

**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И  
КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГОТЕХНИКИ имени  
Н.А. ДОЛЛЕЖАЛЯ»**

**СОГЛАСОВАНО**

Главный инженер

ОАО «СХК»



\_\_\_\_\_  
С.С. Козырев  
2010 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Директора-  
Генерального конструктора,  
Главный конструктор

« \_\_\_\_\_  
В.А. Шишкин  
2010 г.

**МАТЕРИАЛЫ РАЗДЕЛА 5 ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО  
ВЫВОДУ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ПРОМЫШЛЕННОГО УРАН-ГРАФИТОВОГО РЕАКТОРА ЭИ-2  
В ЧАСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

Техническая справка

112.1245 ТС

Главный конструктор-  
Директор отделения

А.О. Пименов

Начальник отдела-  
заместитель Главного  
конструктора

А.А. Роменков

*E 112-3834*  
*л.с.с. 21.03.11*

Москва 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение.....	6
2 Материалы подраздела "Технологические решения" раздела 5 проекта ВЭ реактора ЭИ2 в части технологических решений по демонтажу.....	9
2.1 Описание исходного состояния объекта демонтажа .....	9
2.1.1 Описание исходного состояния объекта внутри шахты реактора .....	9
2.1.2 Описание исходного состояния объекта вне шахты реактора .....	14
2.2 Описание технологических решений по демонтажу и обращению с РАО.....	23
2.2.1 Описание технологического процесса демонтажа .....	23
2.2.2 Описание технологического процесса обращения с РАО .....	35
3 Материалы подраздела "Технологические решения" раздела 5 проекта ВЭ реактора ЭИ2 в части технологических решений по заполнению объемов .....	48
3.1 Монтаж системы контроля .....	48
3.1.1 Описание назначения и принципа работы системы .....	50
3.1.2 Основное используемое оборудование .....	57
3.1.3 Основные компоновочные решения.....	68
3.1.4 Обоснование выбранных решений по системе контроля .....	69

3.2	Номенклатура материалов защитных барьеров в пределах шахты реактора .....	70
3.3	Номенклатура материалов защитных барьеров в пределах шахты реактора .....	75
3.4	Оборудование для создания защитных барьеров в пределах шахты реактора .....	77
3.5	Заполнение объемов в пределах шахты реактора .....	79
3.5.1	Последовательность работ по заполнению шахты реактора ЭИ-2 .....	79
3.5.2	Бетонирование подреакторного пространства (до схемы «ЭР») .....	80
3.5.3	Бетонирование блоков схем «Л» и «Д» .....	82
3.5.4	Заделка проёмов в стенах бетонной шахты .....	84
3.5.5	Заполнение междиафрагменного пространства .....	84
3.5.6	Заполнение глиняной смесью пространства между схемами «ЭР» и «О», а также схемы «О» .....	86
3.5.7	Заполнение пространства между кожухом реактора и схемами «Л» и «Е» .....	87
3.5.8	Заполнение трактов технологических каналов .....	89
3.6	Номенклатура материалов защитных барьеров за пределами шахты реактора .....	90
3.7	Оборудование для создания защитных барьеров вне шахты аппарата .....	92

3.8	Технологический процесс создания защитного барьера вне шахты аппарата .....	94
3.8.1	Создание защитного барьера внутри подземных помещений захораниваемого объекта.....	95
3.8.2	Технологический процесс создания защитного снаружи захораниваемого объекта.....	97
3.9	Обоснование выбора материалов защитных барьеров .....	101
3.9.1	Обоснование использование глинистых материалов в качестве материала засыпки графитовой кладки.....	101
3.9.2	Обоснование использование композиции ГАЛКА-ТЕРМОГЕЛЬ-НТ для формирования противofильтрационного барьера .....	104
4	Материалы подраздела "Технологические решения" раздела 5 проекта ВЭ реактора ЭИ-2 в части технологических решений по системе мониторинга .....	106
4.1	Назначение и область применения мониторинга.....	106
4.2	Описание системы мониторинга.....	109
5	Заключение .....	119
	Обозначения и сокращения.....	120
	Список литературы .....	122
	Приложение А Техническое задание .....	123

ПриложениеБ Технологические решения по заливке объемов .....	150
Приложение В Оборудование для технологического и радиационного контроля .....	166

## 1 Введение

### 1.1 Наименование шифр и основание для разработки

Работы по разработке проектной документации по выводу из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора ЭИ2, включая внереакторное оборудование на СХК ведутся в следующей кооперации:

- Заказчик - ОАО «СХК»;
- основной исполнитель - ОАО «Ордена Ленина НИКИЭТ имени Н.А.Доллежала»;
- соисполнители - ЗАО «Атомпромресурсы»

Наименование работы - разработка проектной документации по выводу из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора ЭИ2 по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте.

Наименование темы: «Разработка отдельных разделов проектной документации по выводу из эксплуатации ПУГР ЭИ2 по варианту "захоронение на месте"»

Шифр темы – 1-00.05.05-5-06.94-1969Р 10.097-037.

Основанием для разработки является:

- Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» (ФЦП ОЯРБ 2008-2015), утвержденная постановлением Правительства РФ № 444 от 13 июля 2007 г., п.68.
- Дополнительное соглашение №3 от 25.09.2010 к государственному контракту № Д.4ш.21.04.10.1057 от 02.04.2009 г. «Вывод из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов АДЭ-3, И-1, ЭИ-2 и площадки 2 реакторного завода, включая проектно-изыскательские работы, открытого акционерного общества «Сибирский химический комбинат», заключенный между Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом»

(Госкорпорация «Росатом») (Государственный Заказчик) и ОАО «СХК».

- договор № 1396-10 от 16 ноября 2010 года между ОАО «НИКИЭТ» и ОАО «СХК».

## 1.2 Цель разработки

Целью разработки является вывод из эксплуатации (ВЭ) ПУГР ЭИ2, включая внереакторное оборудование СХК в соответствии с требованиями нормативной документации по варианту захоронения на месте.

## 1.3 Назначение и область применения

Назначение разработки - подготовка проектной и технической документации и обоснований безопасности вывода из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора ЭИ2, включая внереакторное оборудование для получения заключения Госэкспертизы.

Область применения - вывод из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов (ПУГР) путем захоронения на месте.

## 1.4 Источники разработки

В качестве исходных данных для выполнения работ используются:

- Проектные материалы ПУГР ЭИ2
- Документация, содержащая информацию по фактическому состоянию ПУГР ЭИ2, включая:
  - Паспорта помещений выводимых из эксплуатации сооружений;
  - Характеристики источников РВ и РАО в выводимых из эксплуатации ПУГР ЭИ2;
  - Результаты КИРО ПУГР ЭИ2;
  - Эксплуатационная документация, применяемая на этапах эксплуатации, подготовки к выводу из эксплуатации, выводу из эксплуатации ПУГР ЭИ2;
- "Концепция вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов по варианту безопасного захоронения на

месте", утвержденная заместителем генерального директора ГК "Росатом" Е.В.Евстратовым 28.12.2009 г.;

- Результаты НИР по определению состояния ПУГР ЭИ2, по приведению остановленных ПУГР в состояние длительной стабильности и по обращению с РАО;
- Документация о технологиях по обращению с РАО, применяемыми на ГХК.

НИКИЭТ осуществляет разрешенную деятельность с соблюдением:

- Федеральных законов Российской Федерации, указов и распоряжений Президента Российской Федерации;
- требований нормативных правовых актов и документов в области использования атомной энергии, приведенных в «Перечне нормативно правовых актов и нормативных документов, относящихся к сфере деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору» П-01-01-2007, Раздел II «Государственное регулирование безопасности при использовании атомной энергии» (введен в действие с 01.09.07).

При проектировании использован опыт проектирования, изготовления и эксплуатации комплекса герметизации реакторного пространства АМБ-100, комплекса оборудования и безопасной разделки топлива АМБ и опыта проведения работ по выводу из эксплуатации объектов атомной энергетики.

В разработке разделов технической справки принимали участие: заместитель начальника отдела О.А. Ярмоленко, начальники групп В.И. Семенихин, Л.А. Андреева, А.М. Николотов, инженеры-конструкторы И.В. Потапов, О.В. Багрянов, Я.В. Коржов, О.А. Мамкин, ведущий инженер Н.А. Сударева.

## **2 Материалы подраздела "Технологические решения" раздела 5 проекта ВЭ реактора ЭИ2 в части технологических решений по демонтажу**

### **2.1 Описание исходного состояния объекта демонтажа**

ПУГР ЭИ2 представляет собой промышленный, энергетический, гетерогенный, канальный уран-графитовый реактор на тепловых нейтронах. Реактор введен в эксплуатацию 28.02.1958, остановлен для вывода из эксплуатации 28.12.1990.

#### **2.1.1 Описание исходного состояния объекта внутри шахты реактора**

Реактор размещается в прямоугольной шахте с размерами в плане 20,6 х 20,6 м и высотой 21,4 м (от отм. -21,4 м до отм. 0,00). Шахта выполнена из армированного бетона толщиной 2 м. Ниже отм. -21,4 м до 23,8 м шахта имеет в плане размеры 12,4 м х 20,6 м. Ниже отметки – до -23,8 м находится бункер для приема продукции. Под бункером с отм. -29,5 м до отм. -32,5 м находятся помещения с размерами в плане: одно 4,9 х 6,0 м, второе 4,9 х 2,14 м, высота (глубина) — 5,0 м.

На бетонном основании на отм. -21,4 м установлены баки сх.«Л» — боковой биологической защиты.

Пространство между баками сх.«Л» и стенами реактора засыпано песком.

Шахта реактора сообщается с центральным залом, пол которого находится на отметке ноль.

В реакторном пространстве размещена графитовая кладка, с примыкающими к ней конструкциями (опорные стаканы, диафрагмы, компенсаторы, силуминовые вставки, бандажи, кожух, азотный коллектор и др.), опирающаяся на металлоконструкцию «О».

В шахте установлены металлоконструкции, образующие реакторное

пространство (РП):

- баки боковой биологической защиты — схема «Л» и схема «Д»;
- опорная конструкция — схема «К»;
- верхняя защитная конструкция — схема «Е»;
- нижняя опорная конструкция — схема «О»;
- нижняя защитная конструкция — схема «ЭР».

Опорная конструкция «О», защитная конструкция «ЭР», защитная верхняя конструкция «Е», колонны графитовой кладки расположены так, чтобы трубы нижних трактов, вваренные в схемы «О» и «ЭР», графитовые колонны кладки, трубы верхних трактов, вваренные в схему «Е», располагались соосно, образуя тракты, в которые устанавливались технологические каналы. Предварительно в каждую графитовую колонну устанавливались комплекты графитовых втулок, которые периодически заменялись.

Графитовая кладка составлена из 2725 колонн. Каждая колонна составлена из 14 графитовых блоков. Сечение блоков 0,2 x 0,2 м. Высота блоков 0,20; 0,4; 0,5; 0,6 м. Внутреннее отверстие — 66 мм. Общий вес графитовой кладки — 1422,6 т. Объем — 804 м<sup>3</sup>.

Технологические каналы, устанавливаемые в графитовую кладку реактора, изготавливались из алюминиевых сплавов (атомаль-II). Часть каналов из циркониевого сплава (Э110) была установлена во время проведения капитального ремонта в 1981 г. Технологические каналы загружались тепловыделяющими элементами, изготовленными в виде цилиндров диаметром 35-38 мм, длиной 102,5-106,5 мм. Для обеспечения расположения рабочих блоков на заданной высоте в активной зоне и выгрузки отработавших блоков, части технологических каналов, расположенные ниже активной зоны, предварительно (перед загрузкой рабочих блоков) заполнялись цилиндрическими блоками, изготовленными из алюминия. Эти блоки выполняли роль опорной «подушки». Выгрузка отработавших блоков и блоков подушки производилась в бункер с помощью

системы разгрузки.

Охлаждение активной зоны реактора осуществлялось по замкнутому контуру водой под давлением.

При эксплуатации реактора в кладку подавался азот высокой чистоты с расходом 1000 м<sup>3</sup>/час. Топливом служил металлический уран природного обогащения, покрытый оболочкой из алюминиевых сплавов.

#### *Состояние графитовой кладки*

В период работы с февраля 1961 г. по июль 1964 г. было зафиксировано 23 инцидента, при которых происходило разрушение твэлов. Часть материала твэлов осталась в кладке. Суммарная масса просыпей во всех ячейках кладки составила 3,6 кг.

Для восстановления вертикальности графитовых колонн в 1981 и 1988 гг. было установлено 684 канала-натяжителя из циркониевого сплава Э-110 и 44 натяжные удерживающие штанги.

В настоящее время 684 канала-натяжителя и 41 штанга находятся в кладке. В кладку для ремонта ячеек было запрессовано 6,7 т графитовой пасты.

Суммарная активность радионуклидов в графитовой кладке оценивается величиной -29000 Ки (1,7 10<sup>15</sup>Бк).

Содержание радионуклидов в графитовой кладке реактора приведено в таблице 1.

Таблица 1 - Содержание радионуклидов в графитовой кладке реактора

Нуклид	<sup>3</sup> H	<sup>14</sup> C	<sup>12</sup> C1	<sup>41</sup> Ca	<sup>55</sup> Fe	<sup>60</sup> Co	<sup>59</sup> Ni	<sup>63</sup> Ni	<sup>94</sup> Nb	<sup>93</sup> Nb
Активность, Ки	1600 0	3300	48	21	7300	1900	2,1	290		43

#### *Состояние металлоконструкций реактора*

Условия содержания металлоконструкций:

- окружающая среда — воздух;
- температура — 20°C, возможны сезонные колебания в пределах 2-5°C;
- влажность — 50-90%.

Масса металлоконструкций, масса засыпки, нагрузки от оборудования:

- Масса схемы «Е» — 127 т.
- Засыпка всего перекрытия, включая настил на отм. -7900 и консоли схемы «Д» - 2003 т.

Нагрузка на схему «Е» от:

- кровли - 17,8 т;
- настила - 12,1 т;
- верхних трактов каналов - 176 т.

Собственная масса схемы «К» - 107,3 т.

Собственная масса схемы «О» - 270т.

На схему «О» опираются:

- сборка 02 - 1526т;
- плиты - 53 т;
- тракты нижние - 176 т;
- схема «КЖ» - 12,2т.

Собственный вес схемы «ЭР» - 104т.

Засыпка всего перекрытия на отметке 21,236 - 447т.

Собственный вес схемы «Г» - 81,4 т.

Собственный вес схемы «Д» - 100 т.

Собственный вес схемы «Л» - 688 т.

Суммарная активность радионуклидов в основных металлоконструкциях реактора ЭИ-2 составляет -1289000 Ки (-4,8 10<sup>16</sup> Бк) на момент остановки. Содержание радионуклидов в основных металлоконструкциях реактора ЭИ-2 на момент окончательной остановки приведено в таблице 2.

Таблица 2 - Содержание радионуклидов в основных

металлоконструкциях реактора ЭИ-2 на момент окончательной остановки

Радионуклид	Содержание, Ки				
	Передняя	Опорные	Опорные	Опорная	Трубы ТК -
Железо-55	780000	350000	31000	2600	-
Кобальт-60	75000	36000	3900	420	-
Никель-59	5,7	зд	0,50	0,064	-
Никель-63	600	330	51	6,5	-
Цирконий-94	-	-	-	-	2,3
Ниобий-94	-	-	-	-	69
Ниобий-93	-	-	-	-	1000
Сумма	860000	390000	35000	300	1100

По результатам замеров, выполненных в феврале 1995 года, зафиксированы следующие величины МЭД в металлоконструкциях остановленного реактора ЭИ-2. Над графитовой кладкой в плоскости нижнего настила сх.«Е» максимальная величина гамма-фона составляет 241 Р\ч, нижнего торца трубы сх.«Е» — 353 Р\ч. У фланцевых соединений мощность дозы 626 Р\ч. Под графитовой кладкой в районе опорных «пят» мощность дозы 1800 Р\ч, в плоскости опорной плиты — 284 Р\ч. Максимальная величина гамма-фона в боковых БИКах составляет 1980 Р\ч, в угловых БИКах — 1512 Р\ч, в оптических БИКах — 930 Р\ч.

*Коррозионное состояние металлоконструкций*

Обследование металлоконструкций реакторного пространства и оборудования, находящегося в разных помещениях реакторного здания (ВВК, НВК, бункеры, шахты, промбассейны, сливная камера, трубные коридоры, вентузлы) показало, что в стояночном режиме коррозионная активность сред во всех помещениях низка. Условия для коррозионного растрескивания конструкций из нержавеющей стали отсутствуют.

Скорость коррозии углеродистых сталей менее 0,003 мм\год в реакторных помещениях; 0,1-0,15 мм\год в воде сливной камеры и шахте ГТУ.

В сх.«Л» имеются 5 негерметичных отсеков. Негерметичен промбассейн в результате механического и коррозионного поражения и размыва бетона под облицовкой. Наблюдаются протечки грунтовых вод в помещении под бункером. Негерметично днище бассейна ОЗиГП, что является источником «грязных» вод в смежных помещениях.

Функционирующее оборудование и строительные сооружения, отремонтированные в КПр-88, в основном находятся в удовлетворительном состоянии.

Возможность разрушения несущих металлоконструкций маловероятна. Каких-либо подвижек или деформаций металлоконструкций не выявлено. Герметичность реакторного пространства сохранена (за исключением открытых трактов каналов). Наблюдается поступление воды на отм. от -19до-23 м.

### **2.1.2 Описание исходного состояния объекта вне шахты реактора**

В комплекс зданий, в которых размещена установка, входят: реакторное здание 190, цех выдержки - здание191, насосная станция -здание 193, доохладительная станция ДС-1, тоннели трубопроводов 1 контура, 1 очередь электростанции № 1 - часть здания 194. В данном документе приводятся описание тех объектов, которые входят в зону проектирования НИКИЭТ.

#### *Здание 190 - реакторное здание*

Здание представляет в плане почти правильный квадрат с длиной сторон 51,3 м и 52,0 м между крайними осями, сложное по объемно-планировочной структуре. Наибольшее заглубление - 38 м. Стены и перекрытия подземной части здания выполнены монолитные

железобетонные. Перекрытия частично выполнены по металлическим балкам. Центральный зал имеет размеры в плане 22700 x 34200 мм. До отметки +14,80 стены центрального зала выполнены из железобетона толщиной 2000 мм, а по оси «Б» — толщиной 1150 мм из железобетона с кирпичной облицовкой толщиной 390 мм. Выше отметки +14,80 железобетонная стена толщиной 2000 мм продолжается до отметки +24,70 по оси «7» в районе ШТ-2. Выше отметки +14,80 до отметки +30,23 стены толщиной 640 мм выполнены из кирпича.

Несущие элементы покрытия ЦЗ железобетонные плиты по стальным фермам. Кровля рулонная рубероидная.

В здании м/о «7-8» и «Ж-Х» на отметке - 6,50 находится транспортный бассейн, стены и дно которого выполнены из монолитного железобетона с облицовкой из листовой стали толщиной 4 мм. Транспортный бассейн связан с цехом выдержки - зданием 191 подземным переходом, образуя единый технологический комплекс хранилища, выполненный в однотипных конструкциях.

#### *Здание 191 - цех выдержки*

Здание введено в эксплуатацию в 1957 году. Здание представляет собой подземное и надземное сооружение. Наибольшая высота здания (кровля) - 17,35 м, наибольшее заглубление конструкции - 19,50 м.

Стены и перекрытия подземной части здания монолитные железобетонные, надземная часть помещений перегрузки и скипового подъемника - монолитная железобетонная, все остальные надземные части стен - кирпичные.

#### *Состояние строительных конструкций*

Состояние строительных конструкций реакторного здания 190, цеха

выдержки 191 и других вспомогательных зданий - удовлетворительное.

Проведенное обследование конструкций и помещений показало, что коррозионная обстановка в большинстве помещений оценивается как удовлетворительная. Коррозионная активность сред во всех помещениях - низкая.

Скорость коррозии углеродистой стали не превышает 0,01 мм/год. Возможность разрушения несущих конструкций маловероятна. Каких-либо подвижек или деформаций металлоконструкций не выявлено. Возможны коррозионные повреждения металлоконструкций в помещениях, расположенных ниже несущих конструкций реактора.

#### *Радиационные характеристики оборудования первого контура*

Для планирования демонтажных работ, связанных с выводом из эксплуатации ПУГР ЭИ-2, необходимо иметь данные по активности и мощности дозы гамма-излучения вблизи оборудования, арматуры и трубопроводов 1-контура.

Основное оборудование I контура, арматура и трубопроводы расположены в здании 190 (ВВК и НВК), здании 193 (циркуляционные насосы), в здании 194 и ДС-1 (тепло-обменное оборудование, парогенераторы в боксах 1-9 первой очереди электростанции №1), трубном коридоре 1-го контура. В каждом боксе установлено по два парогенератора производительностью перегретого пара с параметрами 0,22 МПа и  $t=155$  °С по 68,4 т/час.

Оборудование парогенераторной находятся в режиме выдержки до снижения радиоактивного загрязнения до уровня демонтажных норм. Срок выдержки определен ориентировочно в 30 лет.

Оборудование, арматура и трубопроводы второго и третьего контуров размещены в машинном зале ЭС №1 и имеют слабые радиоактивные загрязнения либо их не имеют.

В настоящее время оборудование машинного зала полностью демонтировано. Гамма-фон в помещениях ЭС №1 находится на уровне естественного фона и составляет 0,15-0,18 мкЗв/ч.

Радиационную обстановку определяют отложения радиоактивных продуктов коррозии конструкционных материалов и продуктов деления на поверхности оборудования и трубопроводов. В отложениях содержатся следующие радионуклиды: Co, Co, Cг, 6%п, Sc, 56Mn, 94Nb, 95Zr, 134Cs, 137Cs, 152Eu. Радиоактивные отложения на поверхностях технологического оборудования первого контура распределены следующим образом:

- концевые холодильники ~ 64%;
- парогенераторы - 23%;
- верхние водяные коммуникации -3%.

Активность отложений в водоводах I контура ЭИ-2 по кобальту-60 приведена в таблице 3.

Таблица 3 - Активность отложений в водоводах I контура ЭИ-2, Ки/кг

Дата прове- дения измерения	Здание 190				
	Проба 1*10 <sup>3</sup>	Проба 2*10 <sup>3</sup>	Проба 3*10 <sup>3</sup>	Проба 4*10 <sup>3</sup>	Проба 5*10 <sup>3</sup>
01.2000г.	U7	0,33	0,18	0,149	0,127
09. 2000г.	1.13	0.303	0.176	0.143	0.123

Мощность экспозиционной дозы от оборудования 1 контура ЭИ-2 приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Мощность экспозиционной дозы от оборудования 1 контура ЭИ-2

№п	Наименование оборудования	МЭД (Мкр/с)	
		1999г	2000г.
1.	ГЦН-6	0,6	0,5
1.1.	Всас	1,4	1,5
1.2	Напор	0,5	0,5
2.	ГЦН-1	0,3	0,3
2.1.	Всас	0,3	0,3

2.2.	Напор	0,2	0,2
3.	ГЦН-2	0,2	0,4
3.1	Всас	0,6	0,4
3.2.	Напор	0,3	0,3
4.	ГЦН-3	0,4	0,4
4.1.	Всас	0,6	0,9
4.2.	Напор	0,2	0,3
5.	ГЦН-4	0,3	0,3
5.1.	Всас	0,4	0,4
5.2.	Напор	0,2	0,3
6.	ГЦН-5	0,2	0,2
6.1.	Всас	0,4	0,3
6.2.	Напор	0,2	0,3
7.	АЦН-1	0,2	0,2
8.	АЦН-2	0,2	0,3
9.	АЦН-3	0,3	0,3
10.	Напорный коллектор (47 опора)	1,0	1,0
11.	Врезка от насоса №6	1,0	1,3
12.	Задвижка №5	1,2	1,0
13.	№15	1,5	1,3
14.	№26	0,5	0,5
15.	№ 27	0,8	0,7

№	Наименование оборудования	МЭД (Мкр/с)	
		1999г	2000г.
16.	№21	0,6	0,6
17.	Отвод от задвижки №	0,6	0,7
18.	Задвижка №25	0,8	0,8
19.	Тройник ГЦН №1	0,8	0,8
20.	Задвижка №22	0,7	0,6
21.	№28	0,6	0,6
22.	№23	0,5	0,6
23.	№29	1,2	1,0
24.	Тройник ГЦН № 4	0,8	0,7
25.	Всас от задвижки №7	0,8	0,8
26.	Задвижка № 3 1	0,6	0,6
27.	№14	1,7	1,3
28.	Всас задвижки № 6	0,8	0,7
29.	Задвижка № 7	1,8	1,6
30.	Тройник после задвижки № 7	0,8	0,8
31.	Диафрагма ГЦН № 5	5,0	4,5
32.	№4	2,5.	2,2
33.	№3	5,0	4,0 !
34.	ГЦН № 2	3,5	3,5
35.	ПДН№1	1,6	1,5
36.	ГЦН №6	3,2	3,0
Южный тоннель			
37.	Горячая нитка (40 опора)	0,7	0,6
38.	Холодная нитка (39 опора)	0,6	0,6
39.	Холодная нитка (33 опора)	0,5	0,5
40.	Горячая нитка (30 опора)	0,7	0,6
41.	Холодная нитка (25 опора)	0,5	0,5
42.	Горячая нитка (26 опора)	0,6	0,5
43.	Горячая нитка (18 опора)	0,8	0,7
44.	Горячая нитка (16 опора)	0,6	0,6
45.	Холодная нитка (II опора)	0,7	0,7
46.	Горячая нитка (12 опора)	0,8	0,7
47.	Горячая нитка (10 опора)	0,8	0,8
48.	Горячая нитка (2 опора)	0,8	0,7
Северный тоннель			



№п/	Наименование оборудования	МЭД (Мкр/с)	
		1999г	2000г.
50.	Горячая нитка у станции	0,7	0,6
51.	Холодная нитка (53 опора)	0,3	0,4
52.	Холодная нитка (47 опора)	0,5	0,5
53.	Горячая нитка (48 опора)	0,7	0,6
54.	Горячая нитка (40 опора)	0,5	0,5
55.	Холодная нитка (39 опора)	0,8	0,7
56.	Горячая нитка (28 опора)	0;6	0,6
57.	Холодная нитка (27 опора)	0,5	0,5
58.	Горячая нитка (16 опора)	0,5	0,5
59.	Холодная нитка (15 опора)	0,5	0,5
60.	Горячая нитка (10 опора)	0,5;	0,5
61.	Холодная нитка (9 опора)	0,4	0,5
62.	Холодная нитка (I опора)	0,5	0,5
63.	Горячая нитка (2 опора)	0,7	0,6
64.	Задвижка № 9	0,7	0,7
65.	Врезка в диафрагму задвижки № 9	1,9	1,3
66.	Задвижка № 52а	2,2	2,0
	Восточный тоннель		
67.	Холодная нитка (2 опора)	0,7	0,7
68.	Горячая нитка (7 опора)	0,6	0,7
69.	Холодная нитка (8 опора)	0,5	0,6
70.	Холодная нитка у новой	1,0	1,0
	Западный тоннель		
71.	Холодная нитка у новой	1,5	1,5
72.	Горячая нитка (12 опора)	0,5	0,4
73.	Холодная нитка (13 опора)	0,4	0,4
74.	Холодная нитка у старой	0,8	0,7
75.	Холодная нитка (5 опора)	0,5	0,5
76.	Горячая нитка (6 опора)	0,7	0,6

Характер загрязнения трубопроводов и оборудования парогенераторной приведен в таблицах 5, 6.

Таблица 5 - Мощность дозы от оборудования и трубопроводов 1 очереди парогенераторной ЭС № 1, мкЗв/ч

Наименование	Время замера	
	после	07.1993г.
Трубопроводы 1 контура 1-ой очереди ЭС-1	180	72
Задвижки 1 контура 1-ой очереди ЭС-1	216	90
Парогенераторы 1-ой очереди ЭС-1	180	86,4

Таблица 6 - Мощность экспозиционной дозы от оборудования в боксах парогенераторной по состоянию на 2000г., в (мкР/с)

Номера боксов	Пароперегреватели						Испарители						Концевые холодильники			
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№1	№2	№3	№4
1	1,6	2,0	2,0	1,8	1,7	11,7	1,5	1,6	1,6	1,6	1,8	1,4	1,8	2,2	1,9	1,7
2	1,5	1,5	1,6	1,71	1,7	1,6	1,5	1,5	1,7	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	1,8	1,7
3	1,4	1,3	1,2	1,3	1,3	1,0	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,3	1,2	1,1	1,6	1,1
4	1,1	1,0	1,0	1,5	1,3	1,0	1,2	1,0	1,2	1,2	1,3	3,0	0,7	1,8	1,2	0,7
5	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	1,2	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7
6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,6	1,4	1,5	1,4	1,2	1,2	1,6	1,5	1,4	0,8	0,8	0,8
7	1,8	1,4	1,1	1,5	1,2	1,0	1,3	1,4	1,2	1,2	1,4	1,2	0,8	1,4	1,4	1,3
8	1,5	1,6	1,6	1,4	1,5	1,0	1,6	1,7	1,6	1,5	1,7	2,0	1,5	1,5	2,0	2,0
9	0,6	0,6	-	-		-	0,7	0,8	1,0	1,2	0,7	0,7	0,8	3,8	3,0	0,7

## **2.2 Описание технологических решений по демонтажу и обращению с РАО**

### **2.2.1 Описание технологического процесса демонтажа**

Технологический процесс, выполняемый с помощью комплекса демонтажа оборудования и обращения с образующимися РАО в здании реактора ЭИ-2 предназначен для подготовки помещений здания реактора ЭИ-2 к сооружению защитных барьеров, а также для подготовки демонтированных металлоконструкций к дальнейшей переработке.

Определение возможности демонтажа оборудования происходит путем измерения мощности дозы на поверхности данного оборудования (очередность выбора оборудования производится в соответствии с графиком производства работ). В том случае если радиационная обстановка около данного оборудования позволяет произвести демонтажные работы, персоналу дается разрешение на демонтаж. Если измеренная мощность дозы не позволяет производить демонтажные работы, данное оборудование оставляется для захоронения на месте. Измерение мощности доз производит служба «Д» предприятия.

Фрагментирование оборудования производится режущим инструментом. В зависимости от типа материала демонтируемого оборудования, геометрии демонтируемого оборудования подбирается режущий инструмент.

Демонтированный фрагмент оборудования упаковывается в мешок и складывается на месте откуда фрагменты транспортируются на участок дезактивации. При визуальном осмотре фрагмента определяется вид его последующей дезактивации.

Принципиальная технологическая схема демонтажа оборудования представлена на рисунке 1.

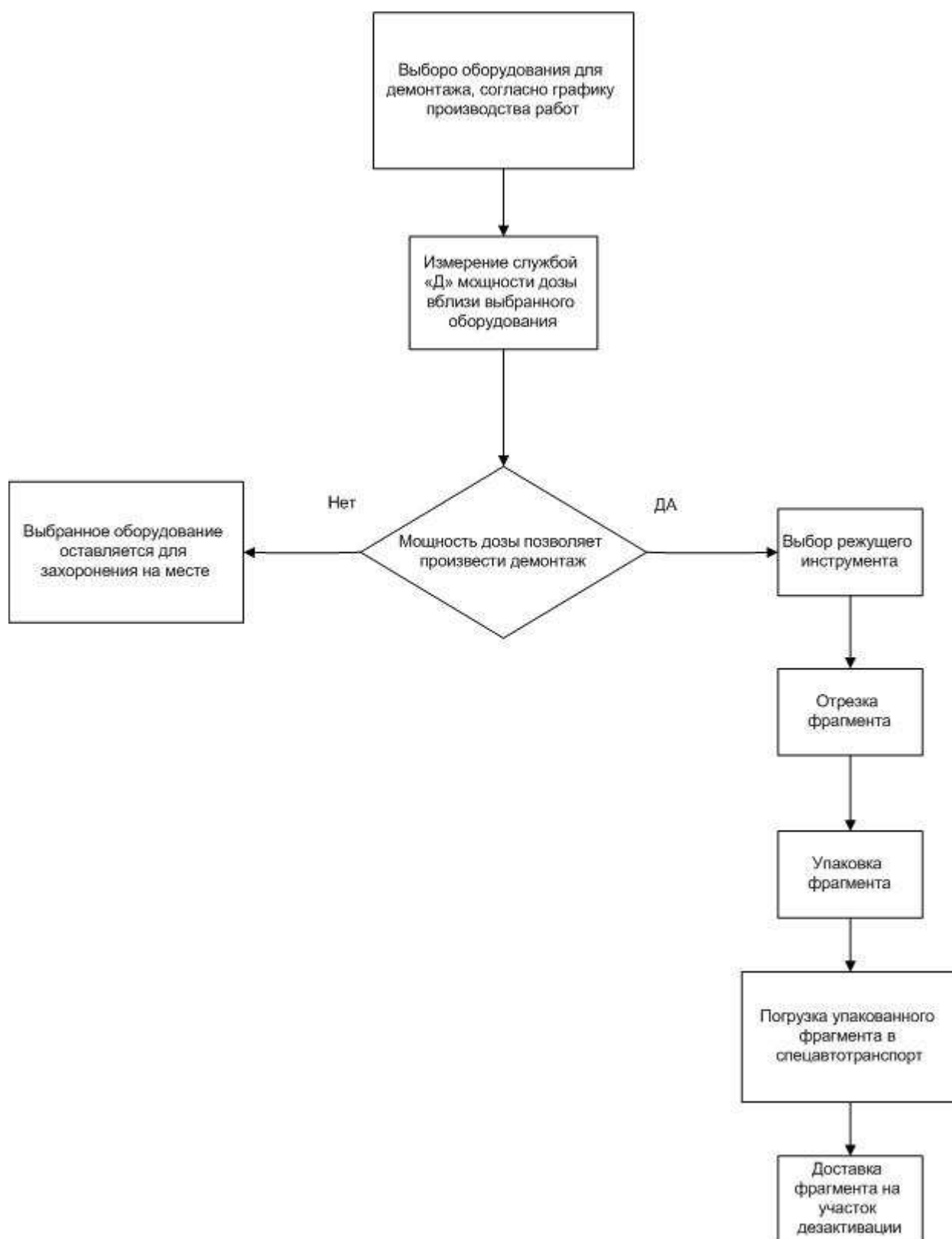


Рисунок 1 - Принципиальная технологическая схема демонтажа оборудования

## График производства работ

График производства демонтажных работ представлен в таблице 7.

