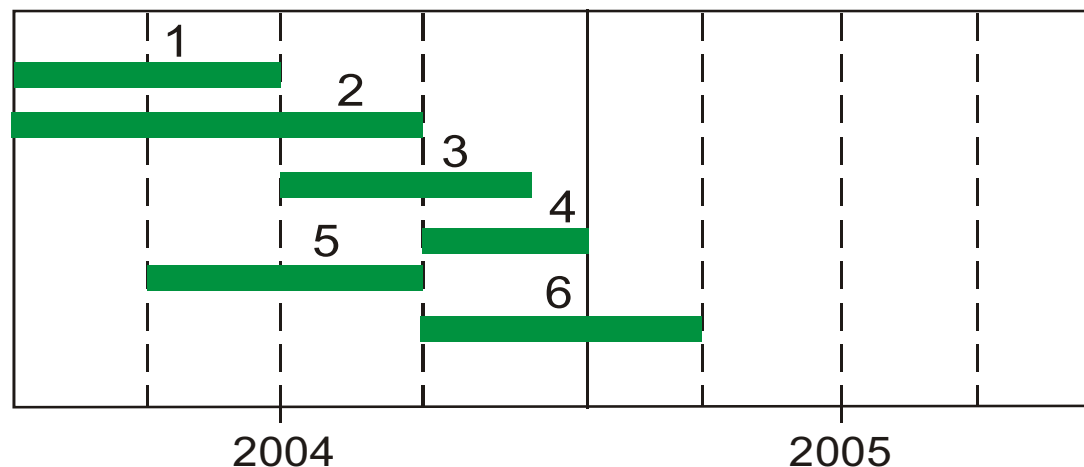
Стоимость – 1200 тыс.\$

**Рис. 14. График реализации проекта по созданию защитного контейнера для перевозки ОБЧ**



1. Разработка проектной и технической документации в обеспечение дооборудования производственной базы ПО «Маяк» и переработки ОЯТ реакторов АПЛ класса «Альфа»  
Стоимость – 800 тыс.\$
2. Проведение реконструкции производственной базы. Утверждение технологических регламентов. Лицензирование приемки и переработки топлива.  
Стоимость – 2200 тыс.\$

**Рис. 15. График реализации проекта по дооборудованию производственной базы  
 По «Маяк»**



1. Комплекс расчетно-экспериментальных исследований состояния твэлов с целью определения степени деградации ОЯТ. Стоимость – 200 тыс.\$
2. Определение основных характеристик транспортно-технологических схем обращения с ОЯТ Стоимость – 300 тыс.\$
3. Уточнение состава и характеристик оборудования «горячей» камеры и отделения разборки ОВЧ. Стоимость – 250 тыс.\$
4. Выбор и обоснование схемы обращения с ГРО. Стоимость – 150 тыс.\$
5. Выбор и обоснование типа судна-контейнеровоза. Стоимость – 200 тыс.\$
6. Оформление, согласование и утверждение материалов ТЭИ. Стоимость – 100 тыс.\$

**Рис. 16. График реализации проекта по проведению ТЭЖ в обоснование выбора оптимального варианта обращения с ОВЧ реакторов АПЛ класса «Альфа»**