Таблица 7 – График производства демонтажных работ на ЭИ-2

№ этапа п/п	Наименование демонтированного оборудования, работ по обращению с РАО
1	Демонтаж разгрузочных механизмов (РМ)
2	Демонтаж термометров измерения на выходе из ТК и их кабелей связи системы «Т»
3	Демонтаж трубок гидрораспределительного стенда (ГРС) системы разгрузки ОСУБ из ТК
4	Демонтаж сбросных трубок системы охлаждения РК СУЗ, демонтаж нижних отводящих трубопроводов системы охлаждения РК СУЗ
5	Демонтаж трубок нижних водяных коммуникаций (НВК) и корпусов обратных клапанов (КОК)
6	Демонтаж корпусов РМ
7	Демонтаж нижних групповых коллекторов (НГК)
8	Демонтаж сервоприводов (СП) управления стержнями системы управления защиты (СУЗ), демонтаж электрических кабелей связи
9	Демонтаж плит схемы. «Г» для снижения трудоемкости работ, выполняемых в пределах бака схемы «Е»
10	Демонтаж импульсных линий схемы «Р» (системы контроля расхода в ТК) в пределах бака схемы «Е»
11	Демонтаж трубок подачи охлаждающей воды в РК СУЗ в пределах бака схемы «Е»
12	Демонтаж стоек верхних групповых коллекторов (ВГК)
13	Демонтаж ВГК

№ этапа п/п	Наименование демонтированного оборудования, работ по обращению с РАО
14	Демонтаж гусей ВГК и трубопроводов верхнего водяного кольца (ВВК)
15	Обрезка труб схемы «Е»
16	Демонтаж боковых ионизационных камер (БИК) СУЗ и демонтаж электрических кабелей связи

*Номенклатура и количество демонтируемых материалов*

Номенклатура и количество металлических материалов, демонтируемых, в помещениях здания реактора ЭИ-2 и отправляемых на дальнейшую переработку приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Номенклатура и количество демонтируемых металлических материалов

№ п/п	Наименование	Количество, т	Тип материала	Место расположения
1	Разгрузочный механизм РМ-18у сб.0	33,6	Нержавеющая сталь	ОКЛ V-21.0
2	Трубка НВК БА-18у	2,4	Нержавеющая сталь	ОКЛ V-21.0
3	Нижние групповые коллектора БА-30 сб.83	13,76	Нержавеющая сталь	ОКЛ V-21.0
4	Верхние групповые коллектора БА-30 сб.13 (L=1,5-	30,7	Нержавеющая сталь	ПРС (лев.), V-18.0, пом. №104

№ п/п	Наименование	Количество, т	Тип материала	Место расположения
	3,0м)			
5	Корпуса задвижек ВГК	5,6	Нержавеющая сталь	ОКЛ ∇-21.0
6	Подводящие трубы питающих коллекторов «гуси» БА-30 сб.75	12,9	Нержавеющая сталь	ПРС (лев.), ∇-18.0, пом. №104
7	Трубы схемы «Е» Ø86х6, L=2,2м	44,5	Нержавеющая сталь	ПРС (лев.), ∇-18.0, пом. №104
8	Трубы СУЗ БА-30 сб. 130 (Ø325х12)	1,5	Нержавеющая сталь	ПРС (лев.), ∇-18.0, пом. №104
9	Фрагменты труб питающего водовода Ø820×20	11,7	Нержавеющая сталь	ОКЛ ∇-21.0
10	Фрагменты труб разного диаметра Ø от 89 до 150мм, L от 1м до 2,5м, задвижки дренажей сх. «Л» от Ду150 до	11,8	Нержавеющая сталь	ПРС (прав.), ∇-18.0, пом. №112

№ п/п	Наименование	Количество, т	Тип материала	Место расположения
	Ду300			
11	Корпус улитки ЦН-30, АЦН-31 (9 шт.)	8,6	Нержавеющая сталь	Зд. 193
12	Насос 8К12-3шт	1,68	Черный металл	Помещение сточных вод ▼ - 29
13	Насос 1,5Х-6Д	0,15	Черный металл	Помещение сточных вод ▼ - 29
14	Насос 1,5 -6Д	0,15	Черный металл	Помещение сточных вод ▼ - 29
15	Задвижка Ду150 –12шт	0,888	Черный металл	Помещение сточных вод ▼ - 29
16	Задвижка Ду100– 6шт	0,24	Черный металл	Помещение сточных вод ▼ - 29
17	Трубопровод Ду50– 20м	0,105	Черный металл	Помещение сточных вод ▼ - 29
18	Трубопровод Ду159 – 40м	0,76	Черный металл	Помещение сточных вод ▼ - 29
19	Насосы ВВН-3Н- 3шт	1,14	Черный металл	Помещение №108, Насосная ВВН-3 ▼ - 18
20	Задвижка Ду50– 6шт	0,108	Черный металл	Помещение №108, Насосная ВВН-3 ▼ - 18
21	Задвижка Ду80 –7шт	0,196	Черный металл	Помещение №108, Насосная ВВН-3 ▼ - 18
22	Труба Ду50– 30м	0,156	Черный металл	Помещение №108, Насосная ВВН-3 ▼ - 18

№ п/п	Наименование	Количество, т	Тип материала	Место расположения
23	Труба Ду80–20м	0,167	Черный металл	Помещение №108, Насосная ВВН-3 ▼ - 18
24	Вент. установка ВУ-8А	0,38	Черный металл	Помещения №310 312 ▼ - 9,0
25	Вент. установка ВУ-7	0,38	Черный металл	Помещения №310 312 ▼ - 9,0
26	Вент. установка ПУ-6	0,31	Черный металл	Помещения №310 312 ▼ - 9,0
27	Вент. установка ПУ-4-№6	0,31	Черный металл	Помещения №310 312 ▼ - 9,0
28	Вент. установка ПУ-5-№6	0,31	Черный металл	Помещения №310 312 ▼ - 9,0
29	Насос 2К-6- 1шт	0,38	Черный металл	Тепловой ввод ▼ - 4,5
30	Задвижка Ду50–17шт	0,306	Черный металл	Тепловой ввод ▼ - 4,5
31	Задвижка Ду100– 3шт	0,12	Черный металл	Тепловой ввод ▼ - 4,5
32	Задвижка Ду150-7 шт	0,518	Черный металл	Тепловой ввод ▼ - 4,5
33	Задвижка Ду400 – 2 шт	0,89	Черный металл	Тепловой ввод ▼ - 4,5
34	Задвижка Ду600 – 1шт	1,2	Черный металл	Тепловой ввод ▼ - 4,5
35	Труба Ду50–	0,261	Черный металл	Тепловой ввод ▼ - 4,5

№ п/п	Наименование	Количество, т	Тип материала	Место расположения
	50м		металл	
36	Труба Ду100-40м	0,385	Черный металл	Тепловой ввод ▼ - 4,5
37	Труба Ду159-40м	0,76	Черный металл	Тепловой ввод ▼ - 4,5
38	Труба Ду100-40м	0,385	Черный металл	Тепловой ввод ▼ - 4,5
39	Труба Ду400м-20м	1,2	Черный металл	Тепловой ввод ▼ - 4,5
40	Труба Ду600м-20м	1,74	Черный металл	Тепловой ввод ▼ - 4,5
41	Насос ВВН 12Н- 2шт	2,1	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
42	Вент. установка ВУ-9А	0,38	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
43	Вент. установка ВУ-9Б	0,38	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
44	Насос 2К-6- 1шт	0,4	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
45	Насос 6НДВ-1,2-2шт	0,8	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
46	Насос ПЭ-65×42-1шт	1,8	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5

№ п/п	Наименование	Количество, т	Тип материала	Место расположения
47	Насос КСН-1 шт	0,4	Черный металл	По48мещения №41496,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
48	Задвижка Ду50– 10шт	0,18	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
49	Задвижка Ду100 - 14 шт	0,56	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
50	Задвижка Ду150-14шт	1,036	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
51	Задвижка Ду300-2шт	0,5	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
52	Задвижка Ду200-5шт	0,45	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
53	Задвижка Ду250-3шт	0,495	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
54	Задвижка Ду400– 2 шт	0,89	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
55	Труба Ду50– 50м	0,273	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
5	Труба Ду80– 40м	0,334	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5

№ п/п	Наименование	Количество, т	Тип материала	Место расположения
57	Труба Ду100-70м	0,714	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
58	Труба Ду150-15м	0,285	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
59	Труба Ду300 - 20м	1,56	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
60	Труба Ду200-50м	1,85	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5
61	Труба Ду600м-20м	1,2	Черный металл	Помещения №416,423,424,АВПТ ▼ - 4,5

Общая масса нержавеющей стали на реакторе ЭИ-2 – 176,8 т.

Общая масса черного металла на реакторе ЭИ-2 – 32,162 т.

Номенклатура и количество металлических материалов, демонтируемых, в помещениях здания реактора ЭИ-2 и захороняемых на месте приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Номенклатура и количество металлических материалов, демонтируемых, в помещениях здания реактора ЭИ-2.

№ п/п	Наименование	Количество
1	Канал РК СУЗ	65 шт.
2	Фиксирующие штанги	120 шт.
3	Ионизационные камеры, их подвески, обрезанные БИК на отм. -3,20 м	30 шт.

N п/п	Наименование	Количество
4	Оборудование под бункером сх. «Т» (трубопровод, насос, дренажи)	-
5	Подводящие водоводы Ø1000 левый и правый	50 м
6	Аварийные переливы (2 перелива D200, 2 перелива D500)	4 шт.
7	Сборки для пеналов на отм. -3,20 м, на отм. 0,00	3 шт.
8	Натяжные устройства У2310.00.00 и металлоконструкций 2585.00.00	42 к-та и 2 к-та соответственно.
9	Верхние части канальных труб ТКН (каналов-натяжителей)	684 шт.
10	Механическое оборудование в помещениях под бункером	-
11	Технологические каналы сб. 12-1/3 (кроме ТК из сплава 110) и регулирующие каналы СУЗ сб. 105-1, сб. 105-2.	2016 шт. и 129 шт. соответственно.
12	Нижние коллектора охлаждения СУЗ (сб. 80)	2 комплекта
13	Переливы схемы «Д»	-

Номенклатура и количество прочего материала, демонтируемого, в помещениях здания реактора ЭИ-2 приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Номенклатура и количество прочих демонтируемых материалов.

№ п/п	Наименование	Ед.изм	К-во
1	Кабельная продукция		
1.1	Сечением до 50 мм <sup>2</sup> с креплением открыто по стенам	м.пог	34650
1.2	Сечением до 50 мм <sup>2</sup> с креплением по кабельным полкам	м.пог	22380
1.3	Сечением до 50 мм <sup>2</sup> в кабельных тоннелях и лотках	м.пог	45630
1.4	Сечением более 50 мм <sup>2</sup> с креплением по кабельным полкам	м.пог	9800
1.5	Сечением более 50 мм <sup>2</sup> в кабельных тоннелях и лотках	м.пог	12560
2	Электродвигатели		
2.1	Мощностью до 100 кВт	шт	50
2.2	Мощностью выше 100 кВт	шт	-
3	Шкафы электроавтоматики и силовые распределительные		
3.1	Шкафы и панели с коммутационной аппаратурой до 1000В	шт	200
3.2	Шкафы и панели с коммутационной аппаратурой выше 1000В	шт	-
4	Электрические аппараты		
4.1	Выключатели выше 1000В	шт	-
4.2	Реакторы выше 1000В	шт	-
5	Силовые трансформаторы		
5.1	Сухие трансформаторы до 1000 кВА	шт	-

5.2	Масляные трансформаторы до 1000 кВА	шт	3
-----	-------------------------------------	----	---

Общий перечень демонтируемого оборудования аппарата ЭИ-2 представлен в таблице 11.

Таблица 11- Общий перечень демонтируемого оборудования аппарата ЭИ-2

Общее количество черного металла, т.	Общее количество цветного металла, т.	Общее количество прочих материалов, т.
32,162	176,8	342,5
ИТОГО:		551.462

Перед заполнением данного (текущего по графику работ) помещения, имеющиеся в нем воздуховоды необходимо демонтировать, фрагментировать на листовые части и транспортировать на участок обращения с ТРО.

Демонтаж вентиляционных агрегатов производится после завершения работ по заполнению помещений в которых организована вентиляция.

### **2.2.2 Описание технологического процесса обращения с РАО**

#### *Последовательность выполнения работ по обращению с РАО*

При визуальном осмотре фрагмента определяется вид его последующей дезактивации. В проекте используются штатные технологии дезактивации, применяемые на СХК. Но несмотря на то, что технологии дезактивации не входят в границы проектирования НИКИЭТ, для полноты картины приводится описание применяемых на СХК технологий.

Используются следующие виды дезактивации:

- гидродинамическая;
- гидроабразивная;

- электрохимическая.

Гидродинамическая дезактивация используется при самых простых с точки зрения трудности отмывки загрязнениях поверхности. Если отмывка поверхности затруднена, то используются гидроабразивная и электрохимическая дезактивация соответственно.

Далее представлены последовательности производства работ при использовании различных видах дезактивации.

Последовательность проведения работ по обращению с РАО при работе на установке электрохимической дезактивации выглядит следующим образом:

- снятие упаковки с фрагмента;
- замачивание фрагмента;
- сварка фрагмента с электродом;
- электрохимическая дезактивация фрагмента;
- промывка фрагмента и электрода;
- радиационный контроль фрагмента;
- отправка фрагмента на переработку.

Последовательность проведения работ по обращению с РАО при работе на установке гидродинамической дезактивации выглядит следующим образом:

- снятие упаковки с фрагмента;
- закрепление фрагмента в ванне отмывки;
- гидродинамическая дезактивация фрагмента;
- радиационный контроль фрагмента;
- отправка фрагмента на переработку.

Последовательность проведения работ по обращению с РАО при работе на установке гидроабразивной дезактивации выглядит следующим образом:

- снятие упаковки с фрагмента;
- закрепление фрагмента в ванне отмывки;

- гидроабразивная дезактивация фрагмента;
- радиационный контроль фрагмента;
- отправка фрагмента на переработку.

#### *Подготовительные работы (исходное состояние)*

Подготовительными работами являются монтаж и осуществление в полной мере пуско-наладочных работ установок электрохимической, гидродинамической и гидроабразивной дезактивации ТРО.

#### *Описание производства работ*

Для работ на установке электрохимической дезактивации металлический фрагмент, упакованный в полиэтиленовый (целлофан, крафт-мешок) пакет и помещенный в транспортную тару доставляется в здание 190 (помещение 101) спецавтотранспортом. С помощью мостового крана фрагмент выгружается из транспортной тары, снимается мешок и фрагмент краном загружается в аппарат для «замачивания» заполненный электролитом. Полиэтиленовый мешок загружается в сборник контейнер ТРО и затем вывозится из здания на утилизацию. Утилизация проводится по существующей на реакторном заводе схеме.

После проведения операции «замачивания» фрагмент сочленяется с наборным электродом и краном опускается в аппарат для дезактивации, заполненный электролитом, подсоединяется с электродом к электрической цепи, подается напряжение и проводится процесс электрохимической дезактивации. Полиэтиленовый мешок загружается в сборник контейнер ТРО и затем вывозится из здания на утилизацию.

Дезактивированный фрагмент промывается водой, сушится и направляется на радиационный контроль для определения степени дезактивации.

Дезактивированный фрагмент, прошедший контроль, с помощью мостового крана загружается в спецавтотранспорт и вывозится на переработку.

После проведения дезактивации отработанный электролит сливается в существующую спецканализацию.

Для работ на установке гидродинамической дезактивации металлический фрагмент, упакованный в полиэтиленовый (целлофан, крафт-мешок) пакет и помещенный в транспортную тару доставляется в здание 190 (помещение 101) спецавтотранспортом. С помощью мостового крана фрагмент выгружается из транспортной тары, снимается мешок и фрагмент краном загружается в ванну отмывки. Полиэтиленовый мешок загружается в сборник контейнер ТРО и затем вывозится из здания на утилизацию.

Далее фрагмент отмывается с помощью водяной струи в ванне отмывки.

Дезактивированный фрагмент сушится и направляется на радиационный контроль для определения степени дезактивации.

Дезактивированный фрагмент, прошедший контроль, с помощью мостового крана загружается в спецавтотранспорт и вывозится на переработку.

После проведения дезактивации образовавшиеся вторичные ЖРО сливаются в существующую спецканализацию.

Для работ на установке гидроабразивной дезактивации металлический фрагмент, упакованный в полиэтиленовый (целлофан, крафт-мешок) пакет и помещенный в транспортную тару доставляется в здание 190 (помещение 101) спецавтотранспортом. С помощью мостового крана фрагмент выгружается из транспортной тары, снимается мешок и фрагмент краном загружается в камеру установки гидроабразивной дезактивации. Полиэтиленовый мешок загружается в сборник контейнер ТРО и затем вывозится из здания на утилизацию.

Далее фрагмент отмывается водяной струей с абразивными

включениями.

Дезактивированный фрагмент сушится и направляется на радиационный контроль для определения степени дезактивации.

Дезактивированный фрагмент, прошедший контроль, с помощью мостового крана загружается в спецавтотранспорт и вывозится на переработку.

После проведения дезактивации образовавшиеся вторичные ЖРО сливаются в существующую спецканализацию.

Абразив используется многократно.

Принципиальная технологическая схема обращения с РАО представлена на рисунке 2

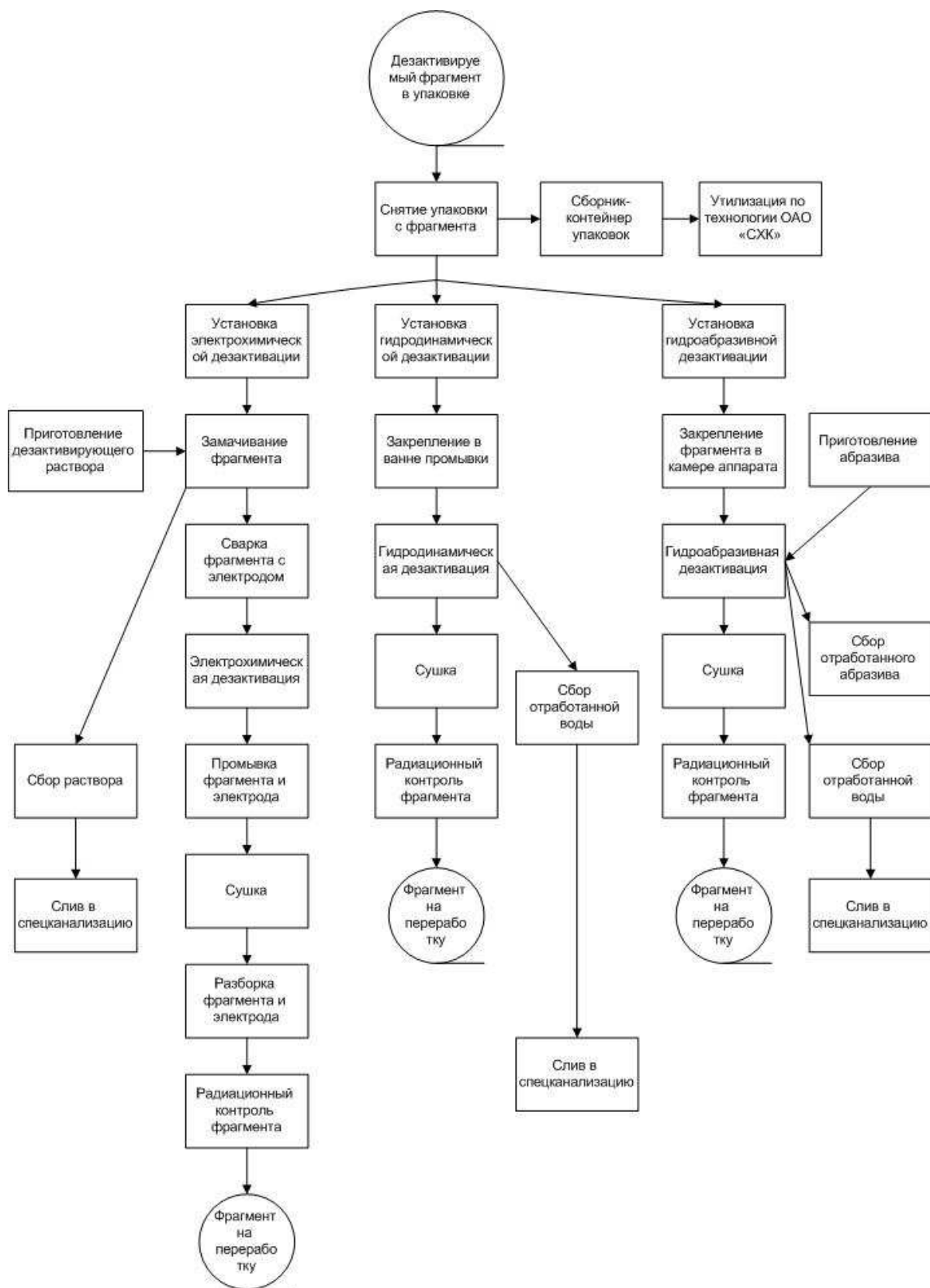


Рисунок 2 Принципиальная технологическая схема обращения с РАО

## *Управление и контроль технологическим процессом*

Контроль за выполнением проекта демонтажа оборудования и обращения с РАО осуществляется в рамках текущего контроля за производством, процедуры которого определены стандартом СТП 105. Выявленные отклонения от проекта демонтажа оборудования и обращения с РАО подлежат устранению с разработкой, при необходимости, корректирующих и предупреждающих мероприятий в соответствии с процедурами, установленными стандартами СТП 105 и СТП 299.

Изменения в проектную и конструкторскую документацию вносятся на основании технических решений, разрабатываемых в соответствии со стандартом организации СТП 186.

Оформление изменений в проектную и конструкторскую документацию производится в соответствии с требованиями государственных стандартов системы ЕСКД и стандарта организации СТП 248.

### *Персонал*

Общее количество персонала, задействованного, в работах по демонтажу оборудования реактора ЭИ-2 и обращения с РАО составляет 40 человек. Для работ по обращению с РАО привлечение дополнительного персонала не предполагается.

### *Требования безопасности*

Техническими мероприятиями и средствами, осуществляемыми для обеспечения радиационной безопасности демонтажных работ, являются:

- радиационное обследование объектов, подвергаемых воздействию демонтажных технологий;
- использование системы радиационного контроля в рабочих зонах, в

- том числе сооружение временных саншлюзов и санпропускников;
- применение мобильных установок вентиляции и очистки воздуха при фрагментации оборудования, сопровождающейся пыле- и газовыделением;
  - использование дополнительных пунктов дезактивации (стационарных, временных или передвижных);
  - определение радиационной опасности, связанной с использованием средств технологического оснащения;
  - идентификация техногенных источников, связанных с использованием систем технологического обеспечения и способных привести к радиационно опасным авариям (в случае короткого замыкания, разрыва сосудов, трубопроводов, шлангов и т.п.);
  - выявление радиационно опасных рабочих мест и их характеристики;
  - подготовка и аттестация персонала.

Организация и проведение демонтажных работ должны осуществляться с учетом управления наиболее вероятными авариями, возникающими при производстве этих работ, в том числе в результате:

- нарушения защитных барьеров с неконтролируемым выбросом радиоактивности из реакторного пространства в рабочие зоны проведения работ;
- неконтролируемого выброса радиоактивности в случае разрыва емкостей и трубопроводов с жидкими или газообразными радиоактивными отходами;
- неконтролируемого выброса радиоактивности в рабочей зоне при взрыве газового баллона;
- локального пожара в радиационно-загрязненной рабочей зоне, в том числе возгорания графита кладки реактора или радиационно-загрязненных материалов и покрытий;
- россыпи радиоактивных отходов при транспортных операциях с ними;

- отказов средств технологического оснащения и необходимости их извлечения из рабочей зоны вручную.

Принципы управления перечисленными авариями, возможными при проведении демонтажных работ, должны быть разработаны на основе:

- рассмотрения путей развития аварийных ситуаций, установления перечня возможных последствий и определения способов их ликвидации;
- выявления стереотипов поведения персонала при аварийных ситуациях;
- определения критериев аварийного прерывания технологического процесса.

До начала развертывания работ по демонтажу оборудования, систем и конструкций РУ ЭИ-2, по переработке демонтажных радиоактивных отходов и размещению отходов выполняются оценки их дозовой нагрузки.

Оценки дозовых нагрузок персонала должны быть консервативными и суммировать следующие дозовые нагрузки:

- при выполнении технологических операций;
- возникающие в результате нарушений технологического процесса или отказов средств технологического оснащения;
- возникающие при проектных авариях и при проведении работ по ликвидации их последствий.

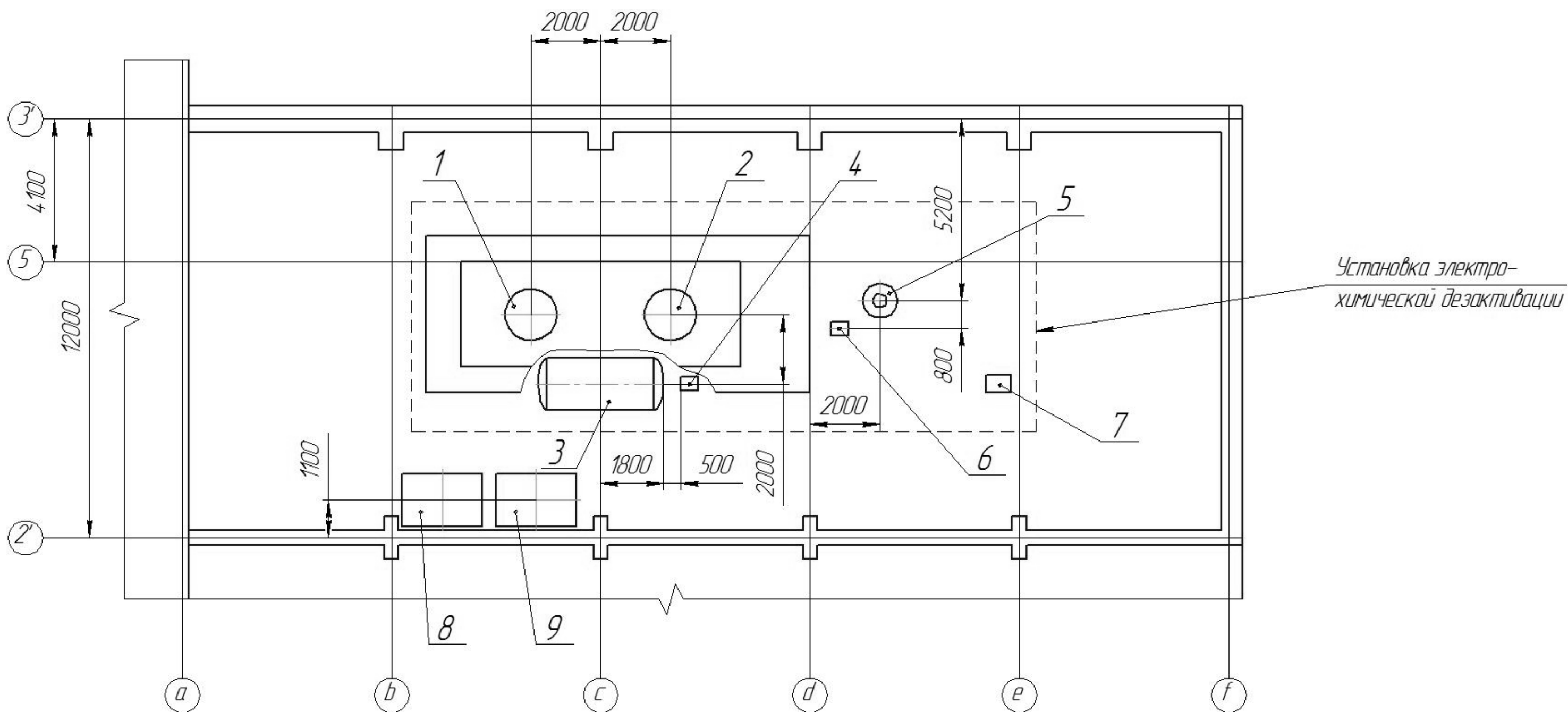
#### *Отходы, образующиеся при реализации технологических процессов*

В технологическом процессе демонтажа оборудования и обращения с РАО образуются только отходы от режущего инструмента.

Во-первых, это остатки угольных электродов. Остатки угольных электродов сдаются на переработку. Стоит отметить, что остатки электродов очень малы.

Во-вторых, это газовые баллоны с компонентами, необходимыми для

режущего инструмента. Газовые баллоны являются изделием многоразового использования. По окончании всех демонтажных работ баллоны сдаются на переработку.



1 - аппарат для замачивания металлического лома, 2 - аппарат дезактивации, 3 - аппарат горизонтальный для сбора раствора, 4 - насос химический моноблочный, 5 - аппарат вертикальный для приготовления раствора, 6 - насос химический, 7 - верстак слесарный, 8 - установка гидродинамической дезактивации, 9 - установка гидроабразивной дезактивации.

Рисунок 3 - План размещения дезактивационного оборудования в помещении 101

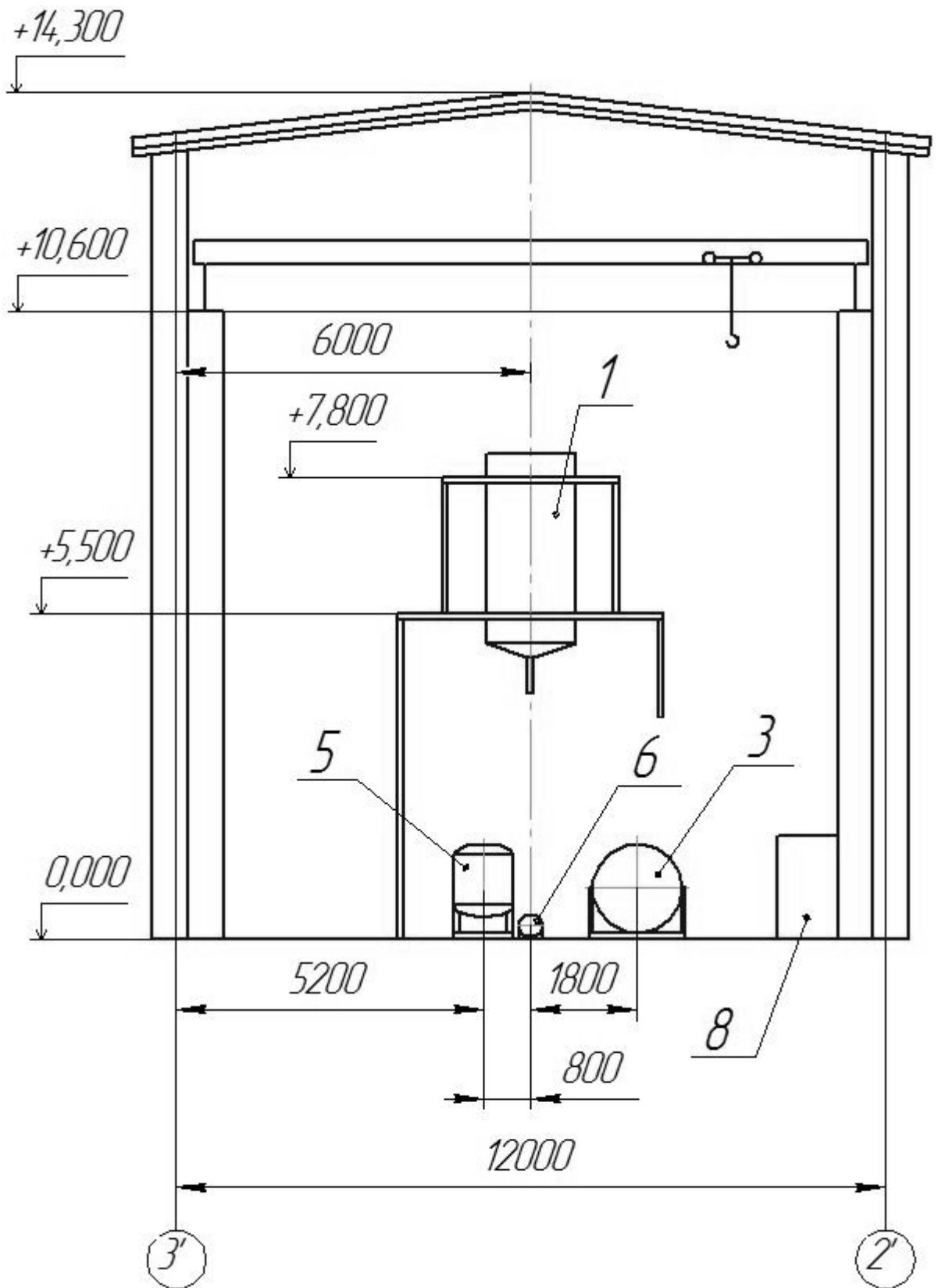


Рисунок 4 - Размещение дезактивационного оборудования в помещении

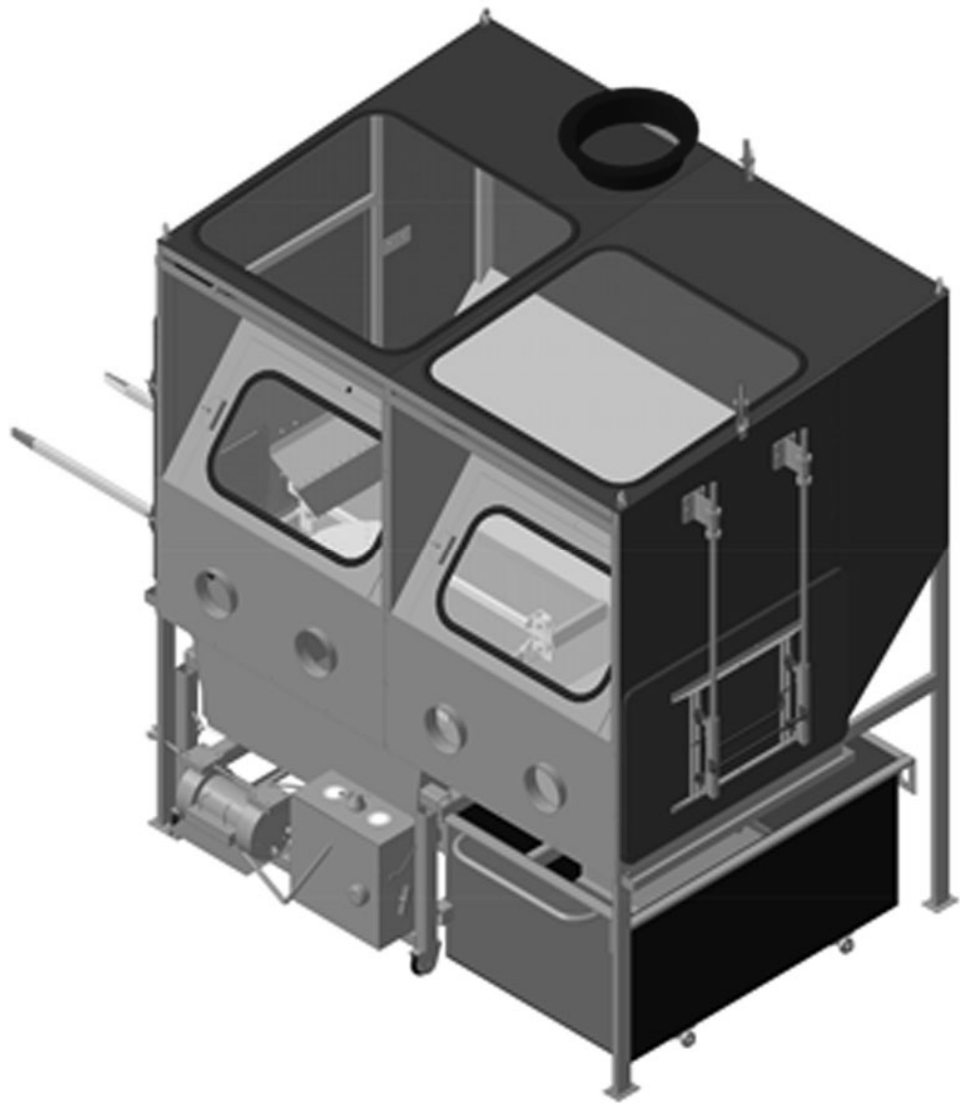


Рисунок 5 - Общий вид камеры установки гидроабразивной дезактивации  
КС-140

### **3 Материалы подраздела "Технологические решения" раздела 5 проекта ВЭ реактора ЭИ2 в части технологических решений по заполнению объемов**

#### **3.1 Монтаж системы контроля**

##### *Подготовка системы к работе*

Подготовка системы к работе и запуск системы производится представителями предприятий-разработчиков аппаратуры в соответствии с Программой приемочных испытаний.

Разработчики перед запуском системы в эксплуатацию производят проверку параметров технических средств системы путем тестового прогона измерительной части системы.

##### *Организация управления системой и представление информации*

Управление системой осуществляется с персонального компьютера, оснащенного специализированным программным обеспечением.

На экране управляющего компьютера отображается основной объем информации, получаемой системой в различных режимах:

- отображаются показания датчиков системы (в виде таблиц и/или графиков);
- отображаются предупреждения о выходе из строя датчиков системы.

По окончании работы системы в каждом из режимов программное обеспечение формирует Протокол измерений, который по команде оператора системы может быть распечатан на принтере и/или сохранен в виде компьютерного файла.

##### *Контроль работоспособности системы*

Контроль работоспособности системы в целом обеспечивается контролем работоспособности технических средств системы.

Контроль работоспособности детекторов гамма-излучения производится с помощью аттестованных источников ионизирующего излучения. Для контроля детекторов гамма-излучения используется источник  $^{137}\text{Cs}$ .

Контроль производится следующим образом: аттестованный источник излучения помещается на фиксированном расстоянии от каждого из блоков детектирования и показания блока детектирования сравниваются с паспортными для данного источника мощностью эквивалентной дозы гамма-излучения (для гамма-дозиметров). При различии измеренной и рассчитанной величин менее 20% блок детектирования считается работоспособным.

Контроль работоспособности системы предусматривается не реже 1 раза в год.

*Трудоемкость работы с системой и требования к обслуживающему персоналу*

Обслуживание системы требует от персонала наблюдения за работой технических средств системы, фиксирования параметров радиационного контроля, принятие своевременных мер по решению оперативных вопросов.

Для обслуживания системы необходимы:

- инженер-программист с высшим образованием в области информатики и вычислительной техники и опытом работы с комплексами и системами;
- инженер-физик с высшим образованием и опытом работы по эксплуатации ядерных реакторов;
- инженер-электронщик с высшим образованием и опытом работы с комплексами и системами;
- дозиметрист с опытом работы с приборами РК.

Возможно совмещение профессий.

### *Метрологическое обеспечение работ*

Система представляет собой комплекс программно-технических средств измерения радиационных параметров: МЭД, контроля температуры среды.

В соответствии с требованиями НТД на средства измерения конкретного типа, на них установлена номенклатура нормируемых метрологических характеристик.

Предприятие-изготовитель технических средств перед поставкой системы проводит поверку стандартных измерительных каналов. По результатам поверки предоставляется «Свидетельство о поверке».

После монтажа системы на объекте проводится проверка работоспособности ранее аттестованных и поверенных на предприятии-изготовителе измерительных каналов.

В процессе эксплуатации измерительные каналы подлежат периодической поверке (не реже одного раза в год) в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на эти средства измерения.

Для выполнения указанного принципа в проекте модуля должны реализовываться следующие технические решения:

- конструкция оборудования модуля и технические требования к его изготовлению разрабатываются в соответствии с требованиями, действующими в атомной энергетике.

### **3.1.1 Описание назначения и принципа работы системы**

#### *Назначение системы*

Целью разработки является оснащение здания реактора ЭИ-2 системой технологического и радиационного контроля.

Система предназначена для измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД) и контроля температуры среды в трактах каналов в процессе заполнения объемов шахты реактора замещающими породами.

Предлагаемая система позволит на основе получаемых результатов измерений принимать технические решения, обеспечивающие радиационную безопасность при выполнении работ по выводу из эксплуатации реактора ЭИ-2.

Система обеспечивает сбор информации от средств измерения, обработку, хранение и отображение полученной информации на экране компьютера рабочего места оператора (РМО).

#### *Классификация системы*

В соответствии с ПНАЭ Г-01-011-97 (ОПБ-88/97) система по своему назначению является системой нормальной эксплуатации, не влияющей на безопасность. Классификационное обозначение системы – 4Н.

В соответствии с нормами проектирования атомных станций НП-031-01 система относится к третьей категории сейсмостойкости.

В соответствии с ГОСТ Р 8.565-96 «Метрологическое обеспечение эксплуатации АС» система относится к классу индикаторов.

#### *Техническая характеристика системы*

Технические характеристики системы представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики системы

Параметр	Значение
Диапазон измерения МЭД, Зв/ч	$10^{-4} \div 100$
Диапазон измеряемых температур, °С	$-50 \div 150$

Система представляет собой комплекс программно-технических средств на базе контрольно-измерительной аппаратуры и средств вычислительной техники и условно может быть разделена на три составные части:

- **подсистема нижнего уровня** – измерительная подвеска с расположенными в ней средствами измерения МЭД гамма-излучения и температуры среды в трактах каналов реактора;

- **средства связи** - устройства обмена информацией между средствами измерения нижнего уровня и специализированной программой, установленной на компьютер рабочего места оператора (РМО);

- **подсистема верхнего уровня** – рабочее место оператора системы, состоящее из компьютера с установленным на нем специализированным программным обеспечением для сбора, обработки, хранения, выдачи измерительной и сопутствующей информации эксплуатационному персоналу на монитор РМО;

В качестве средств измерения используются:

- блоки детектирования гамма-излучения типа БДРС-07П;
- термопреобразователи с унифицированными выходными сигналами типа ТСМУ-055.

Вышеуказанные средства измерения располагаются внутри измерительной подвески. Конструкция измерительной подвески приведена в приложении В (рисунок В1) и на рисунке 6. Подвеска представляет собой трубу 36x1,5, с одной стороны которой приварена заглушка, а с другой плоский фланец. Для осуществления транспортных операций на фланце предусмотрена установка рым-болтов М8. Сверху на фланец через прокладку устанавливается крышка и закрепляется при помощи болтов М8. Для возможности установки термопреобразователя ТСМУ-055 на крышке имеется приварной штуцер с внутренней резьбой М20x1,5. Также на крышке предусмотрено отверстие диаметром 5 мм для прохода провода от блока детектирования БДРС-07П. Подвеска устанавливается в тракт канала реактора, для чего на верхней части

тракта канала (над схемой «Е») предусмотрен ответный фланец. Фланцы соединяются при помощи болтов М12.

В качестве средств связи применяются:

- блоки обработки и передачи данных МКС-21П и БОП-1С, выполняющие функции буферов обмена между средствами нижнего и верхнего уровня;
- блоки сопряжения первичного преобразователя БСПП-1тп, используемые для оцифровки сигналов от термопреобразователей ТСМУ-055.

Верхний уровень – рабочее место оператора системы, состоящее из коммутатора UP 1650-8 и компьютера, оснащенного специализированным программным обеспечением.

Коммутатор UP 1650-8 используется для преобразования подключенных к нему по интерфейсу RS485 кабельных линий средств связи в стандарт USB2.0 и подключения к компьютеру по этому стандарту.

Компьютер, оснащенный специализированным программным обеспечением, предназначен для приема, обработки, хранения и визуального представления потока измерительной информации. Для работы специализированного программного обеспечения рабочего места оператора используется установленная на компьютере лицензионная операционная система Windows XP или Windows Vista.

Структурная схема подсистемы СТРК в пределах шахты реактора представлена на рисунке 7.

Массо-габаритные характеристики составных частей системы представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Массо-габаритные характеристики составных частей системы

Наименование	Габариты, мм	Масса, кг
Блок детектирования БДРС-07П	∅20 x 170	0,15
Блок МКС-21П	346 x 152 x 200	5,0
Термопреобразователь с унифицированным выходным сигналом ТСМУ-055	9385x85x65	2,2
Блок БСПП-1тп	125x102x73	0,7
Блок БОП-1С	280x111x330	8
Коммутатор UP 1650-8 USB to 8-port	204x44x125	0,84
Ноутбук RoverBook Nautilus V552VNB	355 x 45 x 257	2,8
Принтер Canon i-SENSYS LBP3010B	372 x 250 x 197	6,5

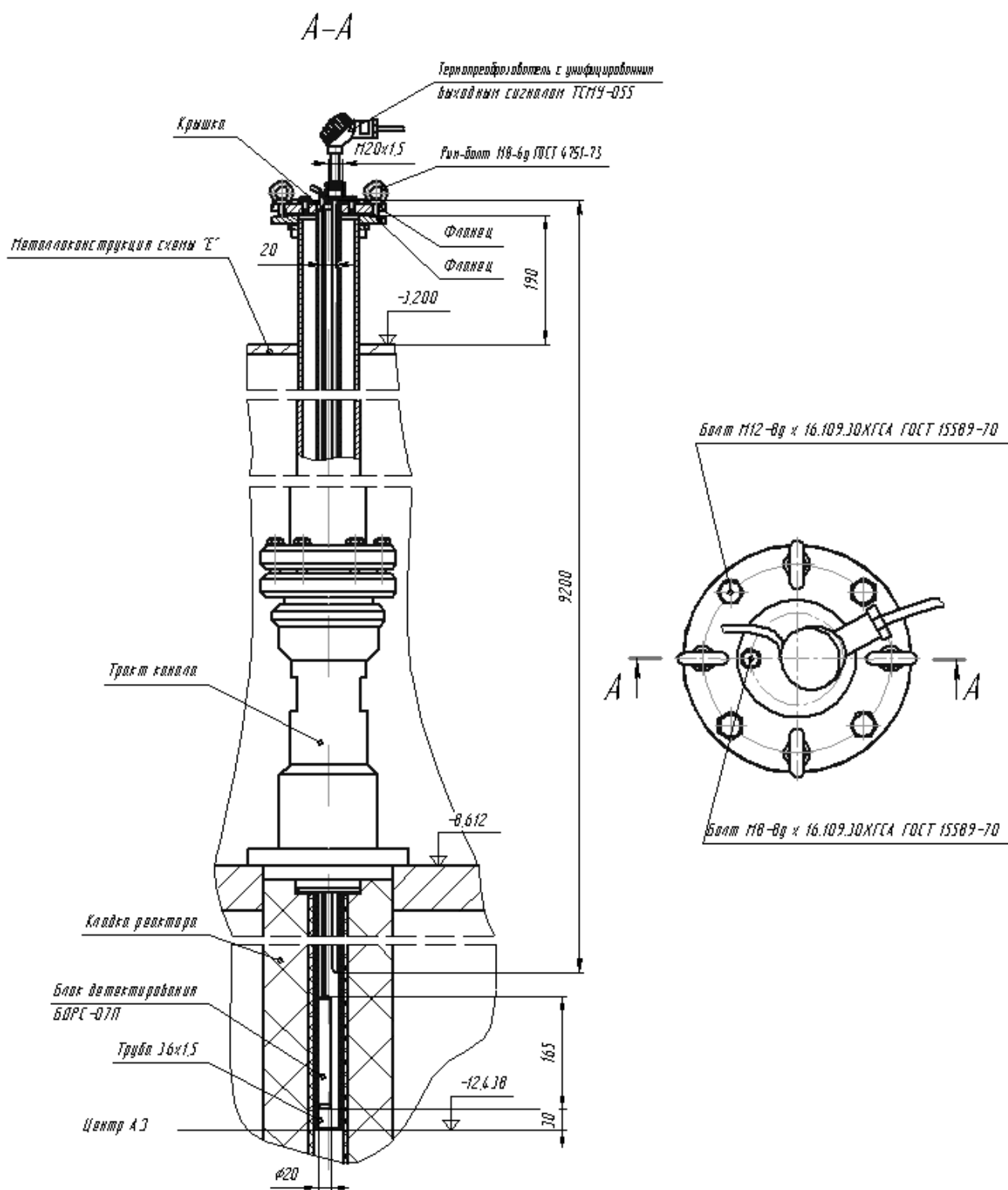


Рисунок 6– Конструкция измерительной подвески в пределах шахты

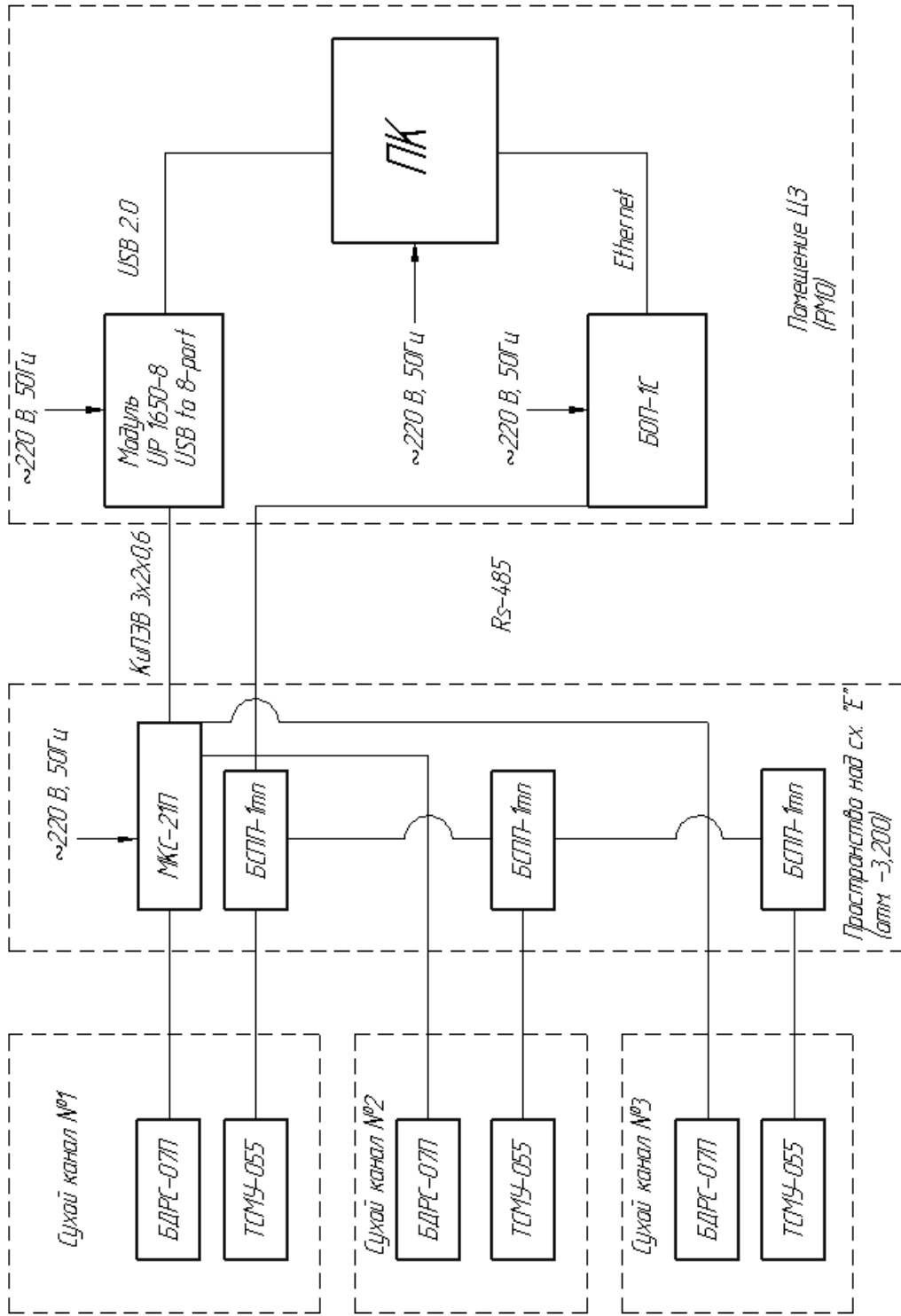


Рисунок 7 – Структурная схема подсистемы СТБК в пределах шахты реактора

### 3.1.2 Основное используемое оборудование

#### *Блок детектирования гамма-излучения БДРС-07П*

Блок детектирования БДРС-07П предназначен для использования в составе технических средств для измерения мощности дозы гамма-излучения и служит для преобразования потока фотонного излучения в электрические сигналы напряжения.

Режим работы блоков детектирования - непрерывный.

Блоки детектирования имеют два измерительных канала - токовый и счетный.

Параметры токового канала:

- |  |                    |
|--|--------------------|
| а) площадь детектора                                     | 7мм <sup>2</sup> ; |
| б) режим работы детектора                                | токовый;           |
| в) чувствительность детектора                            | 23±2 мВ/(Зв/час);  |
| г) диапазон выходного сигнала при R <sub>н</sub> =10 кОм | 2мВ÷4В.            |

Параметры счётного канала:

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| а) площадь детектора   | 7мм <sup>2</sup> ;          |
| б) режим работы детектора  | счетный;                    |
| в) чувствительность детектора  | (0,05±0,01) (1/с)/(мкЗв/ч); |
| г) энергетический диапазон регистрируемых гамма-квантов                        | от 60 кэВ до 3,0 МэВ;       |
| д) коэффициент преобразования амплитуда выходного сигнала/энергия гамма-кванта | 440± 100 мВ/МэВ;            |
| е) длительность переднего фронта выходного сигнала                             | - (120±20) нс;              |
| ж) длительность среза  | - (10±1) мкс.               |
| з) температурная нестабильность коэффициента преобразования                    | не более ± 0,05% °С;        |
| и) временная нестабильность коэффициента преобразования                        | не более ± 0,5% за 8 ч.     |

Общие для блока детектирования параметры:

- |                                |                           |
|--------------------------------|---------------------------|
| - питание блока детектирования | ±12 В ± 5% и + 48 В ± 5%; |
|--------------------------------|---------------------------|

- диапазон рабочих температур от плюс 5 до плюс 35 оС;
- среднее время наработки на отказ: не менее 50 000 ч;
- радиационный ресурс: не менее 1000 Зв;
- габариты размеры блоков детектирования
- без учета длины кабеля Ø 20 x 165 мм.

Блок детектирования включает в себя два кремниевых ионно-имплантированных детектора с площадью чувствительной поверхности 7 мм<sup>2</sup> каждый.

Первый детектор работает в токовом режиме. Под действием потока гамма-квантов, попадающих на детектор, в нем образуются электрические заряды и начинает протекать ток, величина которого пропорциональна мощности дозы регистрируемого гамма-излучения. Измеряемый ток через преобразователь ток-напряжение поступает на выход «Т» блока детектирования в виде постоянного напряжения. Данный канал обеспечивает измерение мощности дозы в диапазоне от 1 Зв/ч до 200 Зв/ч. Это соответствует выходному напряжению от 2 мВ до 4 В.

Второй детектор работает в счетном режиме. Попадающий в детектор гамма-квант преобразуется в электрический заряд, пропорциональный энергии гамма-кванта. Низкошумящий зарядочувствительный усилитель преобразует этот заряд в импульс напряжения, который поступает на выход «С» блока детектирования. Энергетический диапазон регистрируемых гамма-квантов составляет от 60 кэВ до 3 МэВ. Скорость счета выходных сигналов пропорциональна мощности дозы регистрируемого гамма-излучения. Данный канал обеспечивает измерение мощности дозы в диапазоне от 100 мкЗв/ч до 5 Зв/ч. Это соответствует скорости счета выходных импульсов от 5,0 1/с до 250 000 1/с.

Конструктивно блок детектирования представляет собой цилиндр длиной 165 мм и диаметром 20 мм. Через гермоввод, установленный на торце цилиндра, выведен кабель длиной 30 м у блока БДРС-07П. В конце кабеля находится разъем типа РС10.

### Блок управления МКС-21П

Блок управления МКС-21П предназначен для использования в составе технических средств для измерения мощности дозы гамма-излучения и служит для накопления, обработки и передачи во внешнюю ЭВМ информации от блоков детектирования гамма-излучения типа БДРС-07П.

Технические характеристики блока управления МКС-21П приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики блока управления МКС-21П

Параметр	Значение параметра	Примечание
Максимальное количество блоков типа БДРС-07П, подключаемых к устройству	3	
Количество измерительных каналов	5	
Из них : счетных	2	Возможно увеличение до 6
токовых	3	Возможно увеличение до 3
<u>Счетный канал</u> Диапазон энергий регистрируемых гамма-квантов	60 кэВ-6,0 МэВ	
Постоянная времени усилителя-формирователя	0,5 мкс	
Порог дискриминатора		
Длительность выходного сигнала дискриминатора	60 кэВ 2,0 мкс	
Полярность		
Амплитуда	Положительная TTL-уровень	

Продолжение таблицы 14

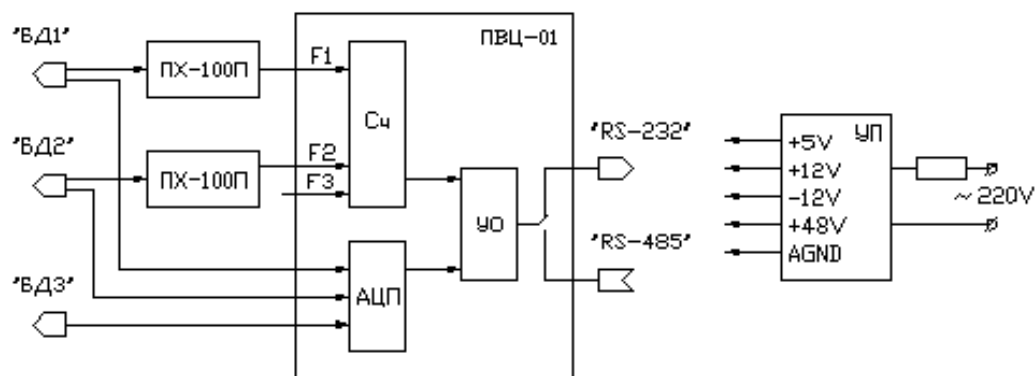
Параметр	Значение параметра	Примечание
<u>Токовый канал</u>		
Диапазон входных напряжений	4 мВ- 4 В	
Разрядность АЦП	12	
Тип канала для информационного обмена с внешними устройствами	RS-485 или RS-232	
Протокол обмена	MODBUS-RTU	

Питание МКС-21П осуществляется от источника питания переменного тока 220 В ± 20%.

Диапазон рабочих температур + 5÷ 35°С.

Структурная схема блока управления МКС-21П приведена на рисунке 8.

Блок управления МКС-21П состоит из двух узлов усилителей-формирователей ПХ-100П, блока ввода-вывода ПВЦ-001 и узлов питания. Усилитель-формирователь служит для преобразования сигналов, поступающих с зарядочувствительного предусилителя в статистическую последовательность импульсов TTL-уровня. Вначале устройство формирует сигнал на CR-RC фильтре для получения оптимального отношения сигнал-шум в тракте, затем сигнал поступает на пороговое устройство с порогом, эквивалентным энергии 60 кэВ и далее в виде стандартного TTL импульса с длительностью 2 мкс на счетный канал ПВЦ-001.



Кабель связи порта RS-232 с последовательным портом ПЭВМ

Кабель связи порта RS-485 с конвертором

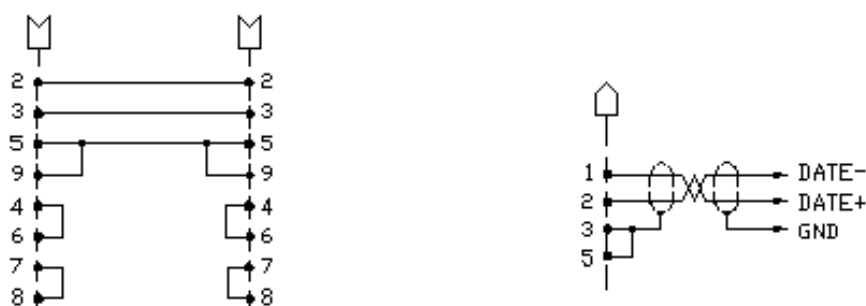


Рисунок 8 - Структурная схема блока управления МКС-21П

Блок ПБЦ-001 предназначен для приема, обработки и передачи информации на устройства верхнего уровня с трех блоков детектирования с импульсным выходом и с трех блоков детектирования с токовым выходом.

Блок содержит 6 независимых измерительных каналов: 3 импульсных и 3 токовых.

Информационный обмен блока с устройствами верхнего уровня осуществляется по каналам RS-485 или RS-232. Эти каналы не являются независимыми и обмен возможен только либо по RS-485, либо по RS-232. Выбор канала осуществляется переключателем S3, установленным на плате устройства. Информационный обмен по обоим каналам связи осуществляется по протоколу MODBUS-RTU. Блок идентифицируется в сети уникальным адресом.

Внешний вид блока управления МКС-21П и блока детектирования гамма-излучения БДРС-07П показан на рисунке 9.



Рисунок 9 - Внешний вид блока управления МКС-21П и блока детектирования гамма-излучения БДРС-07П

*Термопреобразователь с унифицированными выходными сигналами ТСМУ-055*

Термопреобразователь предназначен для преобразования значения температуры среды в унифицированный токовый выходной сигнал.

Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь ИП в виде герметичной «таблетки» преобразуют измеряемую температуру в унифицированный токовый выходной сигнал. В состав ИП входит компенсатор нелинейности входного сигнала и для ТХАУ и ТХКУ – компенсатор температуры «холодного спая».

Термопреобразователь работает в комплекте с любыми вторичными приборами, воспринимающими входные унифицированные сигналы 0..5 мА.

Массо-габаритные характеристики: при длине рабочей части 9200 мм масса не более 2,2 кг, при поставке термопреобразователя с увеличенной длиной рабочей части масса подлежит уточнению.

Термопреобразователь устойчив к динамическим изменениям напряжения питания:

- прерыванию питания продолжительностью от 10 мс до 10 с;
- броскам  $\pm 20\%$   $U_{п}$  (напряжение питания) при продолжительности изменения от 10 мс до 5с.

Основные характеристики термопреобразователя ТСМУ-055 представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Основные характеристики термопреобразователя ТСМУ-055

Параметр	Значение параметра
Диапазон преобразуемых температур, °С	-50...150
Выходной унифицированный сигнал, мА	0...5
Напряжение питания, В постоянного тока	18..36
Вид климатического исполнения по ГОСТ 12997	С4
Материал корпуса головки	Термоактивная пластмасса АГ-4В
Материал защитной арматуры, контактирующей с измеряемой средой	Сталь 12Х18Н10Т
Вариант крепления	С помощью шульца М20х1,5

Внешний вид термопреобразователя ТСМУ-055 показан на рисунке 10.

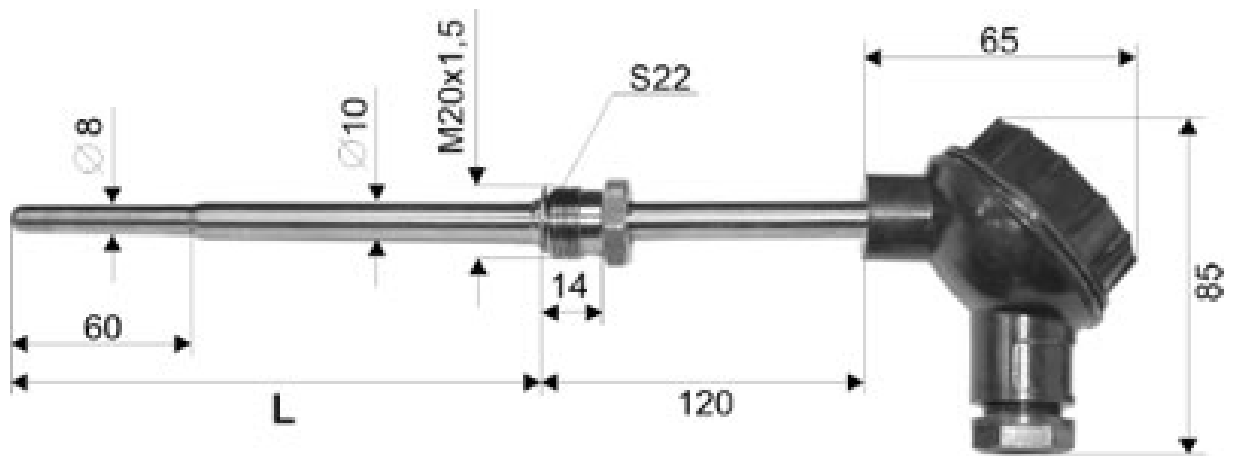


Рисунок 10 - Внешний вид термопреобразователя ТСМУ-055

*Блоки сопряжения первичного преобразователя БСПП-1тв, БСПП-1тп*

Блок сопряжения первичного преобразователя (рисунок 11) используется для оцифровки сигналов от измерительных преобразователей ИПТВ-056А и термопреобразователя ТСМУ-055, их обработки и передачи в блок обработки и передачи информации БОП-1С по последовательному интерфейсу RS-485 в формате с плавающей запятой в виде:  $\pm X.XXXE\pm XX$  в ASCII формате.

Питание БСПП-1тв и БСПП-1тп осуществляется от БОП-1С.

Габаритные размеры БСПП-1тв,-тп - 125x102x73 мм, масса – 0,7 кг.



Рисунок 11 - Блоки сопряжения первичного преобразователя производства ООО «НПП «Доза»

### *Блок обработки и передачи информации БОП-1С*

Блок обработки и передачи информации БОП-1С служит для обработки сигналов, поступающих от измерительных преобразователей влажности, термопреобразователей; питания и диагностики состояния преобразователей влажности, термопреобразователей и блоков сопряжения, хранения пороговых значений и параметров, архивирования данных в энергонезависимой памяти для хранения информации в случае разрушения каналов связи с ЦПУ, передачи данных в информационную сеть, выдачи предаварийных и аварийных сигналов превышения пороговых значений на встроенные и выносные блоки аварийной звуковой и световой сигнализации.

БОП-1С запитывается от однофазной сети переменного тока 220 (-10%,+12%) В, 50 Гц +5%.

Габаритные размеры БОП-1С - 280x111x330 мм, масса – 8 кг.

БОП-1С имеет встроенные средства звуковой и световой сигнализации превышения установленных порогов: красный, желтый и зеленый сигналы и сирену.

БОП-1С передает данные об измерениях на верхний уровень СТРК, как только будут готовы новые данные или по запросу оператора. Информация о событиях, которым придан высший приоритет, передается на верхний уровень немедленно (т.е. приблизительно за 50 мс, в зависимости от организации верхнего уровня).

БОП-1С имеет три интерфейса: Ethernet (основной), RS-485 (вспомогательный), и RS-232 (служебный). Основной интерфейс предназначен для связи с верхним уровнем или другими устройствами по протоколу TCP/IP. вспомогательный интерфейс служит для связи с блоками сопряжения или для организации небольших локальных подсетей. Служебный интерфейс предназначен для настройки, диагностики и ремонта БОП-1С, а также для смены программного обеспечения БОП. Эти процедуры производятся с переносного компьютера, подключаемого к БОП через интерфейс RS-232.

В БОП-1С реализуются следующие алгоритмы:

1) опрос измерительных преобразователей влажности и кабельных термоэлектрических преобразователей.

Опрос преобразователей, подключенных к БОП-1С через интерфейс RS-485, осуществляется с частотой, которая устанавливается оператором и может быть индивидуальной для каждого устройства. При этом в БОП-1С передаётся измеренная величина в цифровом виде и информация о состоянии устройств;

2) обработка данных.

Данные, полученные от преобразователей, анализируются на превышение предупредительных и аварийных порогов, которые устанавливаются оператором индивидуально для каждого преобразователя и хранятся в

энергонезависимой памяти. В случае превышения одного из порогов формируется световой и звуковой сигналы собственной сигнализации БОП-1С, а также подключенного БАС о превышении и передается информация о превышении в ЦПУ;

3) передача данных в ЦПУ и архивирование.

Данные, полученные от преобразователей, записываются в энергонезависимый архив и передаются в ЦПУ через интерфейс Ethernet 10Base-T по протоколу TCP/IP;

4) прием команд от ЦПУ.

В случае необходимости оператор может послать из ЦПУ команду по установке новых значений порогов и времен опроса, а также команду о включении (выключении) управляющих сигналов на сухой контакт и встроенные устройства оптико-акустической сигнализации;

5) проверка наличия связи с ЦПУ.

Наличие связи с ЦПУ в соответствии с протоколом TCP/IP проверяется непрерывно с частотой раз в 10 с. В случае потери связи начинает мигать зеленый индикатор на передней панели БОП-1С.

### 3.1.3 Основные компоновочные решения

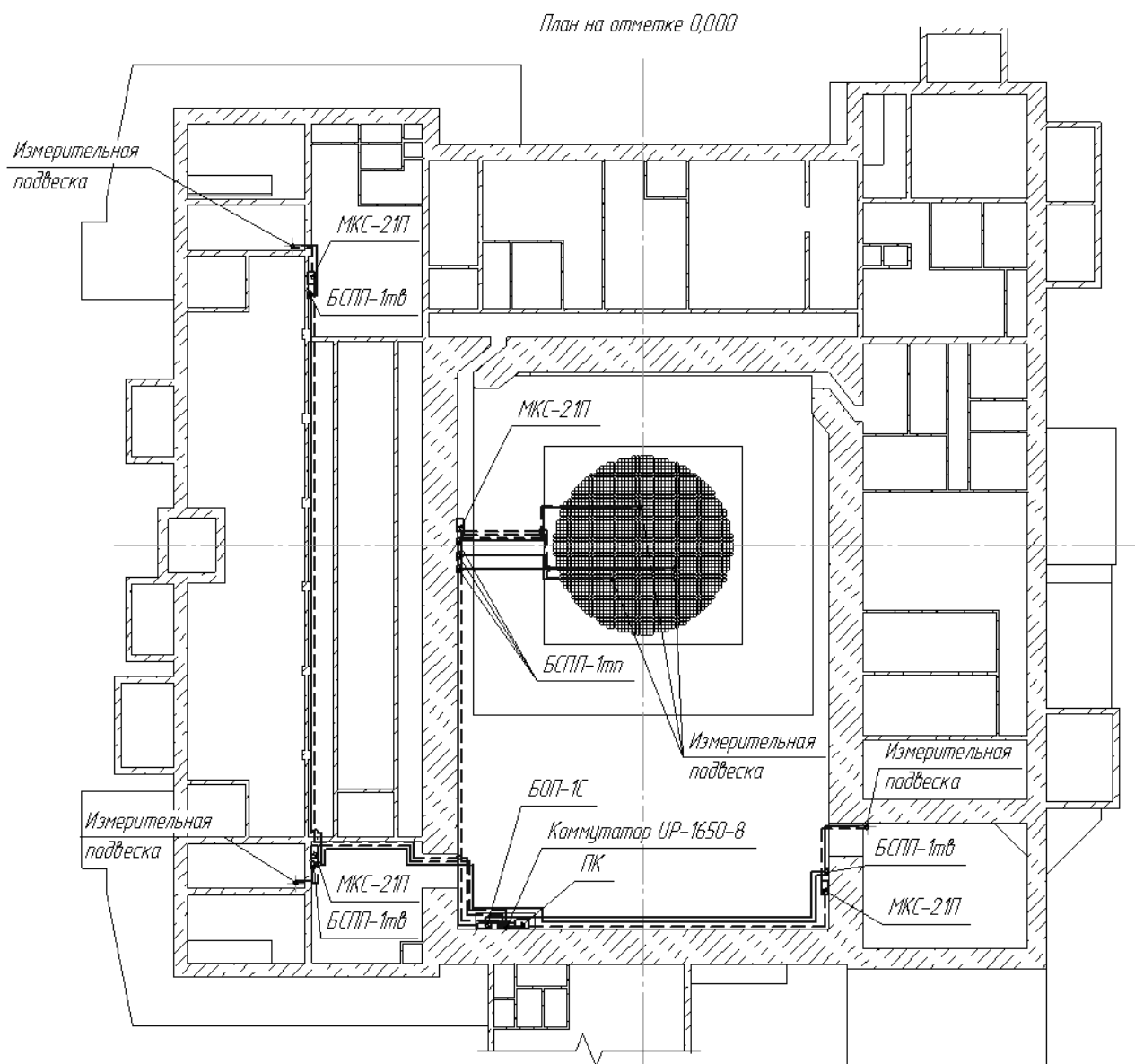


Рисунок 12 – Общая компоновка системы

Для фиксирования МЭД гамма-излучения и температуры в тракты каналов реактора помещаются три измерительные подвески как показано на рисунке 12 (с детекторами БДРС-07П и термопреобразователями ТСМУ-055).

Детекторы МЭД гамма-излучения БДРС-07П подключены к блоку управления МКС-21П (один для трех детекторов), расположенному на западной стене ЦЗ. Блок управления МКС-21П подключается к коммутатору УР-1650-8,

расположенному на рабочем месте оператора (РМО) вдоль южной стены ЦЗ. Сигнал от коммутатора поступает непосредственно на ПК, расположенный также на РМО.

Термопреобразователи ТСМУ-055 подключаются к блокам сопряжения первичного преобразователя БСПП-1тп (для каждого термопреобразователя используется отдельный блок). Блоки располагаются рядом с блоком МКС-21П на западной стене ЦЗ. Между собой блоки БСПП-1тп соединены последовательно. Крайний в последовательном соединении блок БСПП-1тп подключается к блоку обработки и передачи информации БОП-1С, расположенному на РМО и подключенному к ПК.

#### **3.1.4 Обоснование выбранных решений по системе контроля**

При выборе структуры системы и используемой контрольно-измерительной аппаратуры принимались во внимание решения, апробированные для систем аналогичного назначения, внедрённых на Белоярской АЭС [1, 2].

### **3.2 Номенклатура материалов защитных барьеров в пределах шахты реактора**

Барьеры защитные создаются с целью обеспечения условий радиационной безопасности среды в районе «захоронения», для ограничения миграции радионуклидов во внешнюю среду, а также для защиты захоронения от внешних воздействий природных факторов и человеческой деятельности.

Необходимость создание новых защитных барьеров безопасности диктуется тем, что существующие барьеры (металлоконструкции, которые образуют и окружают реакторное пространство; железобетонные стены шахты реактора; строительные конструкции, образующие помещения вокруг шахты реактора) не обеспечивают надежную изоляцию РАО для вывода ПУГР из эксплуатации по варианту «захоронения на месте».

Создание барьеров основывается на следующих предпосылках:

- должно быть обеспечено ограничение воздухообмена реакторного пространства с пространством окружающей среды;
- должно быть обеспечено максимальное ограничение поступления грунтовых и верховых вод в реакторное пространство и в другие помещения захораниваемого объекта;
- должны быть проведены мероприятия по снижению концентрации радионуклидов и делящихся материалов в ячейках графитовой кладки и снижению скорости миграции радионуклидов;
- окружение графитовой кладки материалами, препятствующими распространению радионуклидов и защищающими её от жидких сред.

Основными требованиями, предъявляемыми к материалам защитных барьеров, являются:

- низкая водопроницаемость;
- высокая сорбционная способность по отношению к радионуклидам;
- стабильность свойств;
- высокая пластичность;

- достаточная несущая способность;
- стабильное поведение конструкционных материалов в среде наполнителя;
- совместимость с геологической средой окружающей захораниваемый объект;
- доступность.

При разработке технологических решений по созданию защитных барьеров ПУГР ЭИ-2 предполагается, что наряду со строительными конструкциями захоранивается:

- оставшееся в шахте оборудование остановленного реактора (графитовая кладка, кожух, конструкции азотного коллектора, опорные плиты и другие, стыкующиеся с кладкой узлы и детали). Графитовая кладка захоранивается без удаления просыпей топлива;
- несущие металлоконструкции, ограждающие и образующие реакторное пространство и имеющие в своем составе тракты технологических каналов;
- оборудование и фрагменты оборудования, демонтаж которого признан нецелесообразным ввиду сильного загрязнения или иных причин.

При захоронении ПУГР ЭИ-2 создаются следующие защитные барьеры:

- засыпка –природные породы (смесь на основе природных глин с добавлением бентонита или иных сорбционных материалов), засыпаемые в тракты технологических каналов, в металлоконструкции лежащие ниже графитовой кладки (схемы «О» и «ЭР»), в пространство образованное схемой «Л», схемой «Е» и кожухом графитовой кладки. Засыпка является сорбционным барьером, а также смягчает возможные механические воздействия на графитовую кладку;
- барьер формирующий бетонный – образован шахтой реактора (все существующие проемы в шахте и бетон, а также схемы «Л» и «Д» бетонируются) и бетонным основанием реактора. Барьер защищает от

механических воздействий природного и техногенного характера и сохраняет целостность графитовой кладки реактора до завершения работ по захораниванию, а также на протяжении некоторого срока после захоранивания. Также играет роль дополнительного противомиграционного барьера;

- вмещающие породы (уплотненные глиняные смеси) в подземных помещениях ПУГР ЭИ-2. Вмещающие породы заполняют свободные объёмы, предотвращая обрушения и осадку грунта на месте захоронения. Дополнительно вмещающие породы являются дополнительным сорбционным барьером и снижают вероятность поступления грунтовых вод к захораниваемому оборудованию;
- противofильтрационный барьер на основе композиции ГАЛКА ТЕРМОГЕЛЬ – НТ. Противofильтрационный барьер предотвращает попадание грунтовых вод в захоронение. Данный барьер реализуется при обосновании необходимости данного барьера в ООБ ВЭ ПУГР ЭИ-2 по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте.

В настоящее время технология бесполостного заполнения реакторных пространств глиняно-песчаными материалами отсутствует. Разработка технологии по созданию дополнительных защитных барьеров безопасности хранилищ РАО в настоящее время ведется на ОАО «СХК» в том числе в рамках Госконтрактов № Н.4д.21.04.09.1063, № Д.4ш.21.04.09.1057 между ГК «Росатом» и ОАО «СХК». Установленный срок окончания работ по отработке технологии – декабрь 2011 г. (см. протокол рабочего совещания от 28.02.2011 г по разработке проектов вывода из эксплуатации ПУГР ФГУП «ГХК» и ОАО «СХК»).

В качестве альтернативного варианта, варианту использования глиняно-песчаных смесей, ОАО «НИКИЭТ» в инициативном порядке и за собственные средства проводит НИОКР с целью укрепления доказательной базы возможности применения консерванта «F» при захоронении графитовой кладки ПУГР.

Общий вид здания 190 после создания защитных барьеров показан на рисунке 13.

Технологии создания защитных барьеров, используемые материалы защитных барьеров и оборудование рассмотрены отдельно для помещений вне шахты реактора и пространства в шахте реактора и представлены в соответствующих разделах данной справ

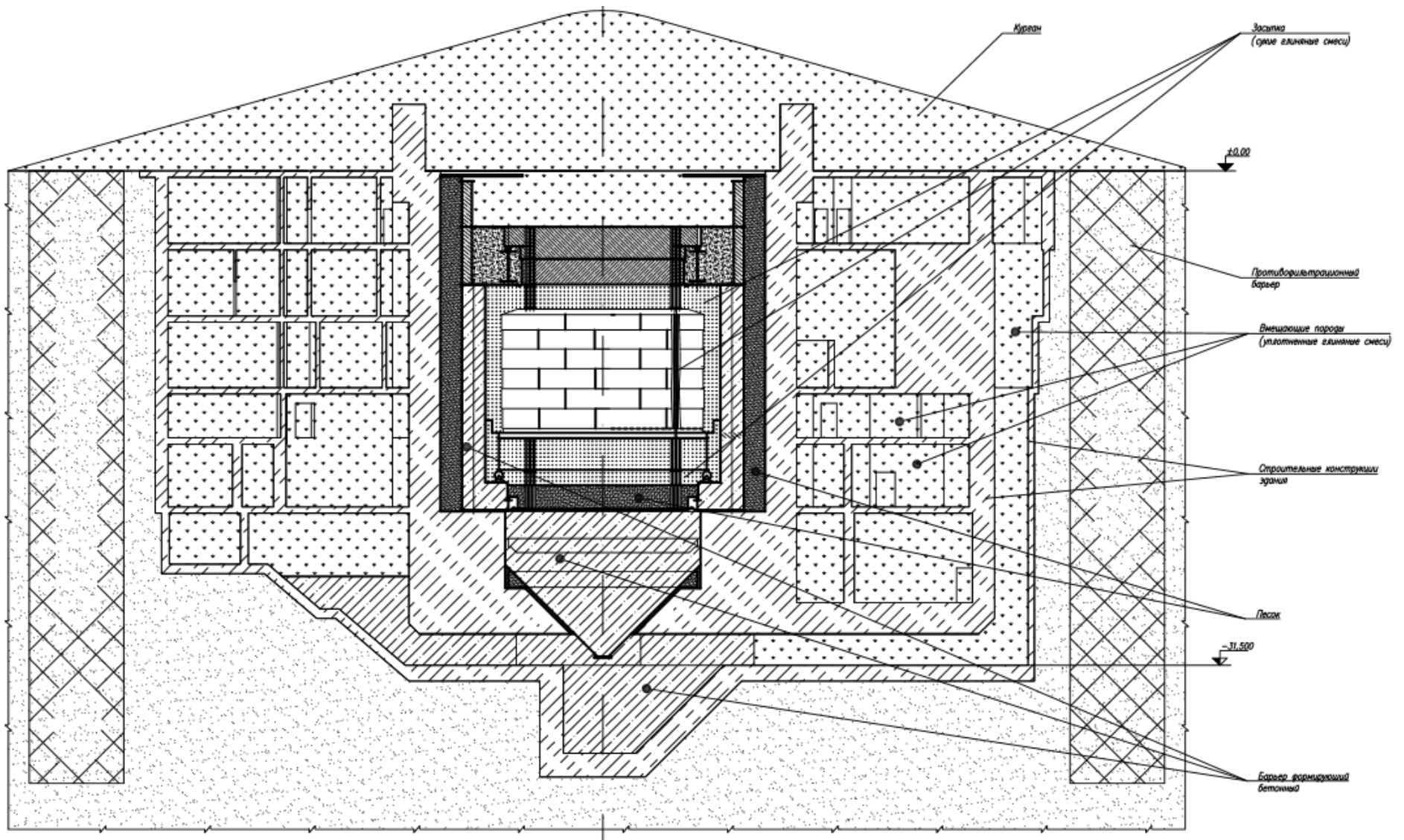


Рисунок 13 – Общий вид здания 190 после создания защитных барьеров

### 3.3 Номенклатура материалов защитных барьеров в пределах шахты реактора

#### *Глиняные смеси*

В качестве засыпки пустот реакторного пространства, схем «Л» и «Д» используются сухие смеси на основе глинистых пород из местных месторождений. Свойства глины порошкообразной и исходного сырья (глины природной) для её получения представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Свойства глины порошкообразной и исходного сырья для её получения.

	<b>Параметр</b>	<b>Значение</b>
Глина природная*	влажность природная, %	16÷26
	плотность до уплотнения, г/см <sup>3</sup>	1
	крупность материала, мм, не более	500
	размеры включений от 1 до 5%, мм	2÷5
	породообразующий материал	каолинит
Глина порошкообразная (получаемый продукт)	плотность, т/м <sup>3</sup>	1,6...2,0
	насыпная масса, т/м <sup>3</sup>	1,0...1,5
	размер частиц, мм	менее 0,1
	влажность, % масс.	1
*Данные усредненные, могут изменяться в зависимости от месторождения		

#### *Бетонные, растворные смеси и их составляющие*

Бетонные смеси используются для заделки проёмов бетонной шахты реактора, подкрепления опорных металлоконструкций, заполнения объемов подреакторного пространства.

Бетонные смеси, предназначенные для транспортирования по трубопроводам, должны обладать повышенной связанностью, однородной структурой, удобоперекачиваемостью и обеспечивать получение физико-механических характеристик раствора.

Применяемый бетон класса В20 по прочности на сжатие.

Водонепроницаемость – W<sub>6</sub>.

Подвижность бетонной смеси должна соответствовать осадке стандартного конуса 14...16 см.

Песок для бетонной смеси должен содержать до 3-7% пылевидных частиц крупностью 0,14 мм и 15-20% мелких частиц крупностью, менее 0,31 мм. Содержание мелких менее 0,006 мм пылевидных, илистых и глинястых частиц не должно превышать 3% в природном песке и 5% в дробленном.

Доля песка в общей массе заполнителей должна определяться экспериментально-расчетными методами, исходя из условий необходимости получения смеси сухих заполнителей с минимальной пустотностью.

В качестве крупного заполнителя бетона применяется гравий или щебень не остроконечной формы. Максимальная плотность заполнителя 20 мм.

Заполнители для растворной смеси служат природные кварцевые или полевошпатовые пески, а также легкие пески.

Максимальная крупность заполнителя растворной смеси – 5 мм.

#### *Источники поступления материалов*

Бетонные смеси изготавливаются на одном из местных предприятий – производителей бетонных смесей и доставляются к месту проведения работ автобетоносмесителями.

Глина природная, наполнители (щебень, гравий) доставляются с местного месторождения автотранспортом. В настоящее время ведутся исследования свойств образцов глин из карьера, располагающегося на территории СХК, недалеко от реакторного завода.

### 3.4 Оборудование для создания защитных барьеров в пределах шахты реактора

Основное оборудование для создания защитных барьеров приведено в пределах шахты реактора приведено в таблицах 17 - 18.

Таблица 17 – Основное оборудование для приготовления сухих глинистых смесей и создания защитных барьеров с использованием данных смесей

<b>Наименование</b>	<b>Назначение</b>
Кран мостовой	Погрузка сыпучих материалов
Грейфер ковшовый моторный (ДИМАЛ)	Перемещение сыпучих материалов
Камневыделительные вальцы СМ-1198	Отделение глины от камней
Магнитный сепаратор СМ250ММТ	Извлечение металлических включений
Дробилка двухвалковая типа ДВЗ-2L	Дробление комков глины
Блочно-мобильный модуль МАП-3	Сушка и помол глины
Бункер для сыпучих материалов РБ2500	Временное размещение молотой глины, бентонита и смеси
Пневмокамерный насос ПН 10 (ШЗ)	Транспортировка смеси
Винтовой конвейер серии «ВК-114»	Транспортировка глины и бентонита
Шнековый дозатор ДМД 50	Дозирование глины и бентонита перед смешением
Смеситель сухих смесей "СМ ТУРБОМИКС"	Смешение глины и бентонита
Станция фасовки клапанных мешков АЭРОПАК ТУРБО	Фасовка смеси в мешки по 50 кг
Погрузчик	Складирование мешков со смесью
Ресивер РВ 500.11	Аккумуляция сжатого воздуха
Компрессор	Снабжение сжатым воздухом

<b>Наименование</b>	<b>Назначение</b>
ALUP SCK 26	
Рукавный фильтр РЦИЭ-НЗ	Очистка воздуха в рабочей зоне от пыли
Вентилятор 3,15-50Н	Подача запыленного воздуха на рукавный фильтр

Таблица 18 – Основное оборудование для создания защитных барьеров на основе бетонных смесей с заполнителем

<b>Наименование</b>	<b>Назначение</b>
Автобетоносмеситель 58148 W	Доставка бетонной смеси с предприятия - изготовителя к месту проведения работ
Стационарный бетононасос BN 20E	Подача бетонной смеси к месту проведения работ
Комплект бетоноводов	Доставка бетонной смеси к месту проведения работ
Установка компрессорная (или водяной насос) ЗИФ-ПВ-6/0,7	Очистка бетоноводов
Пост ручной электродуговой сварки	Монтаж опалубки, заделка проемов
Вибратор глубинный	Выравнивание и уплотнение бетонной смеси
Станок бурильный	Бурение технологических отверстий в перекрытиях для прокладки бетоноводов в заполняемые объемы.
Специально разрабатываемое оборудование	Вырезка отверстий в металлоконструкциях, обрезка труб БИК, нарушение целостности трактов технологических каналов.

### **3.5 Заполнение объемов в пределах шахты реактора**

В настоящем разделе показана технология заполнения вмещающими породами объемов внутри шахты аппарата до отметки минус 3,200 м. Технологии заполнения объемов внутри шахты аппарата выше отметки 3,200 м, демонтаж здания и создание защитного кургана рассматривается в разделе 6 и 7 проекта «Вывод из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора ЭИ-2 по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте».

До начала работ по заполнению реакторного пространства должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- выполнен демонтаж оборудования и вспомогательных конструкций от отметки «0» до отметки  $-3,010 \pm 0,020$ . Тракты технологических каналов над отметкой минус 3,200 м должны быть загерметизированы временными заглушками;
- верхний лист схемы «Е» должен быть очищен от посторонних предметов и загрязнений;
- все оборудование, находящиеся у наружных стен шахты должно быть демонтировано по всему периметру;
- трубопроводы, выходящие через стены шахты, должны быть обрезаны;
- технологическое оборудование, расположенное ниже металлоконструкции «ЭР», должно быть демонтировано;
- создан цех с участком приготовления порошкообразной глины (сушка и измельчение), а также участком складирования сырья и готового продукта.

#### **3.5.1 Последовательность работ по заполнению шахты реактора ЭИ-2**

Дополнительные защитные барьеры внутри шахты аппарата создаются в несколько этапов:

- бетонирование подреакторного пространства (до схемы «ЭР»);

- бетонирование блоков схемы «Л» и схемы «Д», предварительно выполнив дополнительные проходки через схему «Д» для подачи бетоноводов в отсеки схемы «Л», а также для заполнения пространства под схемой «КЖ»;
- заделка проёмов в стенах бетонной шахты;
- заполнение глиняными смесями междиафрагменного пространства;
- заполнение глиняной смесью пространство между схемами «ЭР» и «О», а также схемы «О»;
- заполнение пространства между кожухом реактора и схемами «Л» и «Е»;
- заполнение трактов технологических каналов.

Общий вид шахты аппарата, после завершения указанных работ показан в приложении Б.

### **3.5.2 Бетонирование подреакторного пространства (до схемы «ЭР»)**

Бетонирование подреакторного пространства производится по технологиям разработанным НИКИМТ [3, 4].

Укладка бетонной смеси является комплексным технологическим процессом, включающим приемку бетонной смеси в загрузочный бункер бетононасоса, перекачку смеси по бетоноводу к месту укладки, распределение в зоне бетонирования, а также все сопутствующие работы по обслуживанию этого процесса (монтаж и демонтаж бетоноводов, их очистку, обслуживание бетононасоса и т.д.).

Подача бетонной смеси к месту бетонирования производится по бетоноводам 125-150 мм бетононасосом.

Подготовительные работы к укладке бетонной смеси включают следующее:

- подготовка площадки для заезда автобетоносмесителей, размещения установки бетононасоса и компрессора на отметке 0,00 м в районе грузовых шахт;
- прокладка бетоноводов.

Бетонирование подреакторного пространства производится в две стадии:

- бетонирование подреакторного пространства до отметки минус 24,880 м;
- бетонирование подреакторного пространства от отметки минус 24,880 м до низа схемы «ЭР».

Для бетонирования подреакторного пространства до отметки минус 24,880 м предусматривается прокладка трех основных (магистральных) бетоноводов.

Бетоновод №1 предназначен для заполнения бетонной смесью подбункерного пространства и помещения управления гидротранспортом.

Бетоновод №2;3 – для заполнения бетонной смесью схемы «ЭТ»; помещений, прилегающих к схемам и основания под схему «ЭТ».

Бетонирование подреакторного пространства до отметки минус 24,880 м производится следующей последовательности:

- 1) заливается бетоном шахта с отметки минус 37,000 м до отметки минус 31,500 м;
- 2) заполняется бетонной смесью подбункерное пространство (до помещения приводов задвижек гидроэлеватора) с отметки минус 31,500 м до отметки минус 29,500 м;
- 3) заполняется бетонной смесью помещение приводов задвижки гидроэлеватора и ходка;
- 4) заполняется бетонной смесью нижняя часть в схеме «ЭТ»;
- 5) производится «захоранивание» части сборок низа изделия в схеме «ЭТ». Захоранивание производится в 1-2 слоя с последующей их заливкой

бетоном. Чередую захоранивание сборок низа изделия и заливку их бетоном, схема «ЭТ» заполняется до отметки минус 25,400 м;

б) заполняется подреакторное пространство до отметки минус 24,880 м.

Работы по пунктам 1-2 производятся с помощью бетоновода №1, работы пунктам производятся с помощью бетоноводов №2-№3.

Схема установки оборудования и прокладки бетоноводов для заливки подреакторного пространства до отметки минус 24,880 м показана в приложении Б.

Бетонирование подреакторного пространства от отметки минус 24,880 м производится с установкой несъемной металлической опалубки по наружному периметру первого яруса схемы «Л». Стойки опалубки привариваются: - в верхний торец к нижнему листу схемы «Л», а нижний торец к облицовке.

По высоте опалубка состоит из нескольких ярусов. Монтаж и заливка каждого яруса опалубки производится поочередно.

Схема установки оборудования и прокладки бетоновода для заполнения подреакторного пространства от отметки минус 24,880 м до схемы «ЭР» показана в приложении Б.

При заливке допускается закладка в бетон радиоактивных фрагментов вырезки люков из нижних водяных трубопроводов и оставить на рельсовых путях передвижные настилы (мосты).

Заливка раствора производится до уровня 100-150 мм выше нижней решетки схемы «ЭР».

После завершения работ по бетонированию подреакторного пространства производится демонтаж бетоноводов.

### **3.5.3 Бетонирование блоков схем «Л» и «Д»**

Бетонирование блоков схем «Л» и «Д» производится по технологии разработанной НИКИМТ для бетонирования схем «Л» и «Д» ПУГР ЭИ-2 [5, 6].

Укладка бетонной смеси является комплексным технологическим процессом, включающим приемку бетонной смеси в загрузочный бункер бетононасоса, перекачку смеси по бетоноводу к месту укладки, распределение в зоне бетонирования, а также все сопутствующие работы по обслуживанию этого процесса (монтаж и демонтаж бетоноводов их очистку, обслуживание бетононасоса и т.д.).

Подготовительные работы к бетонированию включают следующее:

- вырезка отверстий в настилах схем «Г» и «Д», а также в горизонтальных листах схем «Л» и «Д»;
- подготовка площадки возле здания на отметке 0,000 м с временным ограждением для заезда автобетоносмесителей и установки бетононасоса;
- установка необходимого технологического оборудования и монтаж магистрального бетоновода.

*Бетонирование отсеков схемы «Л».*

Бетонирование отсеков схемы «Л» осуществляется через вертикальный разъемные бетоноводы, который устанавливается в подготовленные отверстия секций и подсоединяются к магистральному бетоноводу.

Заполнение отсеков схемы «Л» производится в следующей последовательности:

- заполняются ярусы один и два отсека 1, затем последовательно ярусы один и два следующих 11 отсеков;
- заполняются ярусы три и четыре отсека 1, затем последовательно ярусы три и четыре последующих 11 отсеков;
- заполняются ярусы пять и шесть отсека 1, затем последовательно ярусы три и четыре последующих 11 отсеков.

Контроль заполнения отсеков – визуальный, с помощью телевизионной установки опускаемой в свободное отверстие заполняемого отсека.

*Бетонирование отсеков схемы «Д».*

Установка вертикальных бетоноводов и контроль по заполнению секций отсеков схемы «Д» осуществляется с настила схемы «Д» на отметке минус 3,200 м.

Заполнение секций отсеков схемы «Д» осуществляется через гибкие отводы, устанавливаемые в отверстия каждой секции отсека.

Контроль проведения работ – визуальный – через соседние отверстия в блоках «Д».

Схема расположения оборудования и прокладки бетоновода для заливки схем «Л» и «Д» представлена в приложении Б.

#### **3.5.4 Заделка проёмов в стенах бетонной шахты**

Заделка проёмов в шахте реактора производится после завершения бетонирования схемы «Л» и «Д».

В соседних с шахтой помещениях демонтируются все трубопроводы выходящие из шахты через стену и герметизируются заглушками.

Герметизируются заглушками все проходки через стены со стороны помещений, примыкающих к шахте (перед установкой заглушек проходки, по возможности, бетонируются).

Проёмы в стенах по оси «Ф» и «И» на отметках минус 21,000 м и минус 2,400 м герметизируются по технологии разработанной НИКИМТ.

Перед бетонированием, осуществляется монтаж в проемы металлокаркасов и арматурных сеток, по периметру бетонной шахты, в зонах проведения работ, устанавливается несъемная металлическая опалубка.

После установка опалубки производится заливка проемов бетонной смесью.

#### **3.5.5 Заполнение междиафрагменного пространства**

Междиафрагменное пространство заполняется глиняной смесью с помощью пневмокамерного насоса, который устанавливается на отметке 0,000 м в центральном зале.

Подготовка сухой глиняной смеси производится по технологии ТПИИ ВНИПИЭТ, с помощью оборудования размещаемого в здании №357. Готовая глиняная смесь в крафт-мешках доставляется к месту установки пневмокамерного насоса.

Работы производятся в следующей последовательности:

- подготовительные и вспомогательные работы, включая установку необходимого технологического оборудования и организацию доставки заполняющих смесей;
- вырезка технологических отверстия по периметру кожуха графитовой кладки реактора в плитном настиле схемы «ЭГ», верхнем и нижнем настиле схемы «Д» (по 20 отверстий). Вырезка отверстий производится с установкой обсадных труб и извлечением засыпки, по технологии разработанной НИКИМТ;
- установка в подготовленные технологические отверстия направляющих труб и вырезка отверстий в схеме «КЖ». Вырезка отверстий в схеме «КЖ» производится по технологии предложенной НИКИМТ;
- последовательная установка в направляющие трубы рукава (материаловода) от пневмокамерного насоса и засыпка междиафрагменного пространства.

Единовременно засыпка производится через одну направляющую трубу. Остальные направляющие трубы, для предотвращения попадания вытесняемого из реакторного пространства запыленного воздуха в ЦЗ, закрываются временными заглушками. Вытяжка организуется через системы штатной вытяжной вентиляции или систему вакуумного отсоса.

Выравнивание и уплотнение засыпаемой смеси осуществляется глубинным вибратором.

Контроль засыпки проводится визуальным осмотром при помощи телекамеры, опускаемой в одну из свободных направляющих труб.

После завершения заполнения междиафрагменного пространства направляющие трубы используются для заполнения пространства между кожухом реактора и схемами «Л» и «Е».

### **3.5.6 Заполнение глиняной смесью пространства между схемами «ЭР» и «О», а также схемы «О»**

Заполнение металлоконструкций схемы «О», а также пространства между схемами «О» и «ЭР» производится с помощью пневмокамерного насоса, установленного на отметке 0,000 м. Подача заполняющей смеси осуществляется через тракты технологических каналов по подводящей трубе.

Работы производятся в следующей последовательности:

- подготовительные и вспомогательные работы (подготовка и планировка зоны проведения работ, установка технологического оборудования);
- нарушение целостности трактов технологических каналов между отметками минус 18,830 м и минус 19,550 м;
- засыпка смеси в пространство между схемами «ЭР» и «О»;
- нарушение целостности трактов технологических каналов внутри схемы «О»;
- засыпка заполняющей смеси в металлоконструкции схемы «О».

Нарушение целостности трактов технологических каналов для заполнения пространства между схемами «ЭР» и «О» осуществляется резанием, с применением воздушно-плазменного способа. Работы производятся с помощью специального оборудования и по технологии разработанным НИКИМТ.

Организация зазоров в трактах каналов осуществляется на отметках минус 18,830 м и минус 19,550 м за счет резки труб 2-0-1 и 2-0-2 с последующим смещением в сторону отрезанного участка специальным приспособлением.

Засыпка смеси осуществляется по подводящей трубе соединенной рукавом с пневмокамерным насосом. Подводящая труба опускается в тракт технологического канала с нарушенной целостностью.

Выравнивание и уплотнение засыпаемой смеси осуществляется глубинным вибратором через подводящую трубу.

Контроль засыпки проводится визуальным осмотром при помощи телекамеры, опускаемой в технологические каналы с нарушенной целостностью.

Единовременно засыпка осуществляется в один тракт. Остальные тракты технологических каналов, для предотвращения попадания вытесняемого из реакторного пространства запыленного воздуха в ЦЗ, закрываются временными заглушками. Вытяжка организуется через системы штатной вытяжной вентиляции или систему вакуумного отсоса.

Технология заполнения металлоконструкций схемы «О» аналогична технологии заполнения пространства между схемами «ЭР» и «О». Организация зазора в трактах технологических каналов для заполнения схемы «О» производится резкой трубы 2-0-2 на отметках минус 16,750 м и минус 18,600 м с последующим смещением в сторону отрезанного участка специальным приспособлением.

Схемы технологических операций по засыпке глиняной смеси, нарушения целостности трактов каналов представлены в приложении Б.

### **3.5.7 Заполнение пространства между кожухом реактора и схемами «Л» и «Е»**

Заполнение пространства между кожухом реактора и схемами «Л» и «Е» осуществляется с помощью пневмокамерного насоса через трубы БИК и трубы направляющие, ранее установленные для заполнения междиафрагменного пространства.

Работы производятся в следующей последовательности:

- подготовительные и вспомогательные работы(подготовка и планировка зоны проведения работ, установка технологического оборудования);

- при помощи специального инструмента производится обрезка труб БИК. По высоте трубы БИК режутся на несколько фрагментов. Резы выполняются по мере заполнения реакторного пространства;
- пневмокамерным насосом через рукав, опускаемый поочередно в каждую трубу БИК и трубу направляющую, выполняется засыпка пространства между кожухом реактора и схемами «Л» и «Е». Заполнение проводится поэтапно – в несколько слоёв по высоте реакторного пространства. Засыпка последующего слоя проводится после выравнивания и уплотнения предыдущего, а также выполнения очередного реза труб БИК. Трубы направляющие извлекаются и обрезаются на необходимую длину по мере заполнения реакторного пространства;
- заполнение верхней части трубы БИК (в схеме «Е»), а также обсадных труб, оставшихся после извлечения направляющих труб. Заполнение осуществляется вручную при помощи воронки, устанавливаемой в трубу и ведра с глиняной смесью.

Единовременно засыпка производится через одну трубу БИК или трубу направляющую. Остальные отверстия, для предотвращения попадания вытесняемого из РП запыленного воздуха в ЦЗ, закрываются временными заглушками. Вытяжка организуется через системы штатной вытяжной вентиляции или систему вакуумного отсоса.

Выравнивание и уплотнение глиняной смеси производится глубинным вибратором.

Контроль заполнения осуществляется визуально, с помощью телевизионной установки, через свободную трубу направляющую или трубу БИК.

После завершения работ все отверстия в реакторном пространстве герметизируются заглушками.

Схема размещения оборудования для засыпки реакторного пространства глиняными смесями, а также схемы отдельных технологических операций представлены в приложении Б.

### **3.5.8 Заполнение трактов технологических каналов**

Засыпка трактов технологических каналов осуществляется при помощи воронки устанавливаемой в каждый тракт. Подача смеси проводится вручную – ведром. Схема засыпки тракта технологического канала показана в приложении Б.

Контроль уровня заполнения осуществляется мерной штангой.

После засыпки трактов технологических каналов проводится герметизация трактов, а также иных, выполненных ранее технологических отверстий заглушками.

### 3.6 Номенклатура материалов защитных барьеров за пределами шахты реактора

#### *Глиняные смеси*

Для заполнения помещений вне шахты аппарата используют увлажненные глиняные смеси. Глиняные смеси приготавливаются на основе глины порошкообразной, исходным сырьем для которой является природная глина.

Для заполнения технологических шахт используются глинистые растворы, которые также изготавливаются на основе глины порошкообразной

Свойства глины порошкообразной и исходного сырья (глины природной) для её получения представлены в таблице 18.

#### *Бетонные, растворные смеси и их составляющие*

Бетонные смеси при создании барьеров вне шахты аппарата используются для заделки проёмов, выполнения технологических опорных конструкций и т.д.

Для создания барьеров вне шахты аппарата применяются бетонные смеси аналогичные описанным в разделе 3.3.

#### *Композиция ГАЛКА-ТЕРМОГЕЛЬ-НТ*

Для создания противотриационного барьера используется композиция ГАЛКА-ТЕРМОГЕЛЬ-НТ. Состав композиции представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Состав композиции ГАЛКА-ТЕРМОГЕЛЬ-НТ

<b>Компонент</b>	<b>Концентрация, % масс.</b>
Полигидрохлорид алюминия (АКВА - АУРАТ ФФ-30)	12
Карбамид (мочевина)	16
Гексаметилентетрамин (уротропин)	6
Вода пресная	66

Композиция ГАЛКА-ТЕРМОГЕЛЬ-НТ является маловязкой пожаробезопасной жидкостью на водной основе. По физико-химическим показателям композиция ГАЛКА-ТЕМОГЕЛЬ-НТ должна соответствовать значениям, указанным в таблице 20.

Таблица 20 – Физико-химические показатели композиции ГАЛКА-ТЕРМОГЕЛЬ-НТ при 20°C

<b>Компонент</b>	<b>Концентрация, % масс.</b>
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1086
Вязкость, мПа·с	2,0
Водородный показатель, ед. рН	4,2
Температура замерзания, °С	Минус 7,6

#### *Источники поступления материалов*

Источники поступления природной глины для приготовления глиняных смесей, а также источники поступления бетонных смесей аналогичны представленным в разделе 3.3.

Исходным сырьем для приготовления гелеобразующей композиции ГАЛКА-ТЕРМОГЕЛЬ-НТ являются полигидроксохлорид алюминия (АКВА-АУРАТ АА-30), карбамид (мочевина), гексаметиленetetрамин (уротропин) и пресная вода. Полигидроксохлорид алюминия и гексаметиленetetрамин поставляются в мешках по 25 кг, карбамид в полипропиленовых мешках по 50 кг или в мешках МКР по 500 кг. Сырье автотранспортом доставляется на площадку, разгружается и хранится на складе исходного сырья.

Пресная вода, используемая для технологических нужд, берется из существующих скважин, расположенных на площадке.

### 3.7 Оборудование для создания защитных барьеров вне шахты аппарата

Основное оборудование для приготовления сухих глинистых смесей представлено в таблице 18 (смотри п. 3.4)

Основное оборудование для создания защитного барьера по технологии закачки глинистых растворов представлено в таблице 21.

Оборудование для бетонных смесей представлено в таблице 19 (смотри п. 3.4)

Основное оборудование для создания противofильтрационного барьера на основе композиция ГАЛКА-ТЕРМОГЕЛЬ-НТ представлено в таблице 22.

Таблица 21 – Основное оборудование для создания защитного барьера по технологии закачки глинистых растворов

Наименование оборудования	Назначение
Агрегат штукатурный АШС-2500	Приготовление и подача готовой глиняной смеси
Насос дренажный ГНОМ 10/10	Откачивание фильтрата из заполненного помещения после отстаивания смеси.
Станок бурильный 2СБУ-100-32М	Бурение отверстий в перекрытиях помещений для закачки раствора и откачки фильтрата

Таблица 22 - Основное оборудование для создания противofильтрационного барьера

Наименование оборудования	Назначение
Емкость с перемешивающим устройством $V = 25 \text{ м}^3$	Приготовление компонента А раствора
Емкость с перемешивающим устройством $V = 50 \text{ м}^3$	Приготовление компонента Б раствора
Автоцистерны для приготовленных растворов	Перемещение компонентов раствора
Емкость-смеситель с дозатором	Смешение компонентов А и Б

<b>Наименование оборудования</b>	<b>Назначение</b>
	раствора
Насосные агрегаты	Закачка раствора в скважины
Буровая установка	Бурение скважин
Устьевое оборудование скважины	Обустройство скважины
Инъектор	Нагнетание раствора в скважину
Погрузчики	Перемещение реагентов

### **3.8 Технологический процесс создания защитного барьера вне шахты аппарата**

В настоящем разделе показана технология создания защитных барьеров вне шахты аппарата до отметки 0,000 м. Демонтаж здания и создание защитного кургана рассматривается в разделе 6 и 7 проекта «Вывод из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора ЭИ-2 по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте»

Создание дополнительных защитных барьеров вне шахты аппарат предусматривается в два этапа:

1 этап – создание защитного барьера внутри подземных помещений захораниваемого объекта;

2 этап – создание защитного барьера снаружи захораниваемого объекта.

Создание защитного барьера внутри подземных помещений предусматривает заполнение помещений уплотненными глиняными смесями. Заполнение технологических шахт, а также тех объемов в помещениях, в которых укладка и уплотнение смеси невозможна, осуществляется закачиванием глинястых растворов, с отстаиванием и утилизацией фильтрата.

Создание защитного барьера снаружи захораниваемого объекта предусматривает закачивание раствора гелеобразующей композиции по периметру захораниваемого объекта.

Работы по созданию барьеров внутри и снаружи захораниваемого объекта допускается проводить одновременно.

Общий вид аппарата после завершения работ вне шахты аппарата показан в приложении **Б**.

### **3.8.1 Создание защитного барьера внутри подземных помещений захораниваемого объекта**

Технологический процесс создания защитного барьера внутри объекта включает в себя следующие основные стадии:

- 1 – прием и подготовка глины;
- 2 – подготовка помещений к заполнению, включая демонтаж оборудования;
- 3 – оборудование зоны проведения работ, установка необходимого технологического оборудования;
- 4 – заполнение помещений вмещающими породами;
- 5 – контроль полноты заполнения;
- 6 – демонтаж и дезактивация (при необходимости) оборудования.

Подготовка глины производится по технологии разработанной ТПИИ ВНИПИЭТ [7] для создания внутреннего защитного барьера внутри приреакторных хранилищ.

Подготовка глины осуществляется в здании №357.

Исходное сырьё - глина завозится с карьера машинами типа КАМАЗ грузоподъёмностью 8 тонн. Глина из машин высыпается и хранится россыпью на складе исходного сырья.

Подготовка глины включает сушку и измельчение глины.

Подсушивания исходного сырья осуществляется за счёт работы термовентиляторов. Измельчение глины осуществляется в две стадии: с помощью грохота вибрационного с вибрирующим столом глина измельчается до фракции 5 мм, затем, с помощью мельницы вибрационной глина измельчается до фракции 0,1 мм. Посредством приёмного бункера с тензодатчиками измельченная партиями по 50 кг глина упаковывается в крафт - мешки.

Упакованные крафт - мешки при помощи тележки отвозятся на склад приготовленной глины, откуда измельчённая глина по мере необходимости подаётся к месту проведения работ.

Схема приготовления сухих глиняных смесей показана в приложении **Б**.

Заполнение помещений глиняными смесями осуществляется поэтапно (каждый этап – заполнение отдельной отметки). Отметки заполняются последовательно – начиная с нижней.

Заполнение помещений отметки проводится поэтапно, по заранее разработанному регламенту.

Перед заполнением, необходимо выполнить демонтаж оборудования в помещении, отключить и демонтировать существующие (штатных) инженерные системы и осуществить монтаж временных коммуникаций и технологического оборудования.

Заполнение помещений осуществляется увлажненными глиняными смесями послойно (с уплотнением каждого уложенного слоя). Технология доставки глиняных смесей в помещения, их укладки и уплотнения в настоящее время разрабатывается ОАО «СХК».

Во время заполнения помещений проводится одновременное захоронение на месте оборудования, демонтаж и вывоз которого признан нецелесообразным. Пустоты захораниваемого оборудования заполняются глиняными смесями.

Приготовление глинистых растворов для заполнения технологических шахт осуществляется штукатурной станцией. Готовый раствор подается к месту проведения работ по бетоноводу и закачивается в шахту. После отстаивания закаченного раствора проводят откачку фильтрата и его утилизацию в спецканализацию.

Контроль заполнения осуществляется визуально. В труднодоступных местах – с помощью телекамер.

После завершения работ по созданию защитного барьера осуществляется демонтаж и дезактивация оборудования.

### **3.8.2 Технологический процесс создания защитного снаружи захораниваемого объекта**

Противофильтрационный барьер вокруг подземной части захораниваемого объекта создается по технологии организации защитного барьера безопасности снаружи приреакторного хранилища РАО, разработанной ТПИИ ВНИПИЭТ [7].

Противофильтрационный барьер организуется путем закачивания раствора гелеобразующей композиции по периметру захораниваемого объекта.

Создание противофильтрационного барьера включает последовательно следующие виды работ:

- подготовительные и вспомогательные работы, включая приготовление растворов для получения гелеобразующей композиции;
- бурение скважин и работы по погружению в грунты иньекторов, а также оборудование иньекционных скважин;
- нагнетание раствора гелеобразующей композиций в грунты;
- извлечение иньекторов и ликвидация иньекционных скважин;
- работы по контролю качества закрепления.

До начала основных работ на площадке выполняются подготовительные и вспомогательные работы. В период подготовительных работ следует:

- выполнить подготовку и планировку территории вокруг объекта, для чего очистить территорию от кустарников, деревьев, травы;
- обустроить территорию проведения работ (подвести электроэнергию, водопровод, обеспечить промканализацию);
- выполнить мероприятия, обеспечивающие производство работ и контроль качества закрепления.

В последующий период вспомогательных работ следует:

- разместить в 357 здании реагенты для приготовления композиции ГАЛКА-ТЕРМОГЕЛЬ-НТ и материалы, обеспечив их складирование и хранение;
- в здании 357 смонтировать оборудование и подводящие коммуникации для узла приготовления растворов гелеобразующей композиции;
- оборудовать временную площадку с навесом около объекта проведения работ для установки емкости-смесителя приготовления раствора гелеобразующей композиции;
- выполнить разметку мест бурения инъекционных скважин, обеспечив их плановую и повысотную привязку.
- в зависимости от состояния грунта около объекта проведения работ определить расчетные радиусы закрепления грунта вокруг иньектора. Скважины должны находиться максимально близко к стене.
- произвести приготовление гелеобразующих растворов рабочих концентраций;
- выполнить контрольные работы по закреплению грунтов согласно проекту.

#### *Бурение скважин и работы по погружению иньекторов в грунты*

Погружение иньекторов в грунты для последующей иньекции растворов гелеобразующей композиции производится буравой установкой в предварительно пробуренные инъекционные скважины.

Сооружение инъекционных скважин проводится механическим ударно-канатным способом бурением.

Механический ударно-канатный способ выполняется в такой последовательности: спуск и подъем ударной штанги, разрушение породы забоя буровым стаканом, очистка бурового стакана от породы. При бурении текучих глинистых грунтов и обводненных песков очистка забоя проводится желонкой.

Инъекционные скважины должны быть строго ориентированы относительно вертикали, не иметь трещин и глубоких борозд на стенках. По окончании бурения скважину следует очистить от насыпанного грунта до проектной глубины специальным стаканом типа грунтоноса и закрыть деревянной пробкой. Выдаваемый буровыми стаканами грунт должен убираться с таким расчетом, чтобы обеспечить использование его в последующем для тампонирования.

Скважины бурят на расстоянии 1 м от стенки захораниваемого объекта, с шагом 6 м в два ряда. Скважины располагаются в шахматном порядке. Расстояние между рядами 3 метра. Скважины бурят на глубину ниже отметки дна объекта на 1 м. Расположение скважин около захораниваемого объекта представлено на рисунке 14.

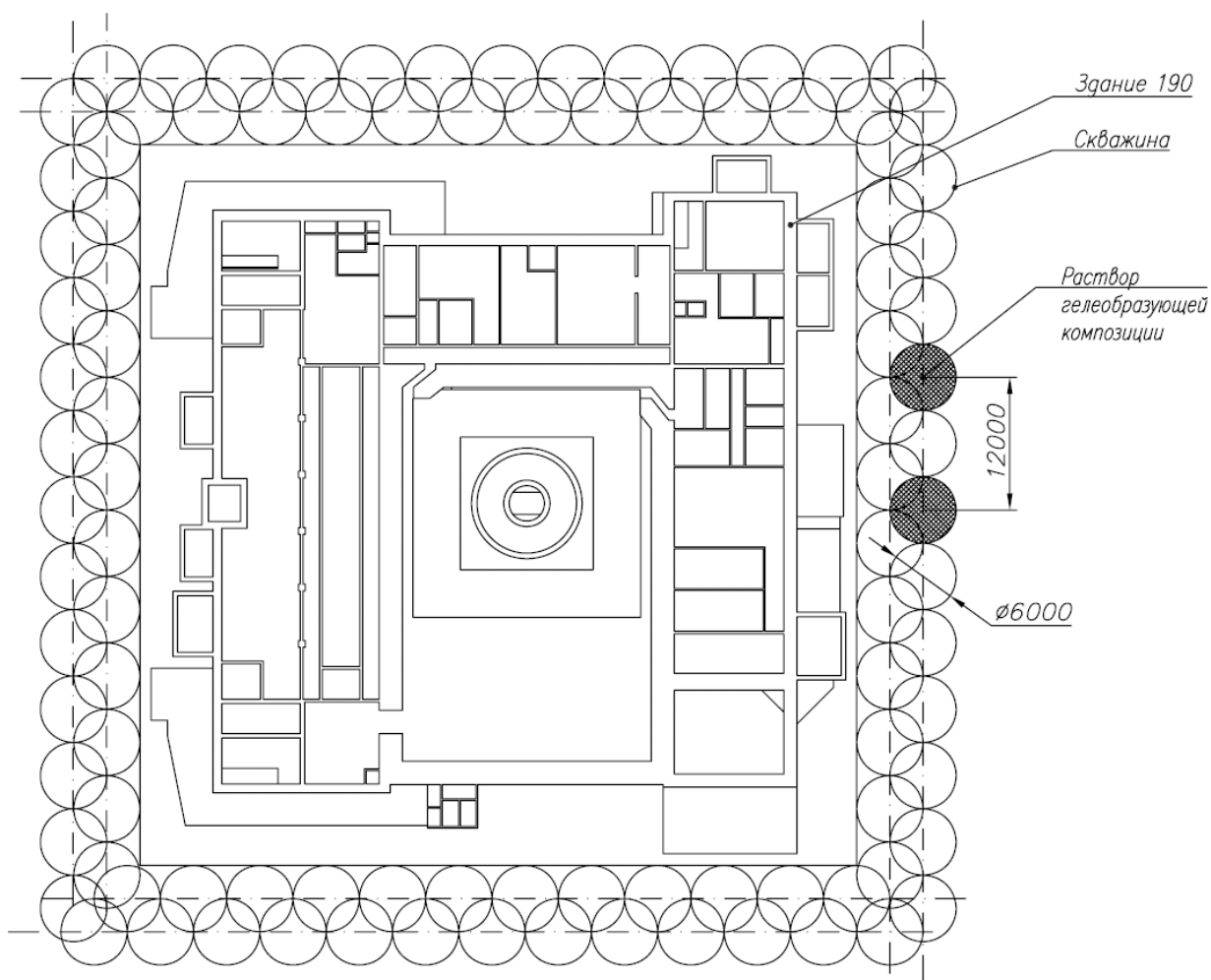


Рисунок 14 – Схема расположения скважин около захораниваемого объекта.

В пробуренную скважину опускается иньектор, представляющий собой конструкцию, состоящую из отстойника с заглушкой, перфорированной трубы длиной 14 м и труб длиной по 6 м, на которых опускается перфорированная часть иньектора и отстойник с заглушкой.

Для предупреждения выбивания раствора при нагнетании скважины необходимо бурить на двойном расстоянии друг от друга в плане, т.е. через одну. После завершения нагнетания по первой группе скважин производится бурение скважин и нагнетание растворов в скважины второй очереди.

#### *Нагнетание растворов гелеобразующей композиции в грунты*

Для нагнетания растворов гелеобразующей композиции в грунты необходимо использовать насосы, позволяющие осуществлять нагнетание раствора с регулировкой его плотности и расхода.

Закачивание раствора гелеобразующей композиции осуществляется в следующем порядке: сначала закачивается раствор гелеобразующей композиции в скважины, расположенные на расстоянии 12 метров друг от друга. После закрепления растворов в закаченных скважинах, закачивается раствор гелеобразующей композиции в средние скважины, что бы избежать неравномерности образования допустимого барьера вокруг хранилища. Минимальное время гелеобразования 5 часов. Радиус закрепления грунта ~ 3-4 м

После окончания иньекционных работ иньекторы извлекаются из грунта буровой установкой. Во избежание выбивания растворов через использованные скважины впоследствии тампонируются грунтом, смешанным с цементом.

После завершения работ на отдельных фрагментах обсадные трубы извлекаются из скважин, которые потом ликвидируются глино-цементным или цементно-песчаным раствором. Ликвидация скважин производится через опущенную на забой и постепенно поднимаемую трубу.

### **3.9 Обоснование выбора материалов защитных барьеров**

При эксплуатации реактора его защитные барьеры обеспечивали радиационную и экологическую безопасность, их целостность и эффективность постоянно контролировались. После остановки реактора для ВЭ штатные барьеры сохраняются. Их функция в новых условиях заключается в обеспечении изоляции высокоактивного оборудования реактора и исключении выхода активности в окружающую среду (горную породу, водоносный горизонт, воздушное пространство). Для долговременной изоляции радионуклидов в пределах шахты реактора и в местах хранения РАО в течение длительного времени существующих барьеров недостаточно, потребуется их дополнение и усиление вновь создаваемыми защитными барьерами.

В графитовой кладке сосредоточено основное количество радионуклидов остановленного реактора. Графитовые блоки имеют загрязнение объемное (в основном за счет активации примесей) и поверхностное (за счет различных аварийных ситуаций и в значительно меньшей степени за счет активационных процессов). Поверхностное загрязнение при контакте с метеорными или грунтовыми водами достаточно легко переходит в жидкую фазу и может распространяться с ней в объеме модуля, если возникнут условия для ее движения.

#### **3.9.1 Обоснование использования глинистых материалов в качестве материала засыпки графитовой кладки**

В полном объеме требованиям (см. раздел 3.2), предъявляемым к материалам защитных барьеров отвечают На-бентонитовые глины, состоящие в основном из монтмориллонита ( $\geq 60\%$ ). Вследствие того, что выбор компонентов для барьерных композиций основывается на оценке сорбционной способности грунтов, их влагопроницаемости, доступности и экологической целесообразности применения, было предложено заменить

бентонитовые глины полностью или частично на более дешевые местные глинистые материалы.

В ходе исследований оказалось, что такой же сорбционной способностью, как и хакасский бентонит, по отношению к радионуклидам  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  обладают глины с высоким содержанием илистой фракции ( $>23\%$ ). Глины, высушенные при  $70-110^\circ\text{C}$  и размолотые до размера частиц  $\leq 0,1$  мм, при сорбции на них  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  имели высокие коэффициенты распределения ( $K_p$ ) в пределах  $10^3-10^4$ , для  $^{90}\text{Sr}$ , наименее сорбируемого из исследуемых радионуклидов,  $-1-3 \cdot 10^2$   $\text{cm}^3/\text{г}$ . Гидравлическая проводимость глины после такой обработки будет находиться в прямой зависимости от степени уплотнения при изготовлении барьеров в захораниваемом объекте и от минералогического состава материала засыпки.

Из экспериментальных результатов следует, что все исследованные природные глины, насыпанные в навал без дополнительного уплотнения (плотность  $\sim 1$   $\text{г}/\text{см}^3$ ), фильтруют пластовую воду даже при градиентах напора, равных 1-2. Оказалось, что только при уплотнении до  $2,0-2,2$   $\text{г}/\text{см}^3$  глинистых пород с влажностью 16-26% (значение близкое к природной влажности) достигалась полная их влагонепроницаемость практически для всех изученных образцов глин. Из этих данных следует, что закладка техногенных барьеров способом засыпки измельченных сухих глин не гарантирует предотвращение фильтрации воды в захораниваемый объект [8]. Этот эффект может быть достигнут при использовании уплотненных влажных глин. Для достижения требуемой степени уплотнения используется специальное оборудование.

В случае если при изготовлении дополнительных барьеров безопасности невозможно использовать операции уплотнения глинистых материалов без разборки или перегрузки РАО, получить водонепроницаемые глины можно только за счет изменения их минералогического состава, например, за счет введения в них 10-15% хакасского бентонита.

Тонкодисперсный материал глин после добавки хакасского бентонита изменяет свое морфологическое строение. Формируется сплошной фон тонкодисперсного неагрегированного бентонита, включающий отдельные частицы каолинита размером ~0,2 мкм и галлуазита 5,3 x 0,09 мкм. В этой смеси формируется сплошной диффузный фон бентонита, обволакивающий частицы глинистых минералов породы, что приводит к кольматации пор.

Наличие хакасского бентонита в таких количествах обеспечивает глинистым композициям водонепроницаемость практически при любых способах загрузки.

Таким образом, создается принципиальная возможность загрузки действующего помещений без разборки или перегрузки РАО путем закачки тонкоизмельченной глинистой композицией.

Следует иметь в виду, что при переменной влажности (в условиях подсыхания – увлажнение) возможно образование трещин в глинистом слое. Введение добавки бентонитовых глин в глинистые композиции делает возможной многократную кольматацию («заращивание» трещин за счет разбухания), тем самым снижая риск возникновения фильтрации воды через хранилища в процессе их длительной эксплуатации.

На протяжении нескольких лет ОАО «СХК» совместно с ИФХЭ РАН проводились исследования по изучению свойств различных материалов с целью использования этих материалов в качестве защитных барьеров [4]. В частности рассматривались:

- гранулометрический состав (преимущество имеют глинистые породы с «тяжелым» гранулометрическим составом - выход илистой фракции >30%);
- минералогический состав (присутствие в илистой фракции свыше 50% монтмориллонита и смешаннослойных минералов; наличие железосодержащих и глинистых пленок на поверхности зерен минералов крупных фракций; минимальное содержание карбонатов);

- волнофизические свойства (отстаивание, растекаемость, подвижность);
- ёмкость катионного обмена (преимущество имеют глинистые породы с «тяжелым» гранулометрическим составом - выход илистой фракции >30%);
- сорбционные свойства (неселективность по отношению к элементам с различными химическими свойствами);
- диффузия (тяжелые суглинки, глины).

Выполненные исследования показали, что наиболее подходящими по свойствам для создания защитных барьеров являются природные материалы с повышенным содержанием глинистой составляющей.

В отличие от традиционно используемого барьерного материала бентонита, запасы глинистой породы местных месторождения неограниченны, имеют низкую стоимость, практически не набухают, обладают высокой сорбционной ёмкостью по отношению к  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , урану и трансурановым элементам.

Учитывая вышеизложенное, принято решение об использовании глинистых пород местных месторождения в качестве материала, для создания внутреннего дополнительного защитного барьера.

### **3.9.2 Обоснование использование композиции ГАЛКА-ТЕРМОГЕЛЬ-НТ для формирования противofильтрационного барьера**

С апреля 2009 г. ИХН СО РАН проводились НИР по теме: «Разработка технологии поставки дополнительных барьеров безопасности в условиях наземных хранилищ РАО СХК» [26]. На основании проведенных исследований гелеобразования, физико-химических и реологических характеристик растворов и гелей, результатов фильтрационных опытов для проведения опытно-промышленных работ по формированию

противофильтрационных экранов в условиях наземных хранилищ РАО СХК рекомендованы следующие композиции:

- ГАЛКА-ТЕРМОГЕЛЬ-НТ, содержащая 12% масс, полигидроксохлорида алюминия (АКВА-АУРАТ АА-30), 16% масс, карбамида (КБ) и 6% масс, уротропина;
- БАКУП, содержащая 5% поливинилового спирта (ПВС 16/1), 1% масс, борной кислоты (БК), 6% масс полигидроксохлорида алюминия (АКВА-АУРАТ АА-30), 8% масс, карбамида (КБ) и 6% масс, уротропина.

При этом при проведении опытно-промышленных работ для постановки дополнительных барьеров безопасности с противофильтрационными свойствами на небольших глубинах (до 50 м) в условиях наземных хранилищ РАО СХК при формировании противофильтрационного экрана типа «стена в грунте» путем закачки через нагнетательные скважины, предпочтительно применение композиции ГАЛКА - ТЕРМОГЕЛЬ-НТ.

Для формирования противофильтрационного экрана вокруг неглубоких хранилищ путем выемки грунта (канавы) с последующей загрузкой грунта, обработанного композицией, предпочтительно применение композиции БАКУП.

В качестве материала для создания наружного защитного барьера для захораниваемого объекта предлагается использовать композицию ГАЛКА-ТЕРМОГЕЛЬ-НТ.

## **4 Материалы подраздела "Технологические решения" раздела 5 проекта ВЭ реактора ЭИ-2 в части технологических решений по системе мониторинга**

### **4.1 Назначение и область применения мониторинга**

#### *Назначение*

Мониторинг выводимого из эксплуатации здания реактора ЭИ-2 осуществляется с целью контроля за возможным загрязнением окружающей среды и подразумевает ведение радиационного и химического контроля. Наиболее важной задачей мониторинга является контроль за миграцией радионуклидов из графитовой кладки реактора в воду и почву, который осуществляется при помощи бурения контрольных скважин.

#### *Область применения*

Расположение контрольных скважин следует выбирать исходя из гидрогеологических условий размещения контролируемого объекта. Мониторинг здания 190 реактора ЭИ-2 ведется на территории площадки размещения РЗ-5 ОАО «СХК».

В верхней части геологического разреза площадки можно выделить следующую гидрогеологическую стратификацию:

- зона аэрации (ненасыщенная зона);
- водоносный горизонт лагернотомской свиты;
- водоупорный горизонт новомихайловских глин.

Зона аэрации представлена, сверху вниз, насыпным грунтом мощностью 24,0-25,7 м. В составе геологического разреза по физическим и фильтрационным свойствам выявлены следующие разности отложений зоны аэрации (таблица 23).

Наличие влажных песков в основании третьей надпойменной террасы предполагает возможность появления верховодки в период весеннего

снеготаяния. Водоупором для верховодки будут служить глинистые прослои лагернотомской свиты.

Водоносный горизонт лагернотомской свиты на площадке имеет повсеместное распространение, приурочен к песчаным прослоям нижней части геологического разреза. Водоносный горизонт обладает местным напором величиной до 4 м, вскрывается на глубине 24,0-25,7 м от поверхности земли в районе зд. 190.

Таблица 23 - Физические и фильтрационные свойства пород зоны аэрации

Наименование пород зоны аэрации	Физические свойства пород		Фильтрационные свойства пород
	Влажн. W, %	Пористость П, %	Коэфф. фильтр., Кф, м/сут
Насыпной грунт (песок, суглинок с примесью строительного мусора)	10 - 23	36 - 42	0,05
Суглинок коричневый, легкий, туго- и мягкопластичный с тонкими прослойками песка	15 - 25	30 - 41	0,004
Глина серая бурая твердая	20 - 26	35 - 43	0,001
Песок серый желтый средней крупности реже мелкий	4 - 8	34 - 37	0,6-2,0
Песок коричневый пылеватый реже мелкий	4 - 10	31 - 39	0,4

Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, притока с водораздела коренного берега и утечек из водонесущих коммуникаций. Разгрузка горизонта происходит в водоносный горизонт второй надпойменной террасы р. Томь.

Особенность гидрогеологических условий площадки – единая гидродинамическая поверхность водоносного горизонта третьей надпойменной террасы и водоносного горизонта кочковской свиты, породы которой залегают на коренном берегу р. Томь. Эти два горизонта формируют

единый первый от поверхности водоносный горизонт (горизонт грунтовых вод). В региональном плане поток движется с коренного берега, проходит по третьей террасе и разгружается в водоносный горизонт второй надпойменной террасы р. Томь. Уклон пьезометрической поверхности грунтового горизонта на исследуемой территории имеет западное и юго-западное направление в сторону р. Томь – главной водной артерии региона, величина уклона поверхности изменяется от 0,005 до 0,04 и определяется особенностями рельефа местности.

Горизонт имеет следующие характеристики: мощность обводненной зоны составляет 4-6 м; коэффициент фильтрации  $K_f$  водовмещающих песков варьируется от 0,5 до 1,0 м/сут, соответственно, проводимость лагернотомского горизонта изменяется от 1 до 5 м<sup>2</sup>/сут; величина напорного градиента горизонта на этом участке составляет от 0,02 до 0,04.

Нижняя водоупорная глинистая толща, приуроченная к новомихайловским образованиям, служит основанием для грунтового водоносного горизонта.

## 4.2 Описание системы мониторинга

На данный момент на промплощадке, в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и зоне наблюдения (ЗН) ОАО «СХК» существует система радиационного контроля (СРК) за:

- остановленными реакторными установками И-1,ЭИ-2,АДЭ-3 (вместе со вспомогательными, в том числе радиационно-опасными зданиями и сооружениями);
- состоянием атмосферного воздуха;
- состоянием надземных и подземных вод;
- состоянием почвы;
- состоянием растительности на площадке №2.

Пункты мониторинга представлены на рисунке 15.

СРК включает в себя автоматизированные средства контроля радиационных показателей, средства проботбора, периодического контроля и комплекс лабораторий и мастерских.

Радиационный контроль окружающей среды (ОС) является подсистемой радиационного контроля (РК) СХК в целом.

РК ОС включает автоматизированную систему контроля радиационной обстановки (АСКРО) и систему периодического контроля, включающую лабораторные методы контроля радиационных параметров в составе экологического центра.

АСКРО включает разветвленную сеть периферийных постов контроля (ПК) на местности на территории промплощадки, СЗЗ и ЗН, центральный пост контроля (ЦПК), метеопост с метеомачтой, линии связи между периферийными ПК на местности, ЦПК и устройств передачи информации о радиационной обстановке.

Периферийные ПК на местности образуют два барьера контроля вокруг установок:

- первый по периметру промплощадки;

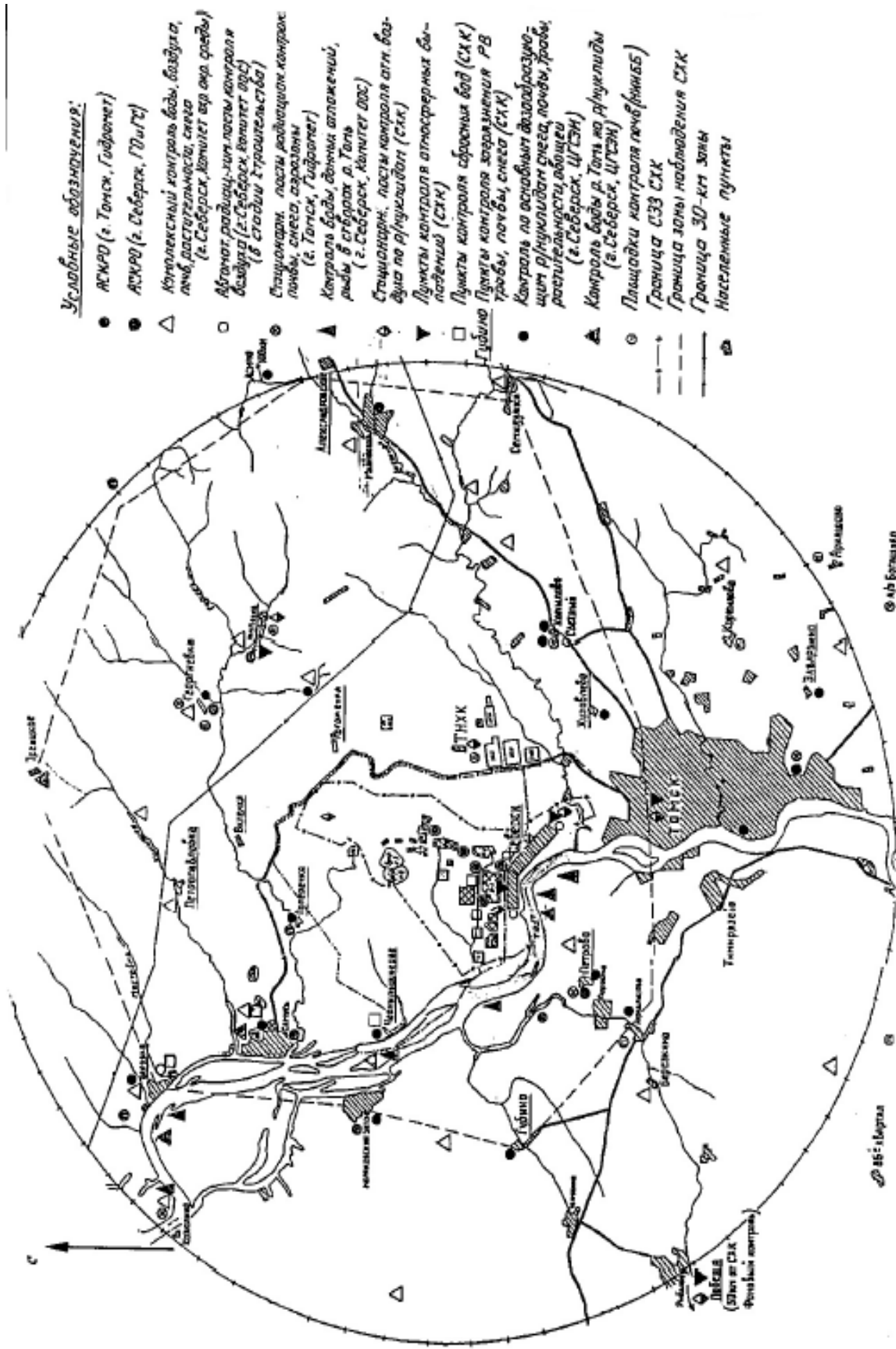


Рисунок 15 – Пункты мониторинга

ЗН, включая весь г. Северск, часть г. Томск и в др. населенных пунктах.

На ЦПК располагаются устройства передачи информации о радиационной обстановке: руководству ООТ и РБ, администрации СХК, ЗПУПД, штабам ГО района и области, Министерству РФ по атомной энергии, Госсанэпиднадзору Минздрава РФ, МЧС и ГО РФ и ЕГ АСКРО. Организационная структура АСКРО СХК приведена на рисунке 16.

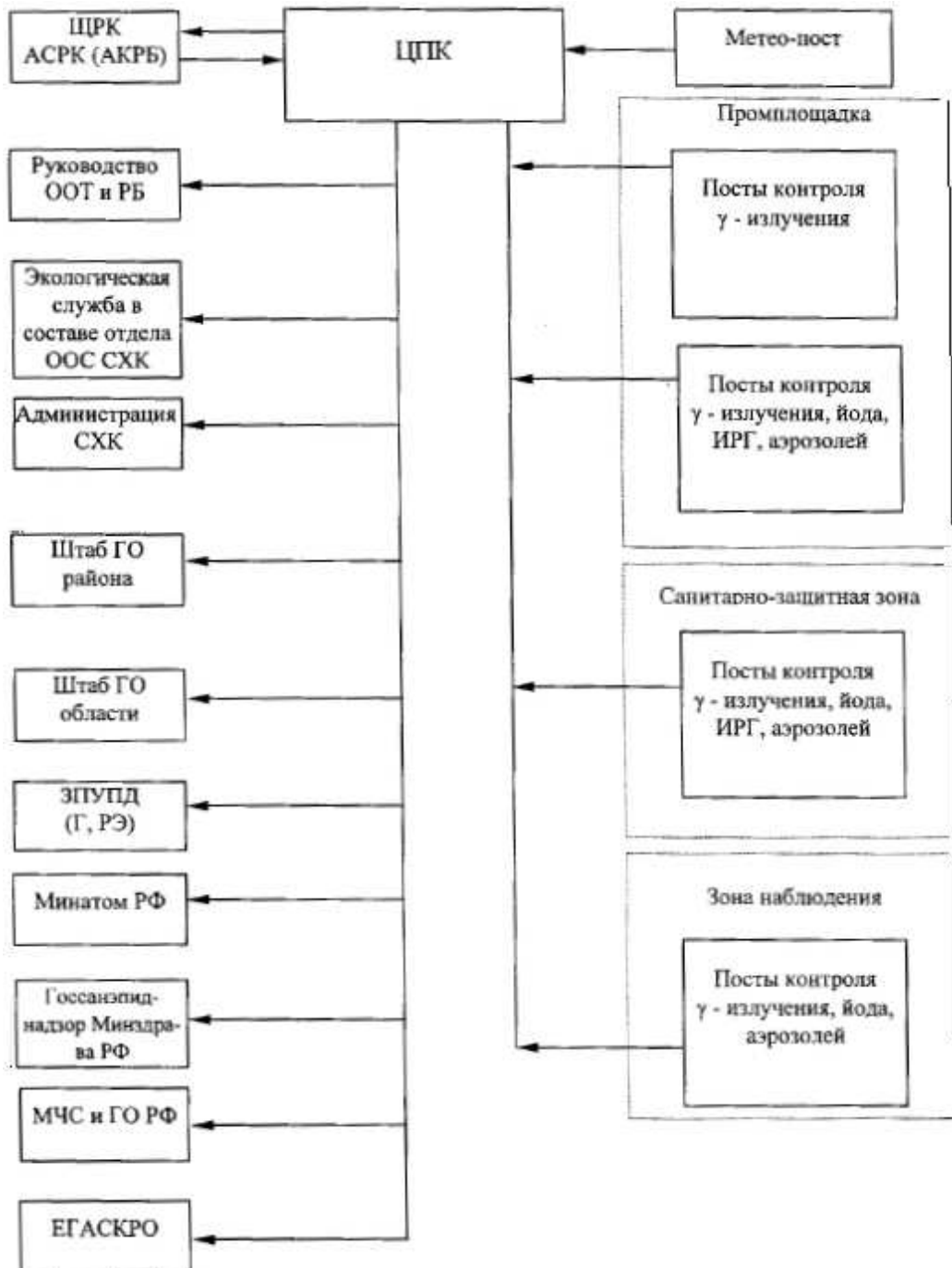


Рисунок 16 - Организационная структура АСКРО СХК

*Система контроля за уровнем, химическим, термическим и радиационным составом подземных вод*

Система ПК и получения информации в составе сети контрольных скважин обеспечивает наблюдение за изменением уровня, температуры, химического и радиационного состава подземных вод в границах РЗ-5 и СХК в целом.

Имеющаяся сеть скважин может быть использована для осуществления мониторинга выводимого из эксплуатации здания реактора ЭИ-2.

Учитывая, что здание реактора ЭИ-2 является не единственным возможным источником загрязнения грунтовых вод, и разгрузка происходит в юго-западном направлении в реку Томь, для контроля за состоянием грунтовых вод проектом предусматривается две линии контрольных скважин.

Первая линия располагается в непосредственной близости от сооружения по периметру здания. Расположение скважин по периметру обуславливается необходимостью оценки состояния и характеристик подходящей к зданию реактора воды для определения доли ее загрязненности, приходящейся на здание реактора. Для этого используются скважины 12 и 48 с северо-запада и с юго-запада (рисунок 17) и предполагается бурение еще двух скважин по периметру зданий.

Вторую линию скважин предполагается расположить в направлении разгрузки грунтовых вод (юго-западное направление).

Расстояние между скважинами в направлении предполагаемой разгрузки грунтовых вод 20-30 м, а в остальной части периметра ~30-40м.

Конструкция скважин представлена следующим образом: в качестве основы служит эксплуатационная колонна диаметром 89х3,5 мм с перфорацией в нижней части для подвода воды. Вокруг эксплуатационной колонны отсыпается двухслойный обратный фильтр: крупнозернистый песок  $\delta=100$  мм и среднезернистый песок  $\delta=100$  мм. Для отсыпки обратного фильтра используются временные обсадные трубы диаметрами 325х7,0 и

530x10,0. В верхней части делают цементный или глинистый замок на глубину до 0,5 м для лучшей фиксации эксплуатационной колонны и предупреждения загрязнения водоносного горизонта извне, а колонну оборудуют охранным оголовком.

При снижении песка в обратном фильтре до уровня кровли водоносного горизонта необходимо снять цементный замок и выполнить досыпку песка до исходного уровня.

Скважины бурятся на глубину ~45 метров для отбора проб грунтовых вод первого водоносного горизонта (ориентировочно на 15 метров вглубь водоупорного горизонта). Перфорированная часть эксплуатационной колонны выполняется на высоту 15 метров от дна скважины, а обратный фильтр отсыпается на всю высоту скважины.

Конструкция контрольной скважины приведена на рисунке 18.

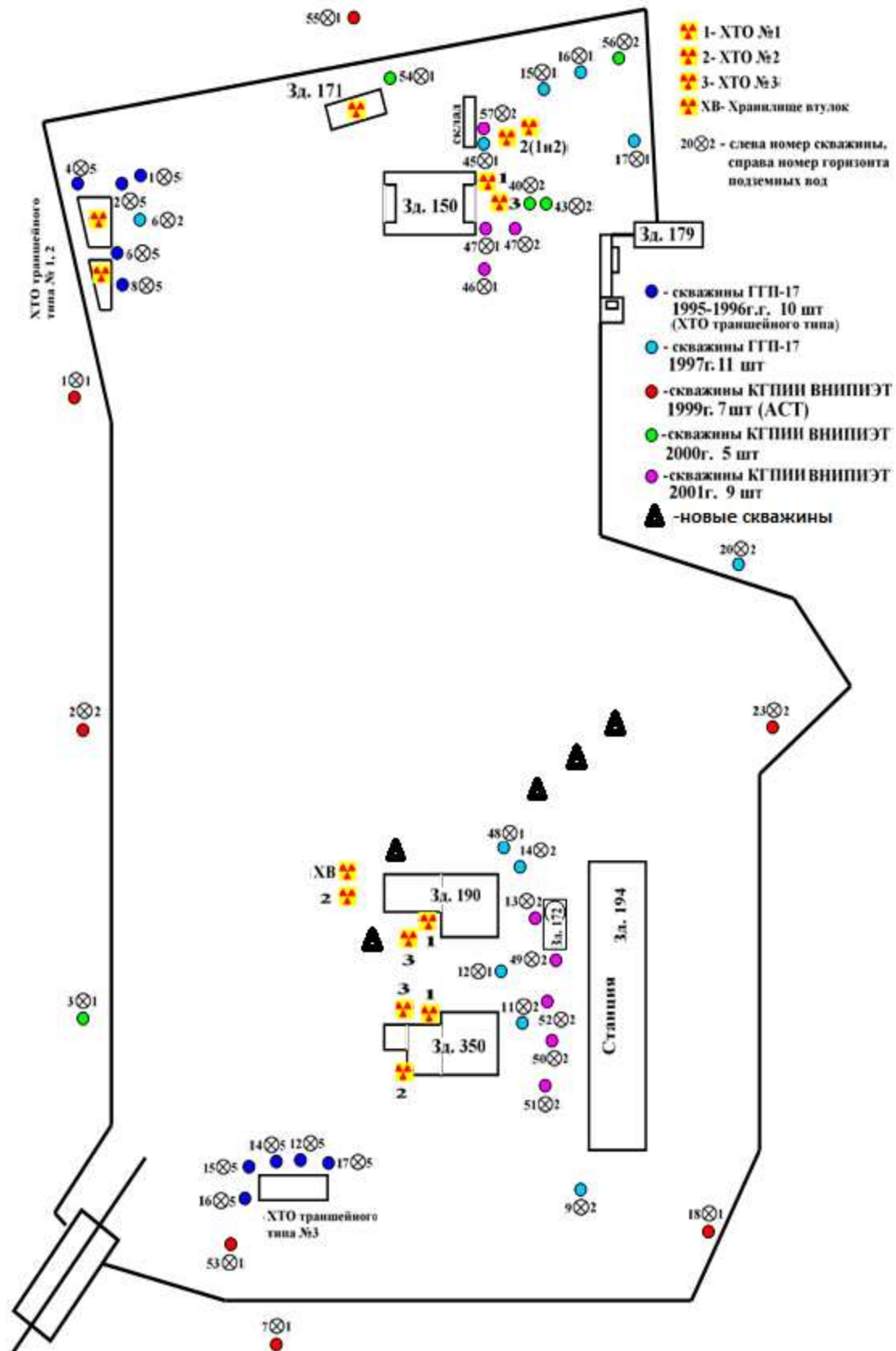


Рисунок 17 – Расположение контрольных скважин на площадке №2

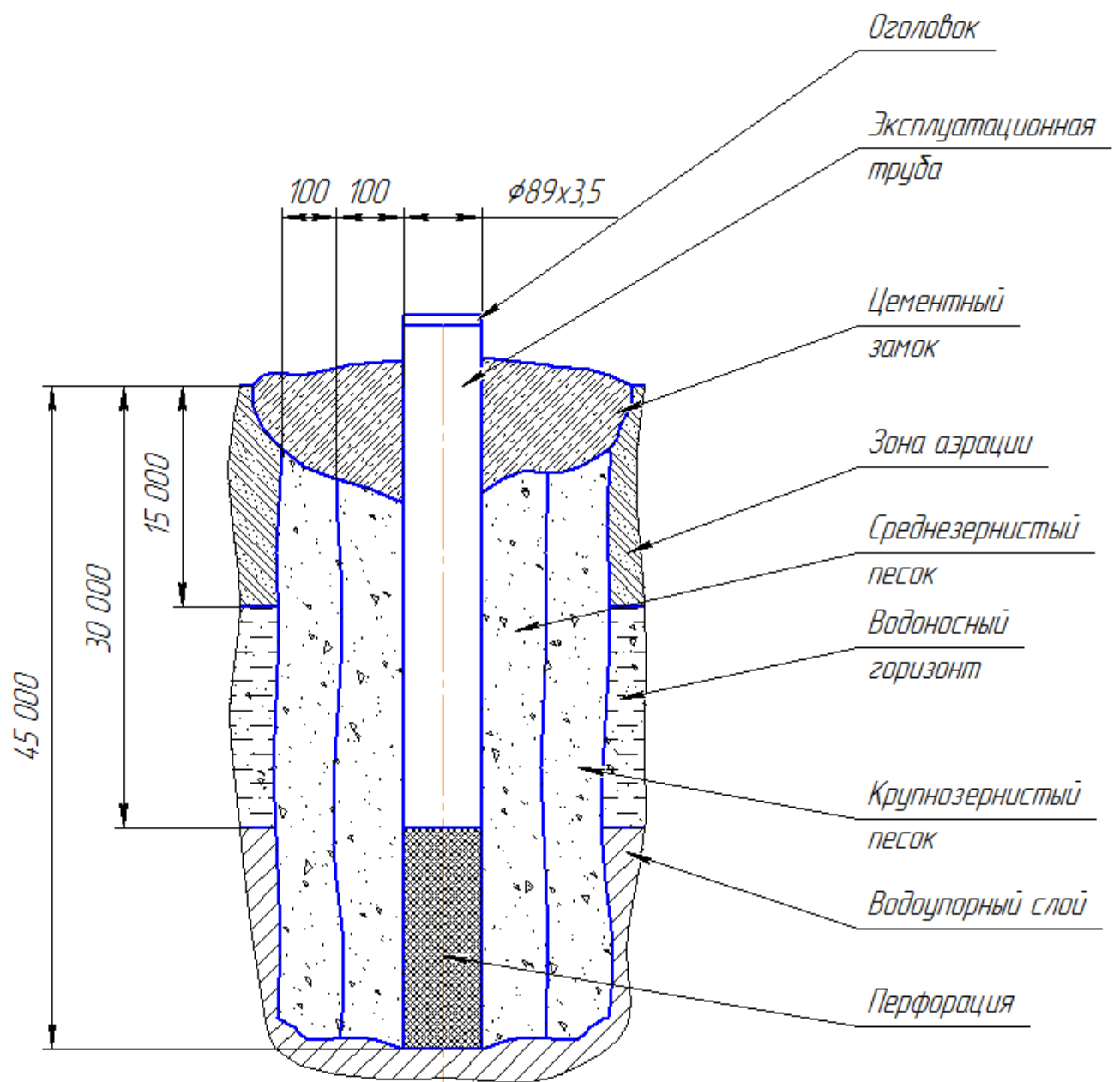


Рисунок 18 – Конструкция контрольной скважины

### *Система комплексных измерений и контроль параметров и загрязнения атмосферы*

Для оценки условий миграции радионуклидов в пограничном слое атмосферы на СХК организованы метеорологические и аэрологические наблюдения.

Аэрологические наблюдения проводятся непосредственно в районе размещения промплощадок. Цель этих работ – получение аэроклиматических характеристик, включающих:

- температурно-ветровой режим и устойчивость атмосферы;
- особенности местной циркуляции;
- условия атмосферной диффузии примесей в атмосфере.

Основной задачей метеорологических работ является проведение наблюдений за теми метеорологическими параметрами, которые необходимы для определения турбулентной диффузии и расчета приземных концентраций радиоактивных веществ. По данным метеонаблюдений прогнозируется характер распространения радиоактивных выбросов в атмосфере и уровни загрязнения местности и приземного слоя воздуха.

Пункт наблюдений загрязнения атмосферного воздуха на метеостанции СХК оборудован приборами ручного отбора проб воздуха и автоматизированной системой наблюдений и контроля ОС.

### *Система контроля за современными геологическими процессами, сейсмической обстановкой, состоянием грунтов*

Целью литомониторинга в период вывода из эксплуатации является учет изменений в грунтах.

В состав литомониторинга входят наблюдения за развитием опасных физико-геологических процессов, изменением физико-механических свойств грунтов под влиянием возможных аварийных утечек и сейсмических воздействий, за осадками, креном и общим состоянием строительных конструкций зданий под влиянием вышеуказанных факторов.

Контроль тектонических деформаций осуществляется методом повторных высокоточных нивелировок при наблюдениях за современными вертикальными движениями земной коры. На основании повторных измерений определяются численные характеристики контрастных вертикальных движений земной коры.

Для контроля за грунтами основания и осадками сооружений предусмотрена система глубинных реперов, располагаемых вне зоны распространения напряжений в грунтах, создаваемых весом сооружения.

#### *Организация периодических проверок степени радиоактивного загрязнения почвы*

Периодический контроль радиационного состава проб снега, почвы, поверхностных грунтовых вод осуществляется с целью оценки накопления и миграции радионуклидов на местности и водоемах.

Периодический контроль осуществляется в постоянных пунктах наблюдения, где размещаются посты контроля, путем отбора проб с дальнейшей их подготовкой и измерением в экологическом центре СХК. Посты контроля располагаются с учетом розы ветров в местах, доступных для автотранспорта и обслуживания в течение всего года, а также в населенных пунктах зоны наблюдения.

Пробы снега отбираются (на всю глубину снежного покрова) один раз в год в конце периода снегостояния.

Пробы почвы (верхний слой глубиной до 5 см) отбирают один раз в год в направлении господствующих ветров, в местах расположения постов контроля.

Пробы растительности (травы, сельхозпродукты) отбирают летом один раз в месяц в период максимального вегетационного развития.

Отбор проб из водоемов производится ежемесячно. Отбор донных отложений, водной растительности и рыбы – один раз в год во второй

половине лета. Точки отбора проб выбирают с учетом условий водопользования.

## **5 Заключение**

Разработаны материалы подраздела "Технологические решения раздела 5 проекта по выводу из эксплуатации ПУГР ЭИ-2 в соответствии с техническим заданием 112.1557ТЗ (см. приложение А).

## Обозначения и сокращения

АПЛ	атомная подводная лодка
АЭС	атомная энергетическая станция
АЭУ	атомная энергетическая установка
ПУГР	промышленный уран-графитовый реактор
РАО	радиоактивные отходы
ООБ	обоснование обеспечения безопасности
ВЭ	вывод из эксплуатации
ОАО НИКИЭТ	Открытое акционерное общество «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежала»
ИК-спектроскопия	инфракрасная спектрометрия
МАГАТЭ	Международное агентство по атомной энергии
ППУ	паропроизводящая установка
ОАО ДВЗ «ЗВЕЗДА»	Открытое акционерное общество Дальневосточный завод «ЗВЕЗДА»
РП-1	реакторное пространство первого блока Белоярской АЭС
БАЭС	Белоярская атомная энергетическая станция
ГНЦ РФ ФЭИ	Государственный научный центр Российской Федерации «Физико – Энергетический Институт имени А.И. Лейпунского»
ОАО «СХК»	Открытое акционерное общество «Сибирский химический комбинат»
ТРО	твердые радиоактивные отходы
РО	реакторное отделение
ИФХЭ РАН	Институт физической химии и электрохимии имени А.Н Фрумкина Российской академии наук

НИКИМТ	Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт монтажной технологии»
БИК	боковая ионизационная камера
РП	реакторное пространство
ЦЗ	центральный зал
ТПИИ ВНИПИЭТ	Томский проектно - изыскательный институт ВНИПИЭТ

## Список литературы

1. ОАО «НИКИЭТ». Система контроля реакторного пространства остановленных блоков. Пояснительная записка АМБ-СКРП.00.000 ПЗ, инв. № ПЗ.030-0601, 2004.
2. ОАО «НИКИЭТ». Система контроля просыпей топлива на дне бассейна выдержки. Пояснительная записка К.125.00.000 ПЗ, 2008.
3. НИКИМТ. ППР на бетонирование подреакторного пространства аппарата ЭИ-2. Здание 190. ТД 06.01.08, г. Москва, 1998 г.
4. НИКИМТ. ППР на бетонирование подреакторного пространства аппарата ЭИ-2 выше отм. 24.880. Здание 190. ТД 06.14.00.ПЗ. 2000 г.
5. НИКИМТ. Создание защитных барьеров аппарата ЭИ-2. Технологический процесс. ТД.06.01.00. 1996 г.
6. НИКИМТ. Комплексный ППР на бетонирование металлоконструкций «Л» и «Д» реакторов И-1 и ЭИ-2. ТД 06.10.00, г. Москва, 1998 г.
7. ТПИИ ВНИПИЭТ. Технология создания дополнительных защитных барьеров безопасности приреакторных хранилищ. РАО 209-4673/0306-ТХ. Пояснительная записка. 2009 г.
8. СХК Материалы защитные геотехнических барьеров (радиационных консервантов) для локализации и изоляции РАО ПУГР 43-36ТП. Инв. № 50/202-2000.

## Приложение А Техническое задание

**Открытое Акционерное Общество**  
**«Ордена Ленина Научно-Исследовательский и Конструкторский Институт**  
**Энерготехники имени Н.А. Доллежала»**

**СОГЛАСОВАНО**

Первый заместитель Директора-  
Генерального конструктора  
Главный конструктор  
\_\_\_\_\_ В.А. Шишкин  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2010г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Главный инженер ОАО "СХК"  
\_\_\_\_\_ А.С. Козырев  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2010 г

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

на разработку проектной документации по выводу из эксплуатации промышленного уран-  
графитового реактора ЭИ2 по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте.  
**№ 112.1557ТЗ**  
**На листах**

к договору № 1396-10 от 16.11.2010г.

**«Разработка отдельных разделов проектной документации по выводу из эксплуатации**  
**ПУТР ЭИ2 по варианту "захоронение на месте"»**

**Этап 1 - Разработка проектно документации ВЭ ПУТР "ЭИ2" по варианту захоронение на месте**

(п.1 календарного плана)

Руководитель темы  
Начальник отдела-  
заместитель Главного  
конструктора  
\_\_\_\_\_ А.А. Роменков  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2010 г

2010

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Наименование работы и область применения.....	3
2	Основание для разработки.....	4
3	Цель и назначение разработки.....	5
4	Источники разработки.....	6
5	Технические требования.....	7
5.1	Общие положения.....	7
5.2	Описание границ проектирования и ПУГР ЭИ2.....	14
5.3	Состав и характеристики вновь разрабатываемых систем, участков и оборудования для ВЭ.....	17
5.4	Требования к технологической последовательности выполнения работ по ВЭ.....	20
5.5	Условия эксплуатации.....	23
6	Стадии разработки.....	24
7	Перечень нормативных документов.....	25
9	Перечень принятых сокращений.....	27

## **1 Наименование работы и область применения**

1.1 Наименование работы - Техническое задание на разработку проектной документации по выводу из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора ЭИ2 по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте.

### 1.2 Область применения:

Область применения разработки – вывод из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора ЭИ2, по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте.

## **2 Основание для разработки**

Основанием для разработки являются:

- Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» (ФЦП ОЯРБ 2008-2015), утвержденная постановлением Правительства РФ № 444 от 13 июля 2007 г., п.68.

- Дополнительное соглашение №3 от 25.09.2010 к государственному контракту № Д.4ш.21.04.10.1057 от 02.04.2009 г. «Вывод из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов АДЭ-3, И-1, ЭИ-2 и площадки 2 реакторного завода, включая проектно-изыскательские работы, открытого акционерного общества «Сибирский химический комбинат», заключенный между Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» (Госкорпорация «Росатом») (Государственный Заказчик) и ОАО «СХК».

- договор № 1396-10 от 16 ноября 2010 года между ОАО «НИКИЭТ» и ОАО «СХК».

### **3 Цель и назначение разработки**

Целью разработки является вывод из эксплуатации (ВЭ) промышленного уран-графитового реактора ЭИ2 (ПУГР) в соответствии с требованиями нормативной документации по варианту захоронения на месте.

Назначение разработки - разработка проектной и технической документации и обоснований безопасности вывода из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора ЭИ2 для получения заключения Госэкспертизы.

#### **4 Источники разработки**

В качестве исходных данных для выполнения работ по настоящему ТЗ используются:

- Проектные материалы ПУГР ЭИ2
- Документация, содержащая информацию по фактическому состоянию ПУГР ЭИ2, включая:
  - Паспорта помещений выводимых из эксплуатации сооружений;
  - Характеристики источников РВ и РАО в выводимых из эксплуатации ПУГР ЭИ2;
  - Результаты КИРО ПУГР ЭИ2;
- Эксплуатационная документация, применяемая на этапах эксплуатации, подготовки к выводу из эксплуатации, выводу из эксплуатации ПУГР ЭИ2;
  - Концепция вывода из эксплуатации, содержащая принимаемый для проектирования вариант вывода из эксплуатации ПУГР ЭИ2;
  - Результаты НИР по определению состояния ПУГР ЭИ2, по приведению остановленных ПУГР в состояние длительной стабильности и по обращению с РАО, выполненные до начала работ по настоящему ТЗ;
  - Документация о технологиях по обращению с РАО, применяемыми на СХК.

## 5 Технические требования

### 5.1 Общие положения

5.1.1 ПУГР ЭИ2 представляет собой промышленный, энергетический, гетерогенный, канальный уран-графитовый реактор на тепловых нейтронах. Реактор введен в эксплуатацию 28.02.1958, остановлен для вывода из эксплуатации 28.12.1990.

Реактор размещается в прямоугольной шахте с размерами в плане 20,6 x 20,6 м и высотой 21,4 м (от отм. -21,4 м до отм. 0,00). Шахта выполнена из армированного бетона толщиной 2 м. Ниже отм. -21,4 м до 23,8 м шахта имеет в плане размеры 12,4 м x 20,6 м. Ниже отметки – до -23,8 м находится бункер для приема продукции. Под бункером с отм. -29,5 м до отм. -32,5 м находятся помещения с размерами в плане: одно 4,9 x 6,0 м, второе 4,9 x 2,14 м, высота (глубина) — 5,0 м.

На бетонном основании на отм. -21,4 м установлены баки сх. «Л» — боковой биологической защиты.

Пространство между баками сх. «Л» и стенами реактора засыпано песком.

Шахта реактора сообщается с центральным залом, пол которого находится на отметке ноль.

В реакторном пространстве размещена графитовая кладка, с примыкающими к ней конструкциями (опорные стаканы, диафрагмы, компенсаторы, силуминовые вставки, бандажи, кожух, азотный коллектор и др.), опирающаяся на металлоконструкцию «О».

В шахте установлены металлоконструкции, образующие реакторное пространство (РП):

- баки боковой биологической защиты — схема «Л» и схема «Д»;
- опорная конструкция — схема «К»;
- верхняя защитная конструкция — схема «Е»;
- нижняя опорная конструкция — схема «О»;

– нижняя защитная конструкция — схема «ЭР».

Опорная конструкция «О», защитная конструкция «ЭР», защитная верхняя конструкция «Е», колонны графитовой кладки расположены так, чтобы трубы нижних трактов, сваренные в схемы «О» и «ЭР», графитовые колонны кладки, трубы верхних трактов, сваренные в схему «Е», располагались соосно, образуя тракты, в которые устанавливались технологические каналы. Предварительно в каждую графитовую колонну устанавливались комплекты графитовых втулок, которые периодически заменялись.

Графитовая кладка составлена из 2725 колонн. Каждая колонна составлена из 14 графитовых блоков. Сечение блоков 0,2 x 0,2 м. Высота блоков 0,20; 0,4; 0,5; 0,6 м. Внутреннее отверстие — 66 мм. Общий вес графитовой кладки — 1422,6 т. Объем — 804 м<sup>3</sup>.

Технологические каналы, устанавливаемые в графитовую кладку реактора, изготавливались из алюминиевых сплавов (атомаль-II). Часть каналов из циркониевого сплава (Э110) была установлена во время проведения капитального ремонта в 1981 г. Технологические каналы загружались тепловыделяющими элементами, изготовленными в виде цилиндров диаметром 35-38 мм, длиной 102,5-106,5 мм. Для обеспечения расположения рабочих блоков на заданной высоте в активной зоне и выгрузки отработавших блоков, части технологических каналов, расположенные ниже активной зоны, предварительно (перед загрузкой рабочих блоков) заполнялись цилиндрическими блоками, изготовленными из алюминия. Эти блоки выполняли роль опорной «подушки». Выгрузка отработавших блоков и блоков подушки производилась в бункер с помощью системы разгрузки.

Охлаждение активной зоны реактора осуществлялось по замкнутому контуру водой под давлением.

При эксплуатации реактора в кладку подавался азот высокой чистоты с

расходом 1000 м<sup>3</sup>/час. Топливом служил металлический уран природного обогащения, покрытый оболочкой из алюминиевых сплавов.

5.1.2 Проект вывода из эксплуатации ПУГР ЭИ2, должен соответствовать требованиям Российских нормативно-технических документов, указанных в Перечне основных НТД Ростехнадзора (П-01-01-2007), «Специальных условий поставки оборудования, приборов, материалов и изделий для объектов атомной энергетики», ПУЭ и ПТБ, СП АС-03 и Госстандартов системы безопасности труда.

5.1.3 Состав и содержание разделов проекта должны соответствовать соответствующим требованиям Постановления правительства №87.

5.1.4 Проект вывода из эксплуатации должен содержать:

- перечень выводимых из эксплуатации объектов;
- технологию и последовательность проведения работ вывода из эксплуатации;
- методы и средства обеспечения радиационной защиты;
- методы и средства обеспечения пожаро- и взрывобезопасности;
- методы и средства обращения с РАО, образующимися при выводе из эксплуатации;
- описание транспортно-технологических операций в помещениях и на площадках реакторов и технологической схемы транспортирования РВ и РАО;
- мероприятия по минимизации объемов РАО, мероприятия по минимизации выбросов и сбросов РВ;
- описание состояния технологического оборудования и систем инженерно-технического обеспечения после завершения работ по выводу из эксплуатации;
- обоснование необходимых людских, финансовых и материально-технических ресурсов;
- требуемый объем индивидуального контроля (дозиметрического, радиометрического) за облучением работников (персонала) и соответствующих технических средств для его проведения;
- оценки индивидуальных доз облучения работников (персонала) для каждого вида работ и коллективной дозы облучения работников

(персонала) для этапа работ на основе информации о радиационной обстановке;

- методы и средства, направленные на минимизацию облучения работников (персонала) при выполнении работ;
- расчет радиационных последствий захоронения для населения и окружающей среды;
- объем, продолжительность мониторинга захоронения;
- объем, активность и радионуклидный состав образующихся РАО, способы их переработки, кондиционирования, транспортирования и места хранения;
- определение теплогазовыделения из захоронения;
- обеспечение физической защиты, учета и контроля РВ и РАО.

5.1.5 В проекте вывода из эксплуатации должны быть использованы штатные методы и средства дезактивации поверхностей оборудования, трубопроводов, помещений, конструкций и сооружений, применяемые на СХК.

Выбор методов и средств дезактивации должен осуществляться с учетом:

- характеристик конструкционных материалов систем (элементов), конструкций и сооружений, подлежащих дезактивации;
- оценочных величин снимаемого (нефиксированного) и неснимаемого (фиксированного) загрязнения поверхностей систем (элементов), конструкций и сооружений;
- оценочных величин коэффициентов дезактивации;
- оценочных величин количества РАО, образующихся при дезактивации;
- обращения с РАО, образующимися при дезактивации.

5.1.6 В проекте вывода из эксплуатации должны быть разработаны методы и средства демонтажа оборудования, трубопроводов, сооружений и конструкций.

Средства демонтажа должны быть надежными и простыми в эксплуатации, при их дезактивации и техническом обслуживании. Выбор методов и средств демонтажа оборудования, трубопроводов, помещений,

конструкций и сооружений должен осуществляться с учетом следующих факторов:

- характеристика оборудования, трубопроводов, помещений, конструкций и сооружений (геометрические размеры, радиационная обстановка), подлежащих демонтажу;
- влияние работ по демонтажу на расположенные рядом системы (элементы) и сооружения и на другие выполняемые работы;
- наличие эффективных методов и средств контроля за выделяющимися в процессе демонтажа РВ и токсичными веществами, а также методов и средств защиты работников (персонала) от их вредного воздействия.

Предусмотренные проектом вывода из эксплуатации методы и средства демонтажа физических барьеров не должны приводить при выполнении работ по выводу из эксплуатации к превышению нормативов выбросов и сбросов РВ.

5.1.7 В проекте вывода из эксплуатации должны быть разработаны методы и средства обращения с образующимися ТРО, помещения и места на площадках реакторов для временного хранения ТРО и материалов повторного использования.

5.1.8 В проекте вывода из эксплуатации должны быть разработаны методы и средства по созданию и укреплению защитных барьеров, надежно изолирующих реактор и вне реакторное оборудование от окружающей среды.

5.1.9 В проекте вывода из эксплуатации должна быть разработана система радиационного и технологического контроля реакторного пространства, а также предусмотрен радиационный контроль, в том числе в санитарно-защитной зоне ОАО «СХК». Радиационный контроль может осуществляться на основе существующей системы радиационного контроля. При необходимости в эту систему проектом вывода из эксплуатации должны быть внесены изменения с учетом особенностей выполняемых работ на каждом этапе вывода из эксплуатации.

Устанавливаемые проектом вывода из эксплуатации объем, методы и средства радиационного контроля должны соответствовать требованиям норм радиационной безопасности и обеспечивать:

- индивидуальный контроль (дозиметрический, радиометрический) за облучением работников (персонала);
- контроль радиационной обстановки в рабочей зоне, в помещениях, на площадках, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения;
- контроль за выбросами и сбросами РВ;
- своевременное обнаружение изменений радиационной обстановки;
- радиационный контроль транспортных средств и материалов при их перемещении за границы площадок реакторов;
- контроль (мониторинг) поступления радиоактивных веществ в грунтовые воды вокруг захоронения.

5.1.10 Используемые в проекте вывода из эксплуатации системы вентиляции должны обеспечивать защиту от радиоактивного загрязнения воздуха рабочих помещений и атмосферного воздуха. Для предотвращения загрязнения воздуха рабочей зоны в местах демонтажа загрязненного РВ оборудования, трубопроводов, сооружений и конструкций при необходимости должны предусматриваться дополнительные физические барьеры (тканевые шатры, передвижные боксы, радиационная защита и т.п.), системы местной вентиляции и системы пылеподавления.

С целью предотвращения распространения РВ в рабочую зону и окружающую среду проектом вывода из эксплуатации должен быть предусмотрен поэтапный, взаимоувязанный с работами по демонтажу и удалению оборудования, трубопроводов, сооружений и конструкций демонтаж элементов систем вентиляции. Для каждого этапа вывода из эксплуатации должны быть обоснованы режимы эксплуатации систем вентиляции. При необходимости должны быть предусмотрены дополнительные системы вентиляции.

5.1.11 Проектом вывода из эксплуатации должны быть предусмотрены методы и средства защиты от внешних воздействий и несанкционированного доступа.

5.1.12 В проекте вывода из эксплуатации должны быть выполнены расчеты стоимости основных фондов зданий и сооружений, оборудования в процессе вывода из эксплуатации ПУГР ЭИ2 ОАО «СХК».

5.1.13 Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности вывода из эксплуатации в разделе «Отчет по обоснованию безопасности вывода из эксплуатации» приведены в приложении к НП-007-98 «Правила обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации промышленных реакторов».

5.1.14 Требования к содержанию раздела «Радиационный контроль» определены в СП ВЭ ПР-01 «Санитарные правила обеспечения радиационной безопасности при выводе из эксплуатации промышленных реакторов».

5.1.15 Требования к содержанию раздела «Обращение с радиоактивными отходами» определены в СП ВЭ ПР-01 «Санитарные правила обеспечения радиационной безопасности при выводе из эксплуатации промышленных реакторов».

5.1.16 Требования к содержанию раздела «Реабилитация территории промышленной площадки реактора» определены в СП ВЭ ПР-01 «Санитарные правила обеспечения радиационной безопасности при выводе из эксплуатации промышленных реакторов».

## 5.2 Описание границ проектирования и ПУГР ЭИ2

### 5.2.1 Граница проектирования

Границей проектирования является реакторное здание 190 и цех выдержки - здание 191 с размещенной в них реакторной установкой ПУГР ЭИ2.

В состав первого контура РУ входят: реактор, парогенерирующая установка, главные и аварийные циркуляционные насосы, концевые холодильники, компенсаторы объема и трубопроводы.

Основное оборудование I контура, арматура и трубопроводы расположены в здании 190. В состав реакторной установки также входит транспортно-технологическая часть, предназначенная для осуществления технологических операций, необходимых для перегрузки реактора, промежуточного хранения продукции, вывоза ее за пределы установки, а также для долговременного хранения отходов производства. Транспортно-технологическая часть размещается в зданиях 190 и 191.

В состав транспортно-технологической части входят:

- оборудование по сборке, контролю и установке технологических каналов в реактор, загрузочное приспособление и инструмент, расположенные в центральном зале;
- шахты технологические ШТ-1, ШТ-2, ШТ-3;
- транспортный бассейн.

Транспортный бассейн связан с цехом выдержки – зданием 191 подземным переходом, образуя единый технологический комплекс хранилища, выполненный в однотипных конструкциях.

В период приведения реакторов ПУГР СХК в состояние долговременной стабильности функционирует следующее оборудование и системы:

- Система контроля температуры графитовой кладки.

- Система контроля за положением металлоконструкций "верха" (сх. "Е").
- Система контроля уровня воды в помещениях на нижних отметках зданий реакторов и оборудование для откачки сточных и грунтовых вод.
- Технологическая вентиляция и система контроля за её параметрами.
- Система контроля уровня воды в резервуаре спецбросов.
- Системы дозиметрического контроля уровня мощности дозы гамма-излучения в производственных помещениях. Система отбора проб воздушной и газовой среды из производственных помещений и вентиляционных систем.
- Отопление зданий и сооружений, линии подачи пара и сжатого воздуха.
- Электрооборудование для обеспечения работы электроприводов, освещения, сигнализации и т.д.
- Система пожарной сигнализации и пожаротушения.
- Система технологической и охранной сигнализации.
- Водоснабжение для производственных и бытовых нужд.
- Промливневая, спец. и хозяйственно-фекальная канализации.
- Оборудование ОЗиГП с системами контроля на ядерно-опасных участках в зд. 150 и 350.
- Лифтовое хозяйство и грузоподъемное оборудование.
- Система сангигиенической вентиляции.
- Оборудование санпропускников.

Для контроля состояния реактора ЭИ2 в процессе вывода из эксплуатации должны быть в работе:

- Система контроля температуры графитовой кладки (количество точек контроля должно быть не менее 3-х, одна в центральных ячейках и две - в периферийных).

- Система контроля за положением металлоконструкций сх "Е". Контроль положения верхних металлоконструкций ведется с помощью четырех реперных точек и нивелира относительно одной неподвижной точки;
- Система контроля появления воды в помещениях на нижних отметках зданий. Контроль осуществляется с помощью сигнализаторов, предупредительный сигнал выводится на рабочее место инженера-технолога УВЭР (панель общей сигнализации)
- Технологическая вентиляция и оборудование контроля её параметров. Кладка реакторов (через МДП) продувается (вентируется) атмосферным воздухом штатной вентсистемой В-6. Параметры продувки - "расход", "разрежение на выходе из реактора" определяются экспериментально и устанавливаются распоряжениями по каждому реактору; кроме того, контролируется температура воздуха на выходе из кладки. Остальные параметры технологической вентиляции определены инструкцией по эксплуатации технологической вентиляции и ГПУУ. Системы вентиляции кладок реактора остаются работоспособной до начала работ по заполнению технологических трактов и пустот в шахте реактора.
- Схема подачи азота в каждый реактор должна быть работоспособной и готовой к включению в любое время.
- Система контроля уровня воды в РСС и бассейнах ОЗиГП эксплуатируются в соответствии с инструкцией по эксплуатации раздельной канализации, контроль уровня воды в бассейнах ОЗиГП осуществляется в соответствии с инструкцией по эксплуатации систем КИПиА.

### **5.3 Состав и характеристики вновь разрабатываемых систем, участков и оборудования для ВЭ**

5.3.1 В состав вновь разрабатываемых систем, участков и оборудования для ВЭ ПУГР ЭИ2 должны входить:

- комплекс демонтажа оборудования и обращения с ТРО ПУГР ЭИ2;
- комплекс заполнения объемов ПУГР ЭИ2;
- система технологического и радиационного контроля в пределах шахты реактора ЭИ2;
- комплекс инженерных систем ВЭ ПУГР ЭИ2

#### **5.3.2 Комплекс демонтажа оборудования и обращения с ТРО ПУГР ЭИ2**

Комплекс демонтажа оборудования и обращения с ТРО ПУГР ЭИ2 предназначен для демонтажа оборудования, трубопроводов, помещений, конструкций и сооружений внутри и вне шахты реактора ПУГР ЭИ2 упаковки ТРО и подачи ТРО к месту передачи демонтированных элементов на установку штатной дезактивации предприятия.

Оборудование комплекса, содержащее радиоактивные среды под давлением, по своему назначению, в соответствии с НП-001-97 относится к системам нормальной эксплуатации, не влияющим на безопасность. Класс безопасности в соответствии с НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97) - 3Н. Категория сейсмостойкости в соответствии с НП-031-01 – II. Группа в соответствии с ПНАЭ Г-7-008-89 – отсутствует. Категории сварных соединений в соответствии с ПНАЭ Г-7-010-89 – IIIс. Класс герметичности в соответствии с ПНАЭ Г-7-010-89 - V.

Оборудование комплекса, которое не содержит радиоактивные среды и отказ которого не приводит к выходу радиоактивных сред в окружающую среду, по своему назначению, в соответствии с НП-001-97 относится к элементам нормальной эксплуатации, не влияющим на безопасность. Класс безопасности в соответствии с НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97) - 4. Категория сейсмостойкости в соответствии с НП-031-01 – III. Группа в соответствии с ПНАЭ Г-7-008-89 – отсутствует. Категории сварных соединений в соответствии с ПНАЭ Г-7-010-89 – IIIс. Класс герметичности в соответствии с ПНАЭ Г-7-010-89 - V.

В оборудовании, отнесенном к классу 4, допускается применять стандартные и покупные изделия общепромышленного назначения с учетом требований НП-071-06, РД-03-36-02

### 5.3.3 Комплекс заполнения объемов ПУГР ЭИ2

Комплекс заполнения объемов ПУГР ЭИ2 предназначен для заполнения оборудования, трубопроводов, помещений, конструкций и сооружений внутри и вне шахты реактора ПУГР ЭИ2 материалами по созданию и укреплению защитных барьеров, надежно изолирующих реактор и внереакторное оборудование от окружающей среды и контроля качества барьеров.

Оборудование комплекса, содержащее радиоактивные среды под давлением, по своему назначению, в соответствии с НП-001-97 относится к системам нормальной эксплуатации, не влияющим на безопасность. Класс безопасности в соответствии с НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97) - 3Н. Категория сейсмостойкости в соответствии с НП-031-01 – II. Группа в соответствии с ПНАЭ Г-7-008-89 – отсутствует. Категории сварных соединений в соответствии с ПНАЭ Г-7-010-89 – IIIс. Класс герметичности в соответствии с ПНАЭ Г-7-010-89 - V.

Оборудование комплекса, которое не содержит радиоактивные среды и отказ которого не приводит к выходу радиоактивных сред в окружающую среду, по своему назначению, в соответствии с НП-001-97 относится к элементам нормальной эксплуатации, не влияющим на безопасность. Класс безопасности в соответствии с НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97) - 4. Категория сейсмостойкости в соответствии с НП-031-01 – III. Группа в соответствии с ПНАЭ Г-7-008-89 – отсутствует. Категории сварных соединений в соответствии с ПНАЭ Г-7-010-89 – IIIс. Класс герметичности в соответствии с ПНАЭ Г-7-010-89 - V.

В оборудовании, отнесенном к классу 4, допускается применять стандартные и покупные изделия общепромышленного назначения с учетом требований НП-071-06, РД-03-36-02

### 5.3.4 Система технологического и радиационного контроля в пределах шахты реактора ЭИ2

Система технологического и радиационного контроля в пределах шахты реактора ЭИ2 предназначена для контроля параметров в пределах шахты реактора после захоронения.

Оборудование системы, по своему назначению, в соответствии с НП-001-97 относится к системам нормальной эксплуатации, не влияющим на безопасность. Класс безопасности в соответствии с НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97) - 4. Категория сейсмостойкости в соответствии с НП-031-01 – III. Группа в соответствии с ПНАЭ Г-7-008-89 – отсутствует. Категории сварных соединений в соответствии с ПНАЭ Г-7-010-89 – IIIc. Класс герметичности в соответствии с ПНАЭ Г-7-010-89 - V.

### 5.3.5 Комплекс инженерных систем ВЭ ПУГР ЭИ2

Комплекс инженерных систем ВЭ ПУГР ЭИ2 предназначен для инженерного обеспечения работ по выводу из эксплуатации ПУГР ЭИ2 необходимыми техническими средами (сжатым воздухом, технической водой, дренажем, электричеством, вентиляцией).

Потребности в технических средах определяются в процессе проектирования.

Оборудование комплекса, содержащее радиоактивные среды под давлением, по своему назначению, в соответствии с НП-001-97 относится к системам нормальной эксплуатации, не влияющим на безопасность. Класс безопасности в соответствии с НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97) - 3Н. Категория сейсмостойкости в соответствии с НП-031-01 – II. Группа в соответствии с ПНАЭ Г-7-008-89 – отсутствует. Категории сварных соединений в соответствии с ПНАЭ Г-7-010-89 – IIIc. Класс герметичности в соответствии с ПНАЭ Г-7-010-89 - V.

Оборудование комплекса, которое не содержит радиоактивные среды и отказ которого не приводит к выходу радиоактивных сред в окружающую среду, по своему назначению, в соответствии с НП-001-97 относится к элементам нормальной эксплуатации, не влияющим на безопасность. Класс безопасности в соответствии с НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97) - 4. Категория сейсмостойкости в соответствии с НП-031-01 – III. Группа в соответствии с

ПНАЭ Г-7-008-89 – отсутствует. Категории сварных соединений в соответствии с ПНАЭ Г-7-010-89 – Шс. Класс герметичности в соответствии с ПНАЭ Г-7-010-89 - V.

В оборудовании, отнесенном к классу 4, допускается применять стандартные и покупные изделия общепромышленного назначения с учетом требований НП-071-06, РД-03-36-02

#### **5.4 Требования к технологической последовательности выполнения работ по ВЭ**

5.4.1 При выполнении работ по выводу из эксплуатации предполагается в пределах шахты реактора ЭИ2 предусмотреть выполнение работ по созданию и укреплению защитных барьеров, надежно изолирующих реактор от окружающей среды.

Коммуникации систем, проходящие в шахту реактора и не используемые для создания условий, обеспечивающих безопасное захоронение реактора, а также для контроля за состоянием реактора, должны быть загерметизированы за пределами шахты реактора.

После этого должна быть предусмотрена установка контрольных измерительных каналов - контрольные каналы выводятся вверх в ЦЗ и используются для контроля температуры, мощности дозы в кладке реактора.

Далее должен быть разработан способ заполнения всех внутренних полостей реактора и шахты материалами, образующими защитные барьеры.

Системы жизнеобеспечения площадки размещения реактора, необходимые для производства работ по ВЭ и дальнейшей эксплуатации помещений, остаются в работе в следующих режимах:

- общеобменная вентиляция остается в работе для поддержания нормального микроклимата в помещениях;
- аварийная вентиляция (пожарная) остается в работе для удаления продуктов горения;
- технологическая вентиляция реакторного пространства остается в работе до момента окончательной герметизации всех полостей шахты реактора, затем демонтируется;
- оборудование систем водоснабжения и канализации остается в работе для производственных нужд, после выполнения

- реабилитации территорий - реконструируется с целью обеспечения сброса чистых вод;
- система подачи сжатого воздуха остается в работе до момента окончательной герметизации всех полостей шахты реактора, затем демонтируется;
  - система подачи азота в кладку реактора остается в работе до момента окончательной герметизации кладки, затем демонтируется;
  - электроснабжение потребителей осуществляется в штатном режиме, освещение помещений сохраняется. Электрооборудование и кабели систем, прекращающих работу, для обеспечения противопожарной безопасности, демонтируются в доступных местах и в случае их «загрязненности» захораниваются;
  - система КИПиА – оборудование, линии связи систем, прекращающих работу, для обеспечения противопожарной безопасности, демонтируются и в случае их «загрязненности» захораниваются. В работе остается оборудование, необходимое для осуществления контроля за захороненным реактором;
  - система радиационного контроля – по мере высвобождения помещений от «загрязненного» технологического оборудования и дезактивации помещений выполняется демонтаж оборудования и коммуникаций систем. В работе остается оборудование, необходимое для обеспечения контроля за захороненным реактором;
  - системы пожаро-охранной сигнализации и связи остаются в работе;
  - система пожаротушения остается в работе;
  - подъемно-транспортное оборудование до окончания демонтажных и строительно-монтажных работ остается в работе, затем частично демонтируется.

5.4.3 Описанное выше состояние является исходным для 2 этапа выполнения работ выводу из эксплуатации ПУГР.

После завершения работ в пределах шахты аппарата, проводятся последовательно:

- работы по демонтажу технологического вне реакторного оборудования ПУГР;

- размещение РАО, полученного из демонтируемого оборудования и строительных конструкций зданий 190 и 191, расположенных выше отметки 0, в выводимых из эксплуатации помещениях;
- работы по отключению систем водоснабжения и канализации (с созданием необходимого для дальнейшей эксплуатации объектов ОАО "СХК" линий водоотведения) и организация на базе отключаемых систем водоотвода от создаваемого захоронения;
- работы по постепенному заполнению помещений зданий 190 и 191, начиная с нижних отметок до отметки пола центрального зала, с последующим отключением:
  - подвода воздуха (с демонтажем трубопроводов и оборудования, заполнением проходок);
  - систем вентиляции (с демонтажем вентиляционных коробов и оборудования, заполнением проходок);
  - системы водоснабжения (с демонтажем трубопроводов и оборудования, заполнение проходок);
  - систем радиационного и технологического контроля, освещения, электроснабжения (с отключением кабельных линий и демонтажем электрооборудования).
- размещением РАО в помещениях непосредственно перед их заполнением.

5.4.4 Для помещений выше отметки пола центрального зала выделяется 3 этап вывода из эксплуатации и выполняется следующим образом:

- производится демонтаж оборудования и строительных конструкций на отметках выше 0;
- размещение РАО, полученного из демонтируемого оборудования и строительных конструкций зданий 190 и 191, расположенных выше отметки 0, в выводимых из эксплуатации помещениях отметки -3,3 здания 190 и заполнению объемов помещений вмещающими грунтами;



## **6 Стадии разработки**

Предусматриваются следующие стадии разработки:

- разработка проектной документации по выводу из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора ЭИ2;
- разработка исходных технических требований (ИТТ) на оборудование.

## 7 Перечень нормативных документов

1. «Концепция вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов» инв. № 04-01281.
2. НП-007-98 «Правила обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации промышленных реакторов».
3. НП-019-2000 «Сбор, переработка, хранение и кондиционирование жидких радиоактивных отходов».
4. НП-020-2000 «Сбор, переработка, хранение и кондиционирование твердых радиоактивных отходов, требования безопасности».
5. НП-024-2000 «Требования к обоснованию возможности продления назначенного срока эксплуатации объектов использования атомной энергии».
6. НП-055-04 «Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности».
7. НП-057-04 «Правила обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации ядерных установок ядерного топливного цикла».
8. НП-058-04 «Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения».
9. НП-060-2005 «Размещение пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ. Основные критерии и требования по обеспечению безопасности».
10. НП-072-06 «Правила перевода ядерных материалов в категорию радиоактивных отходов».
11. СП ВЭ ПР-01 «Санитарные правила обеспечения радиационной безопасности при выводе из эксплуатации промышленных реакторов».
12. НРБ-99 «Нормы радиационной безопасности».
13. ОСПОРБ-99 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности».

14. СПОРО-2002 «Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами».
15. ОПБ-88/97 (ПНАЭ Г-01-011-97) «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций».

## 9 Перечень принятых сокращений

ПУГР	– промышленный уран-графитовый реактор,
РАО	– радиоактивные отходы,
РВ	– радиоактивные вещества,
КИРО	– комплексное инженерное и радиационное обследование,
НИР	- научно исследовательские работы,
СХК	– Сибирский химический комбинат,
ТРО	- твердые радиоактивные отходы,
РУ	– реакторная установка,
ОЗиГП	– Отделение загрузки и готовой продукции,
КИПиА	– контрольно-измерительные приборы и автоматика,

## ПриложениеБ Технологические решения по заливке объемов

*Общий вид аппарата после завершения работ в реакторном пространстве*

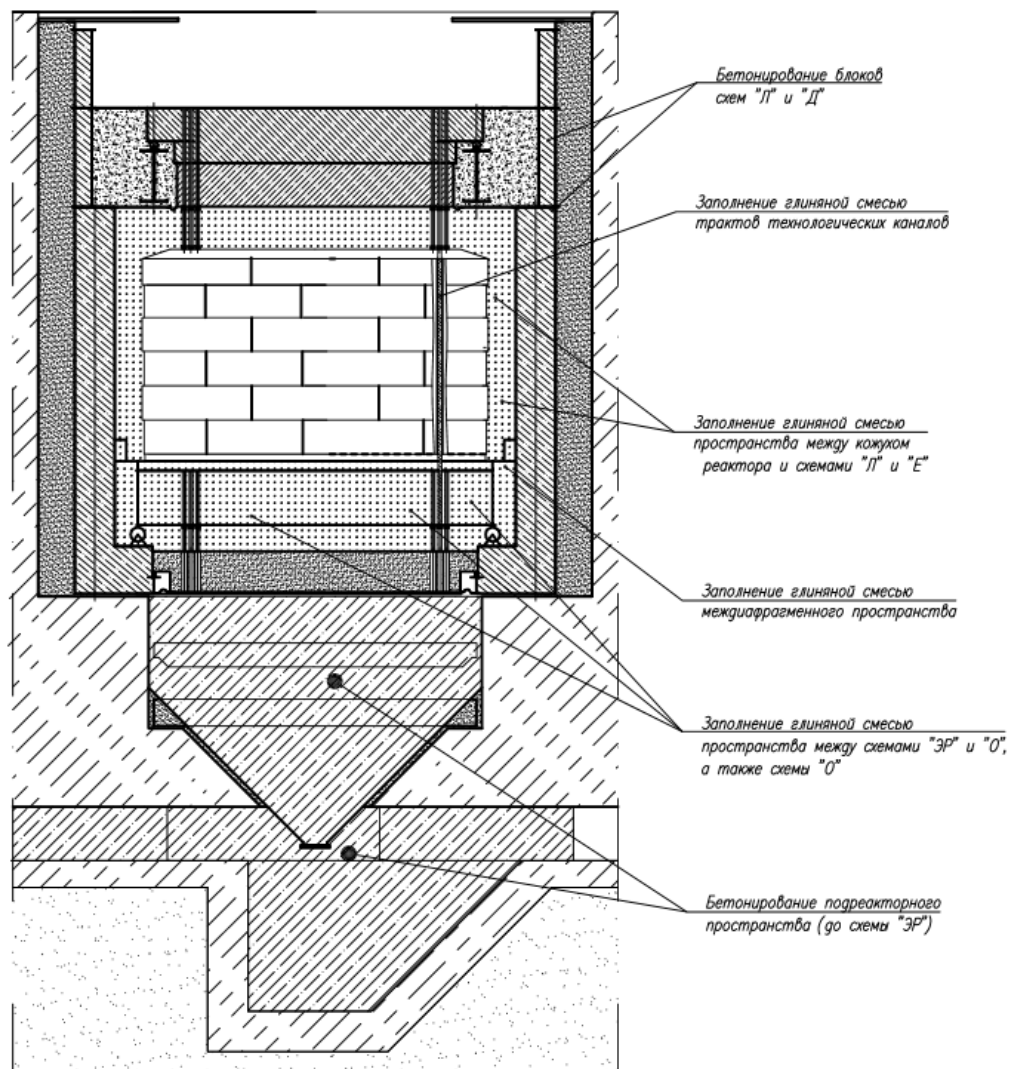
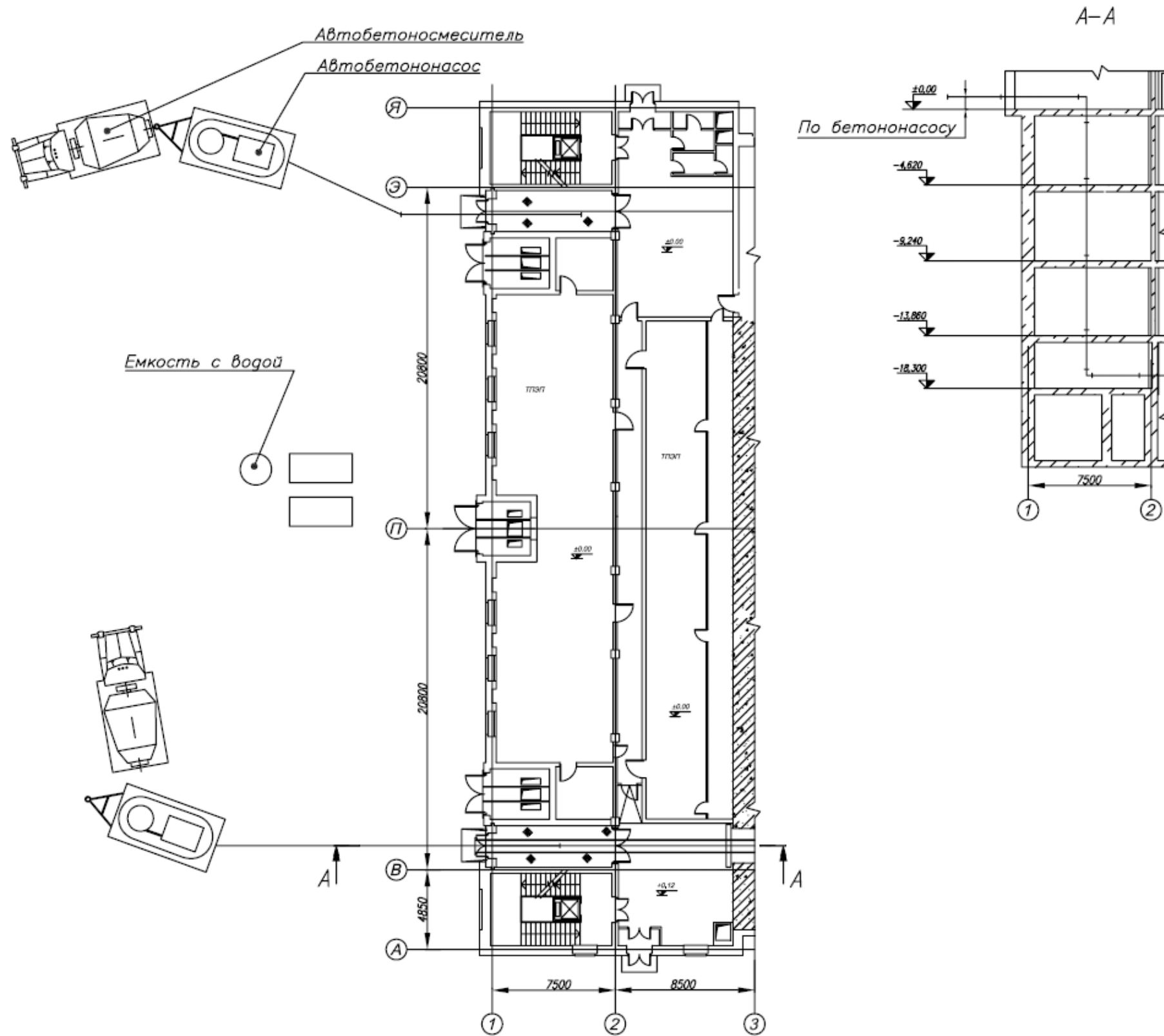
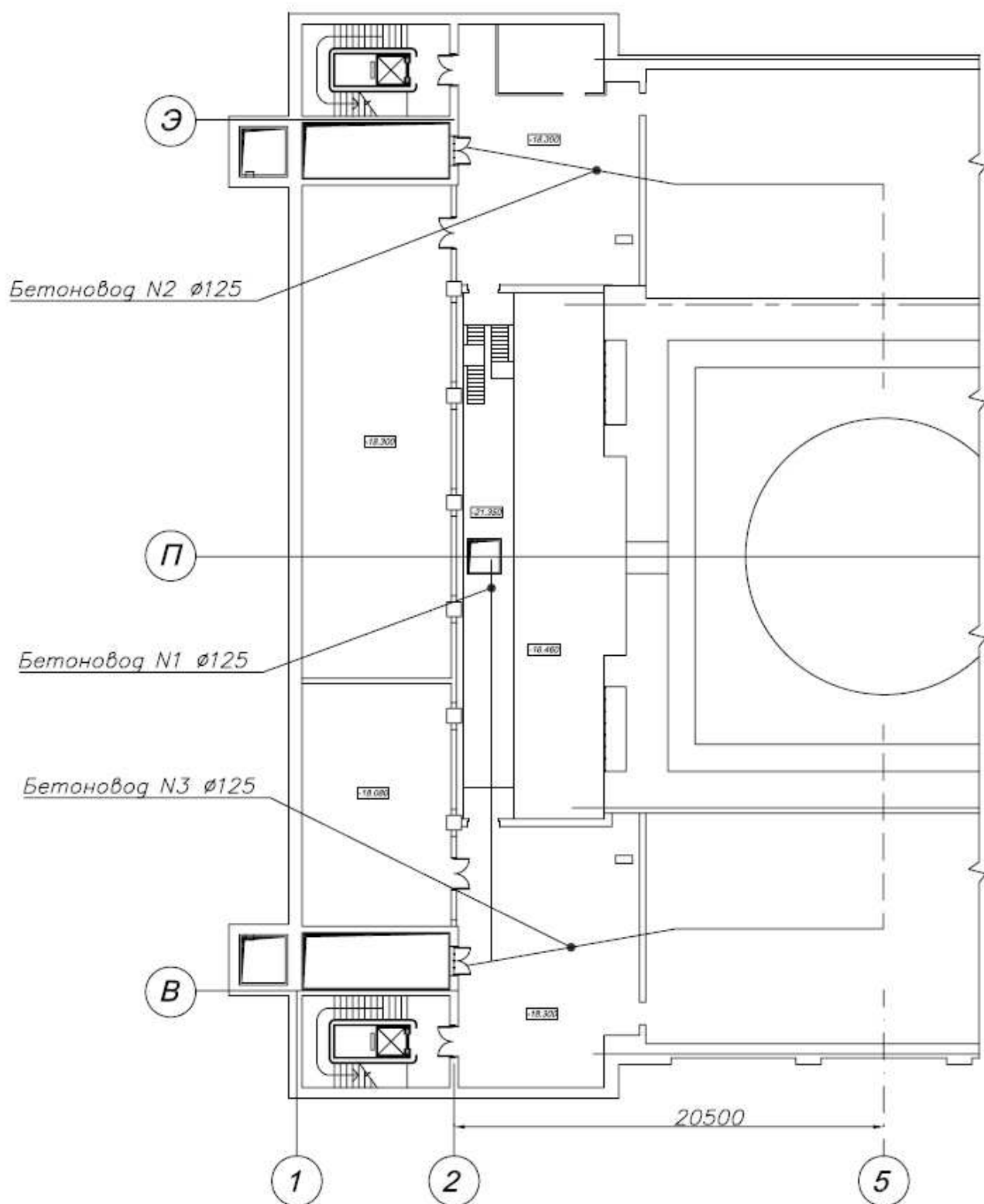


Схема установки оборудования и прокладки бетоноводов для заливки подреакторного пространства до отметки минус 24,880 м.

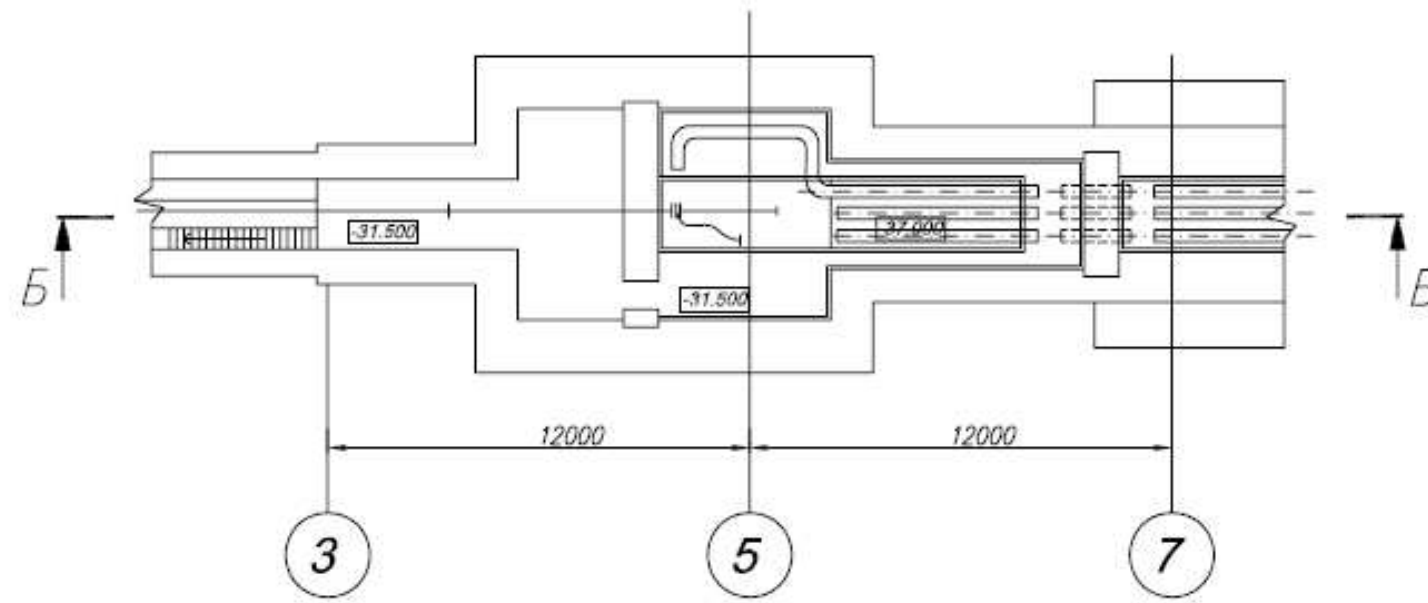
отметка  $\pm 0.000$



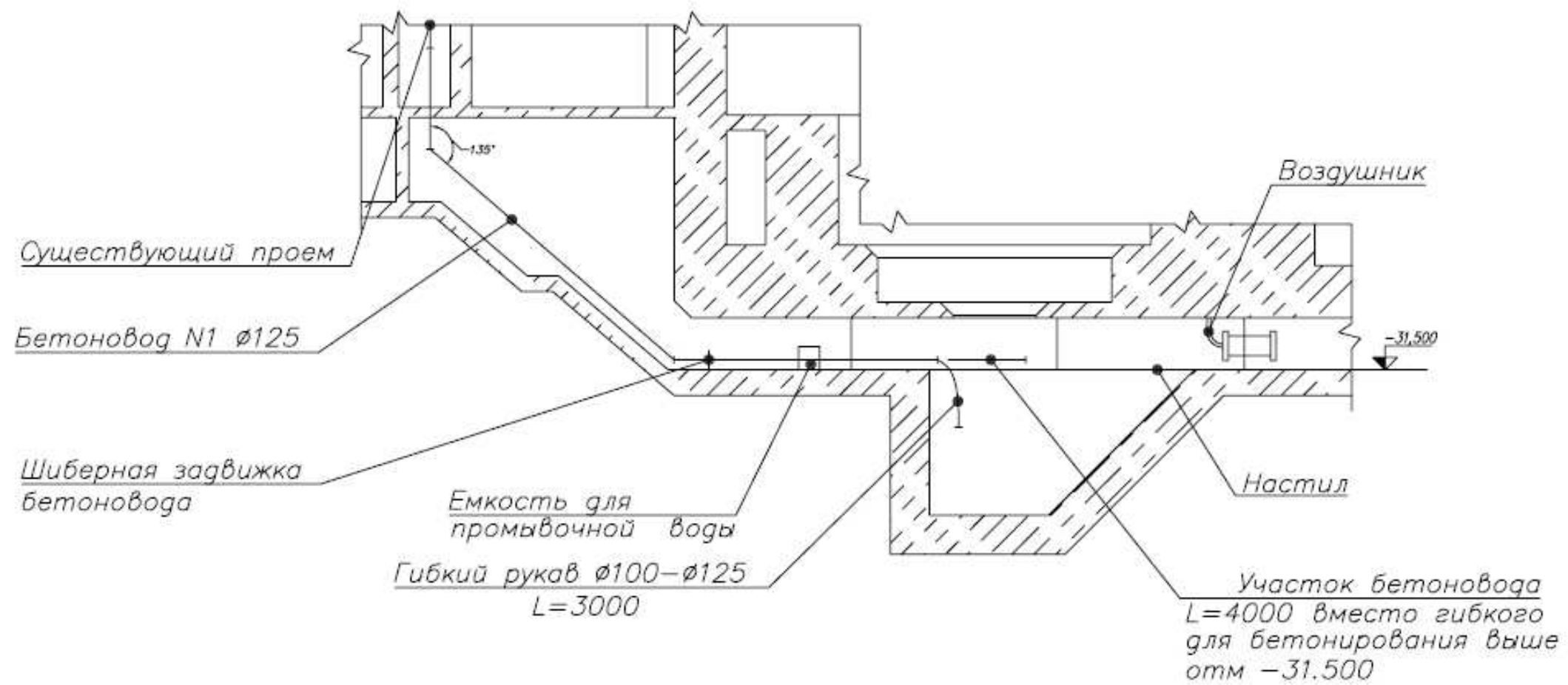
отметка -18.300



отметка -31.500



Б-Б



*Общий вид подреакторного пространства после завершения этапа заливки*

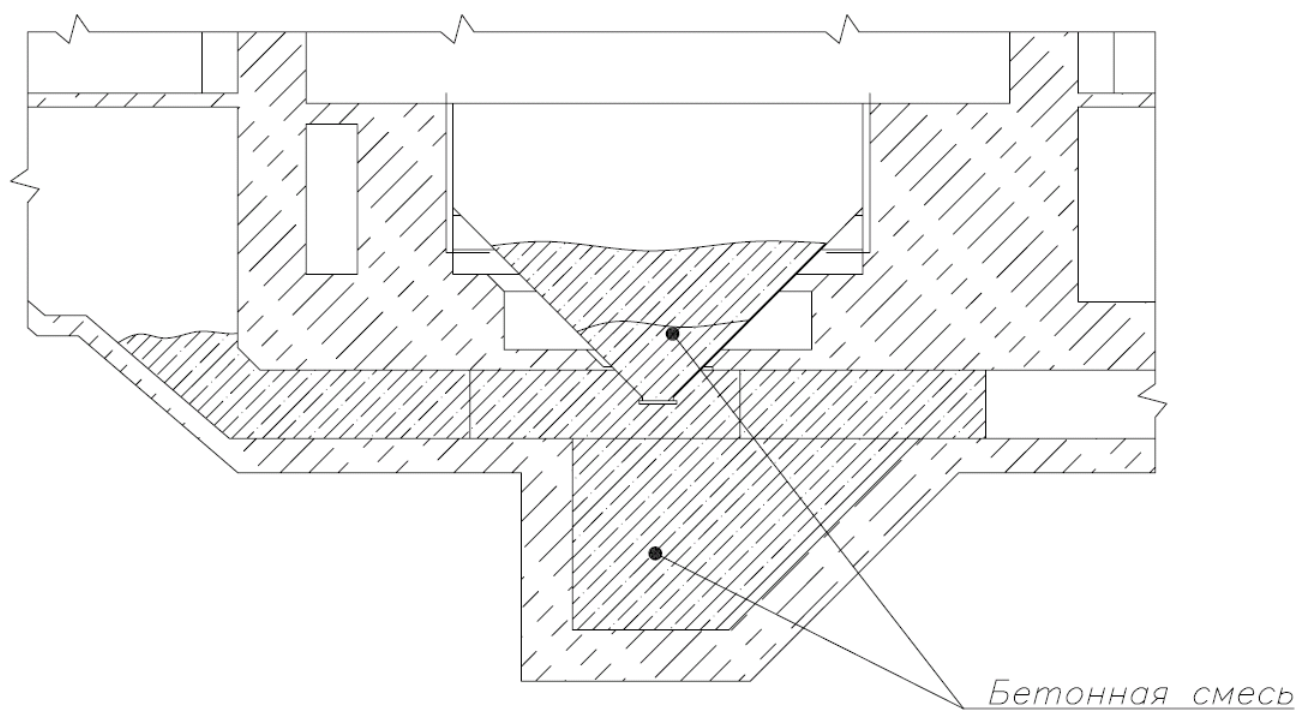
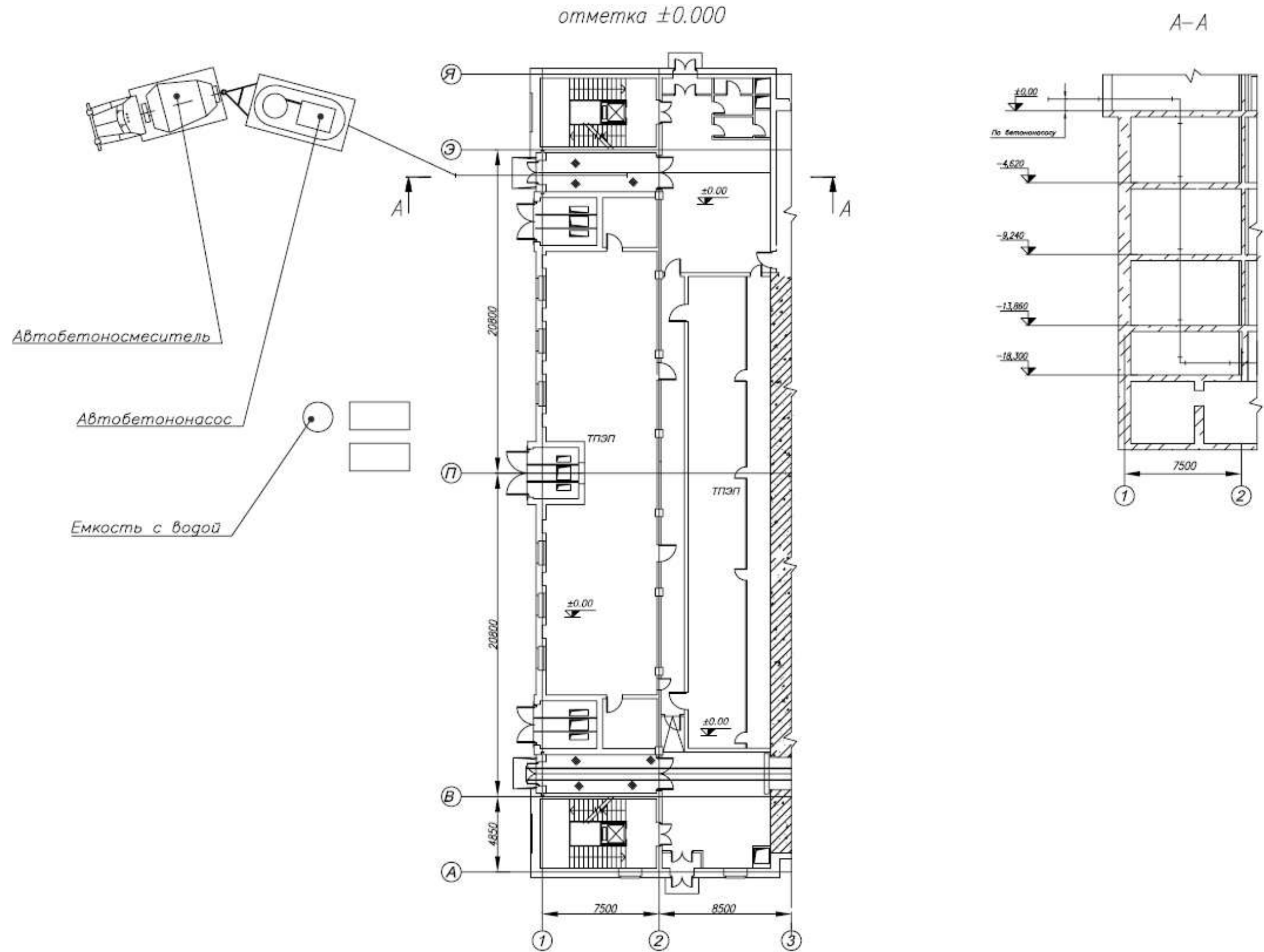


Схема установки оборудования и прокладки бетоноводов для заливки подреакторного пространства от отметки минус 24,880 м до схемы «ЭР»



отметка -18.300

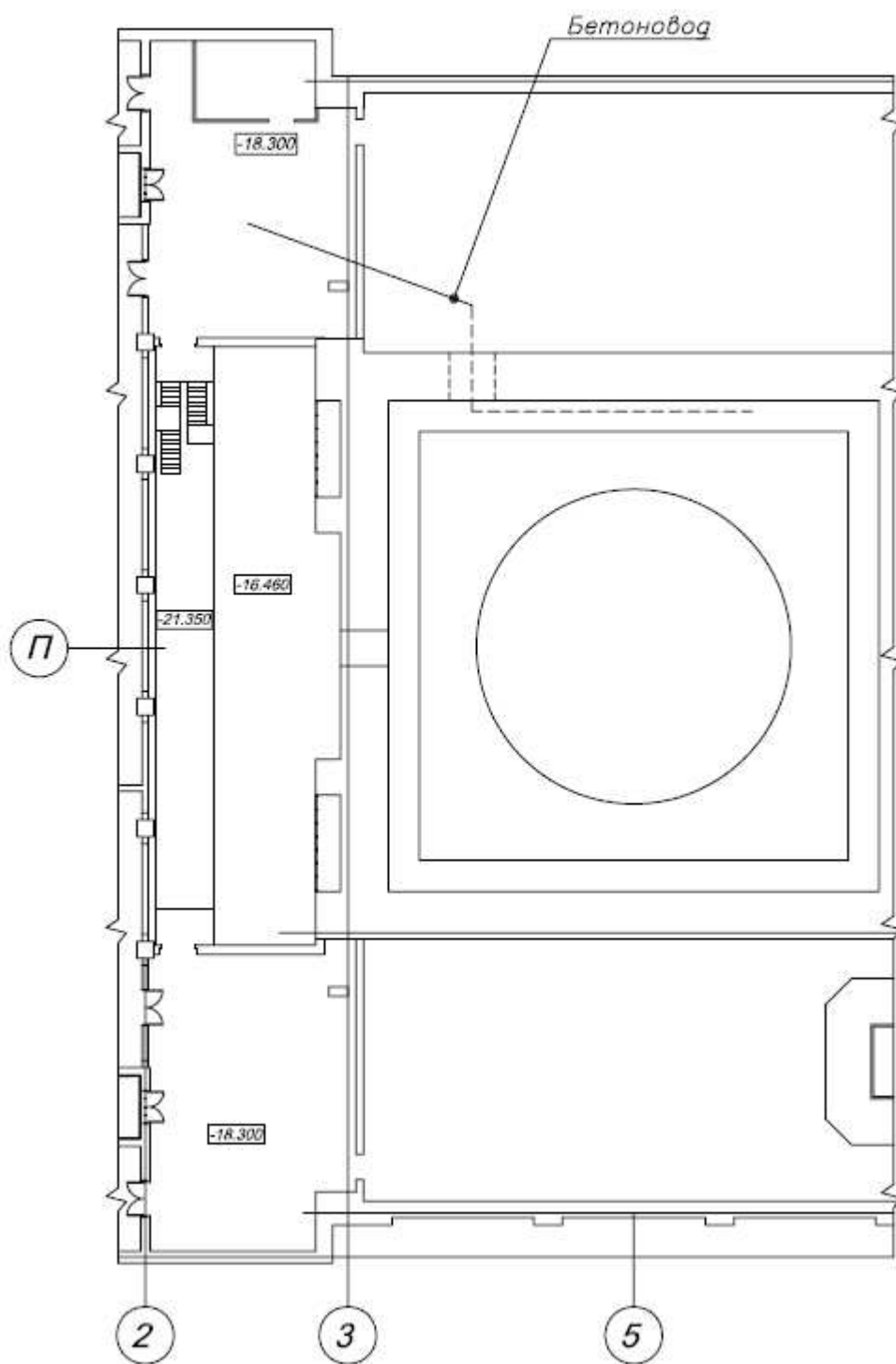
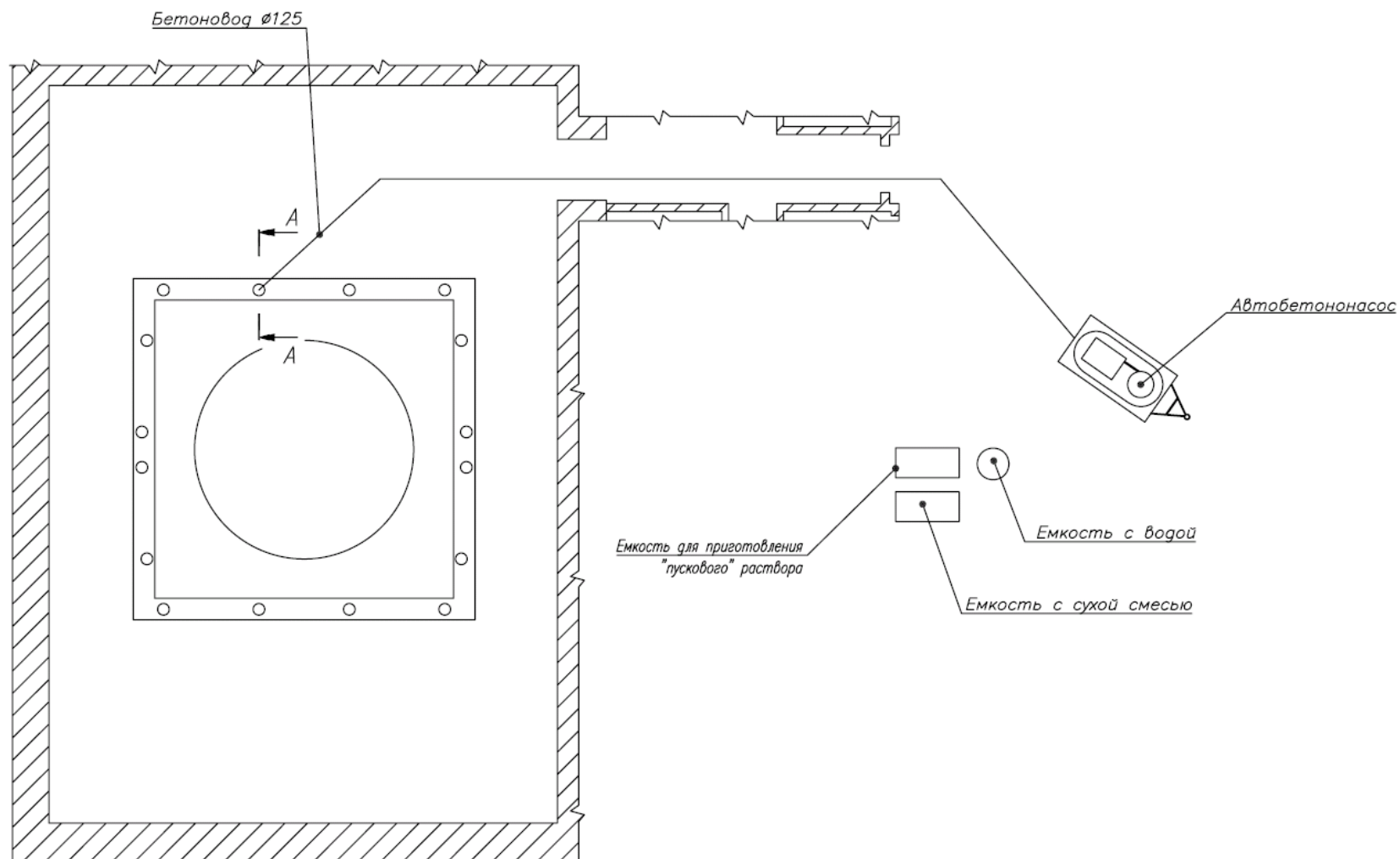
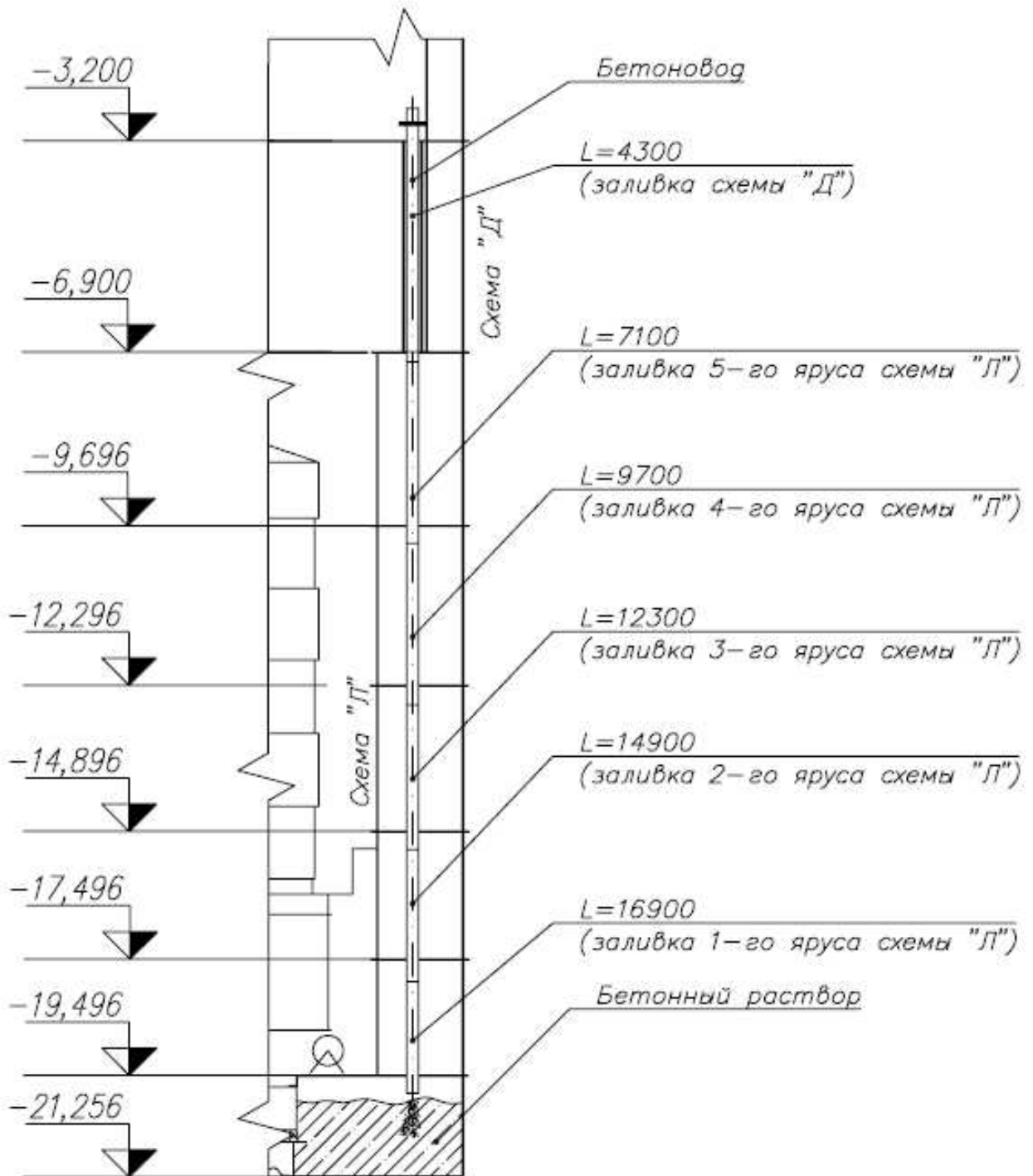


Схема установки оборудования и прокладки бетоновода для заливки схемы «Л» и «Д»

отметка  $\pm 0,000$  м

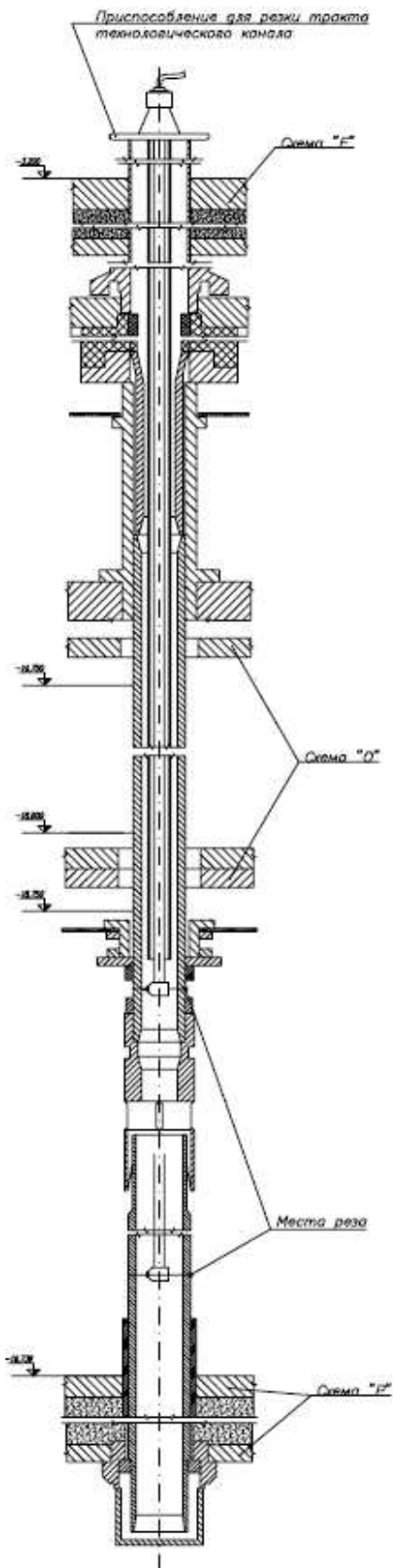


# A-A

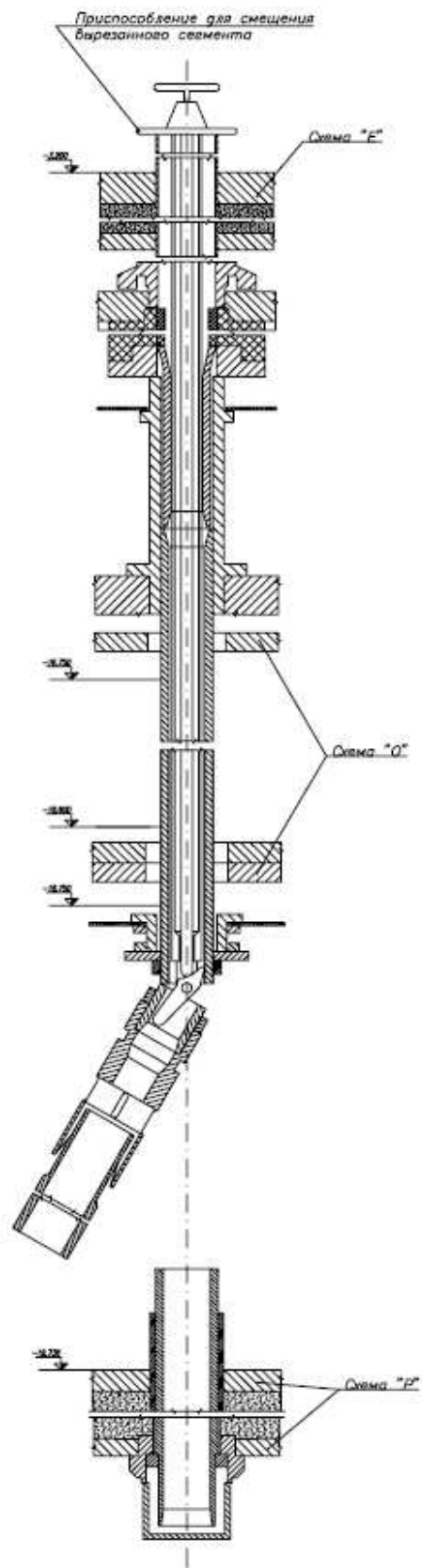


Нарушение целостности трактов технологических каналов для заполнения пространства между схемами «ЭР» и «О», а также схемы «О»

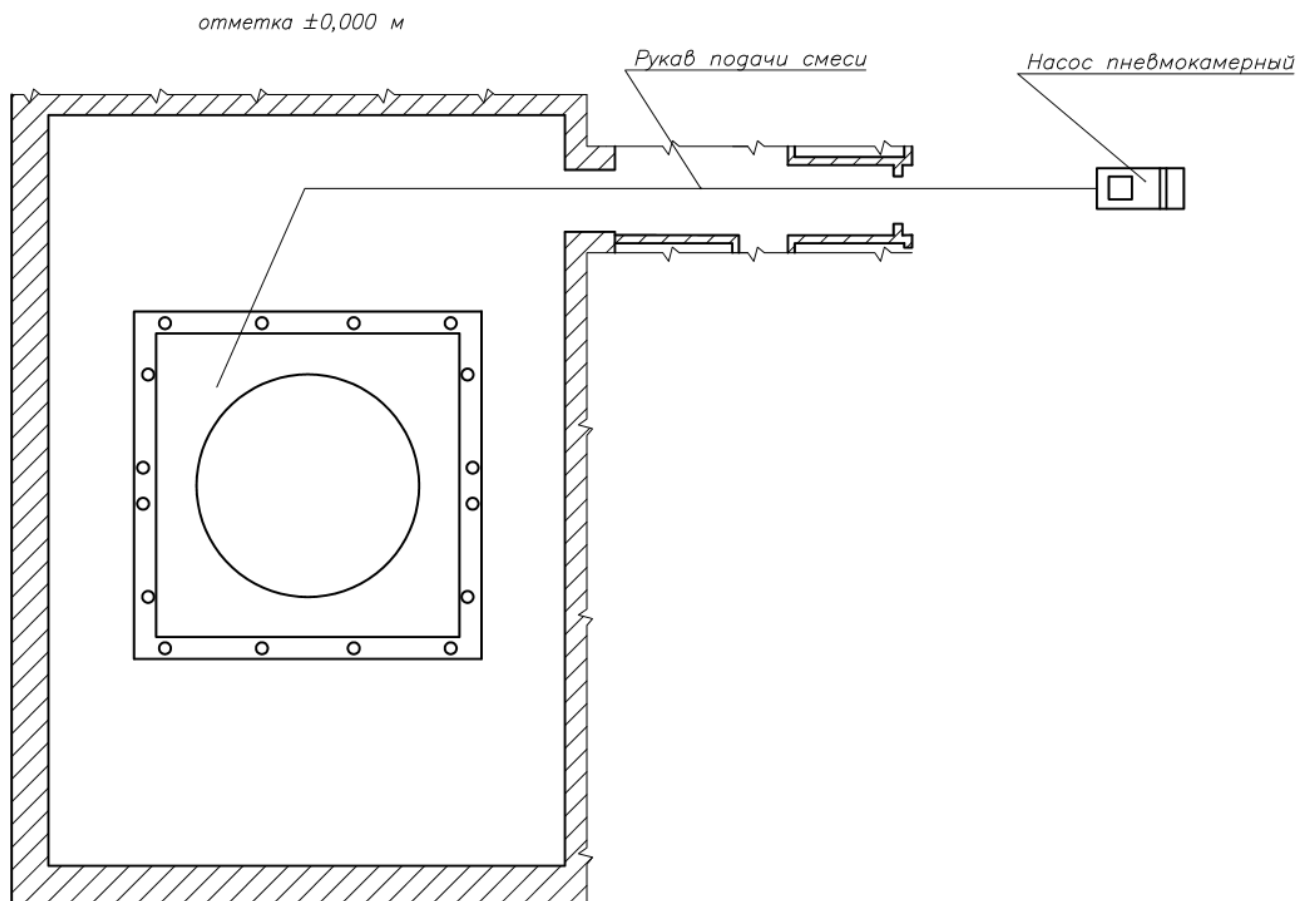
Нарушение целостности тракта



Смещение вырезанного участка

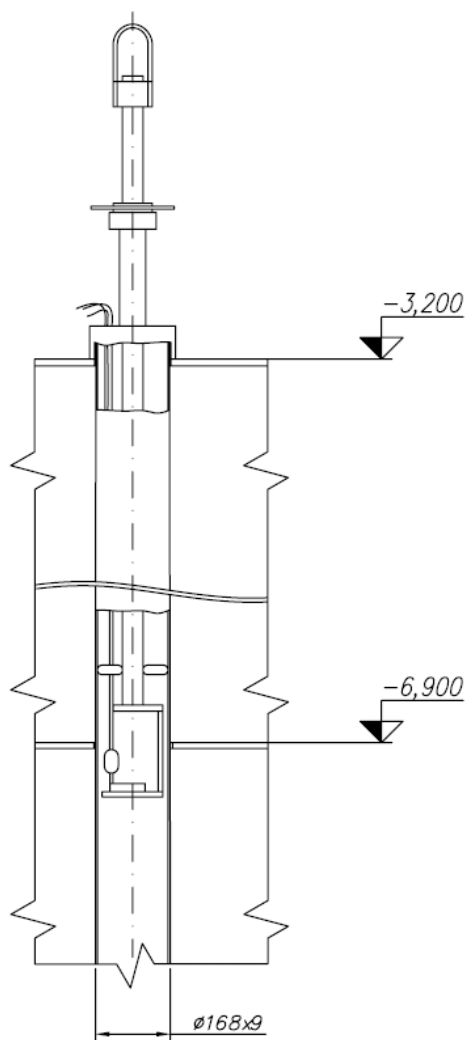


*Схема размещения оборудования для засыпки сухой глиняной смесью реакторного пространства*



*Схема обрезки труб БИК и вырезки отверстий в схеме «Д»*

*Обрезка трубы БИК  
Устройство обрезки трубы БИК*



*Вырезка отверстия в нижнем настиле сх Д  
Устройство для вырезки отверстий*

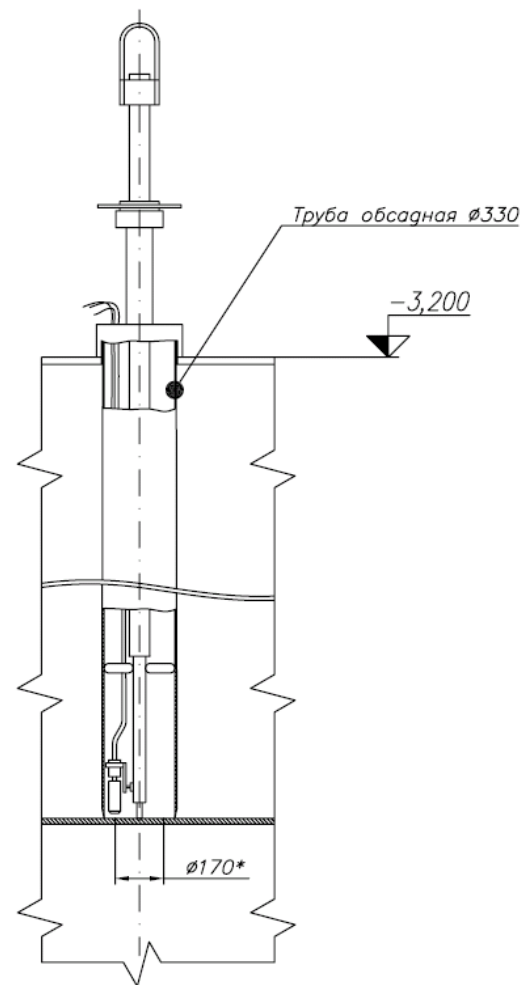


Схема обрезки труб БИК и засыпки глиняной смеси в реакторное пространство

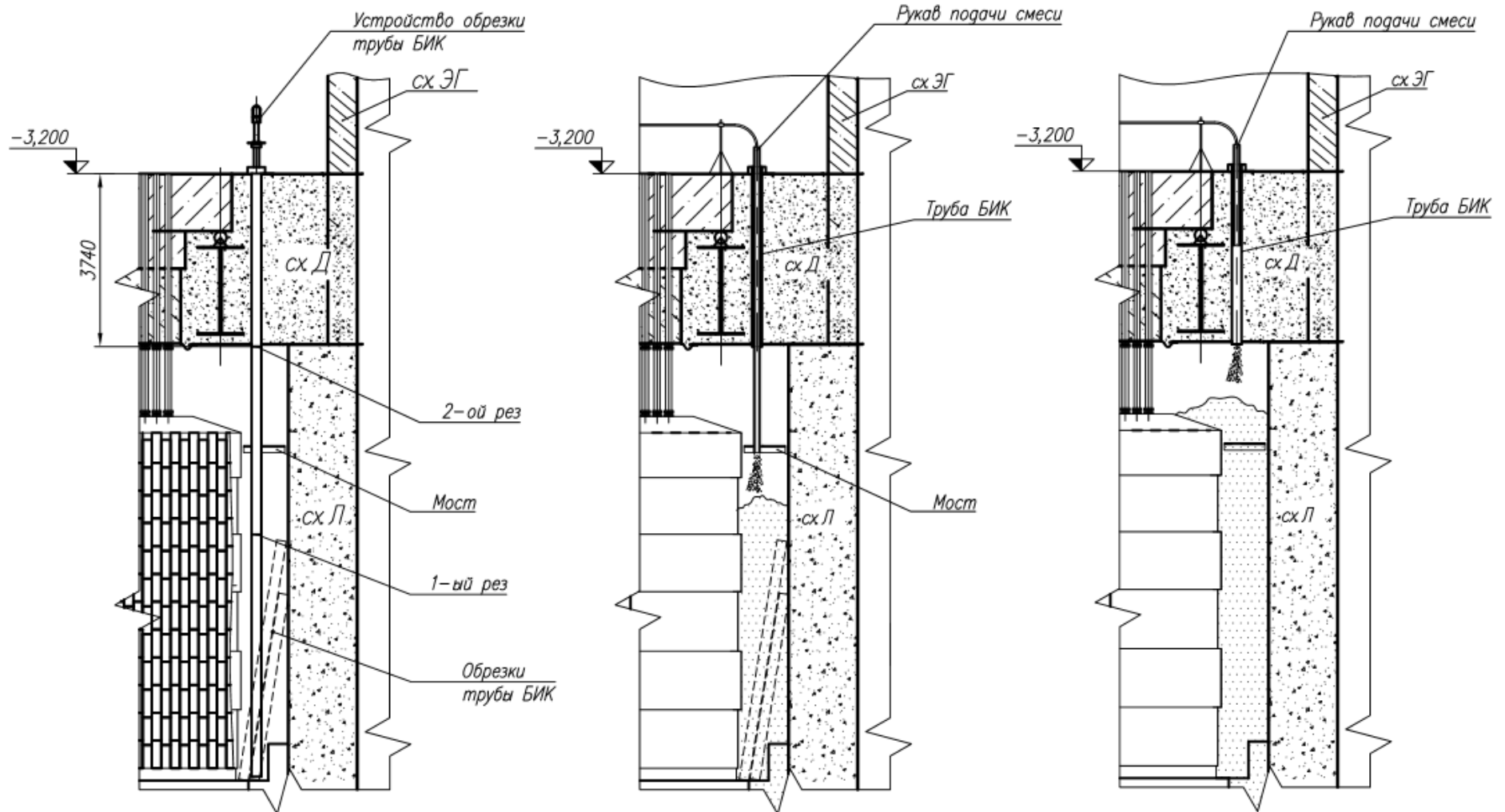
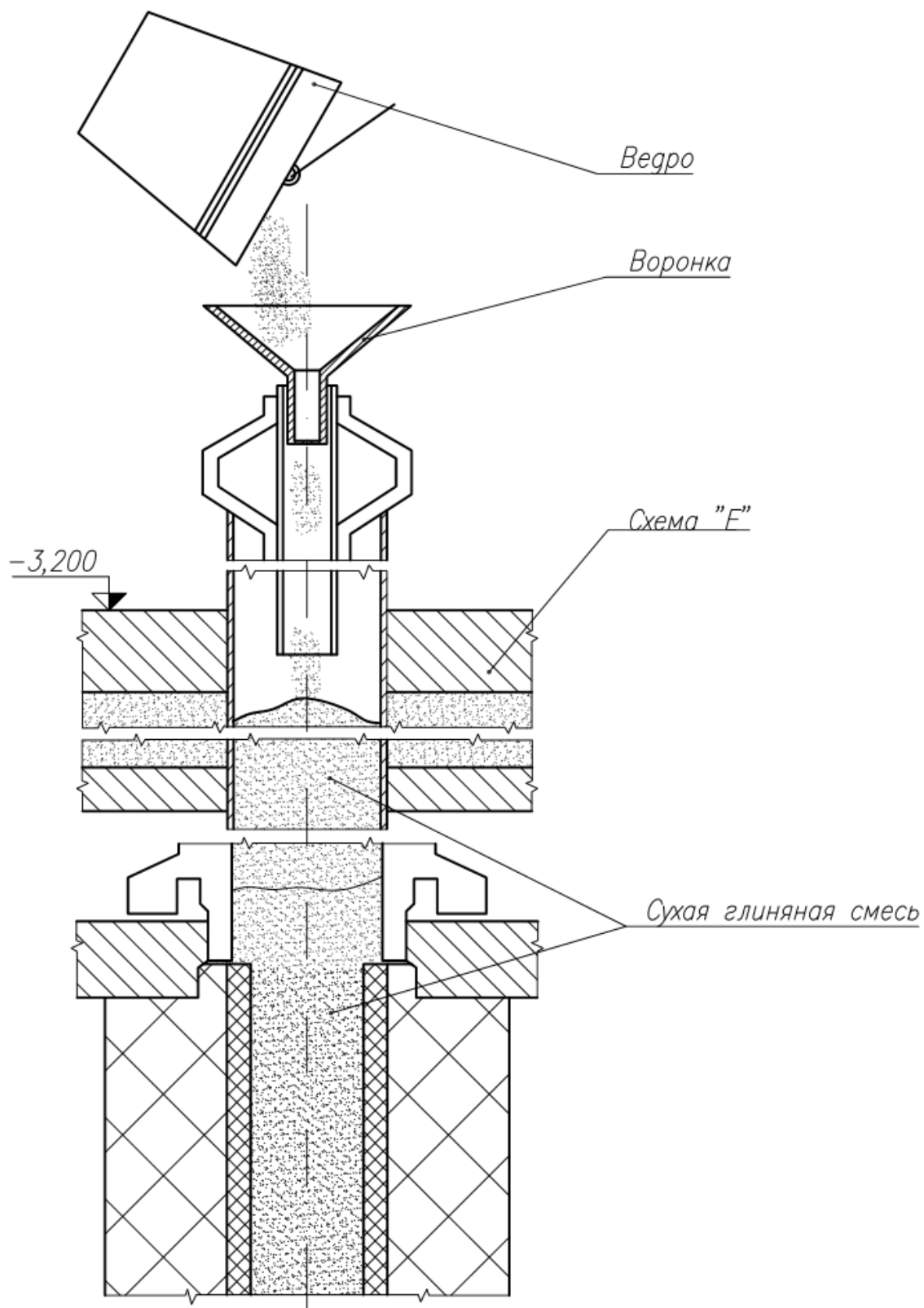
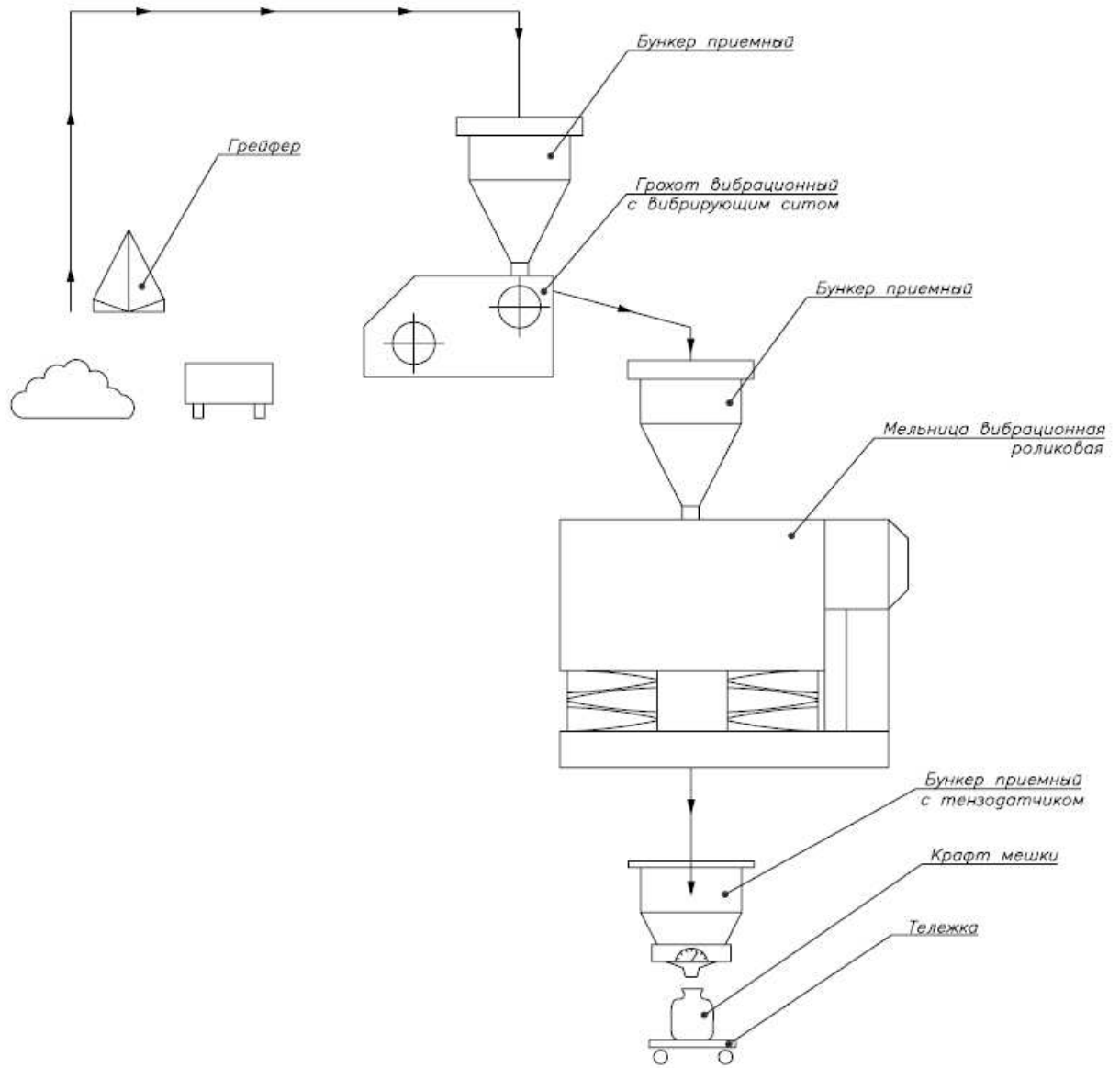


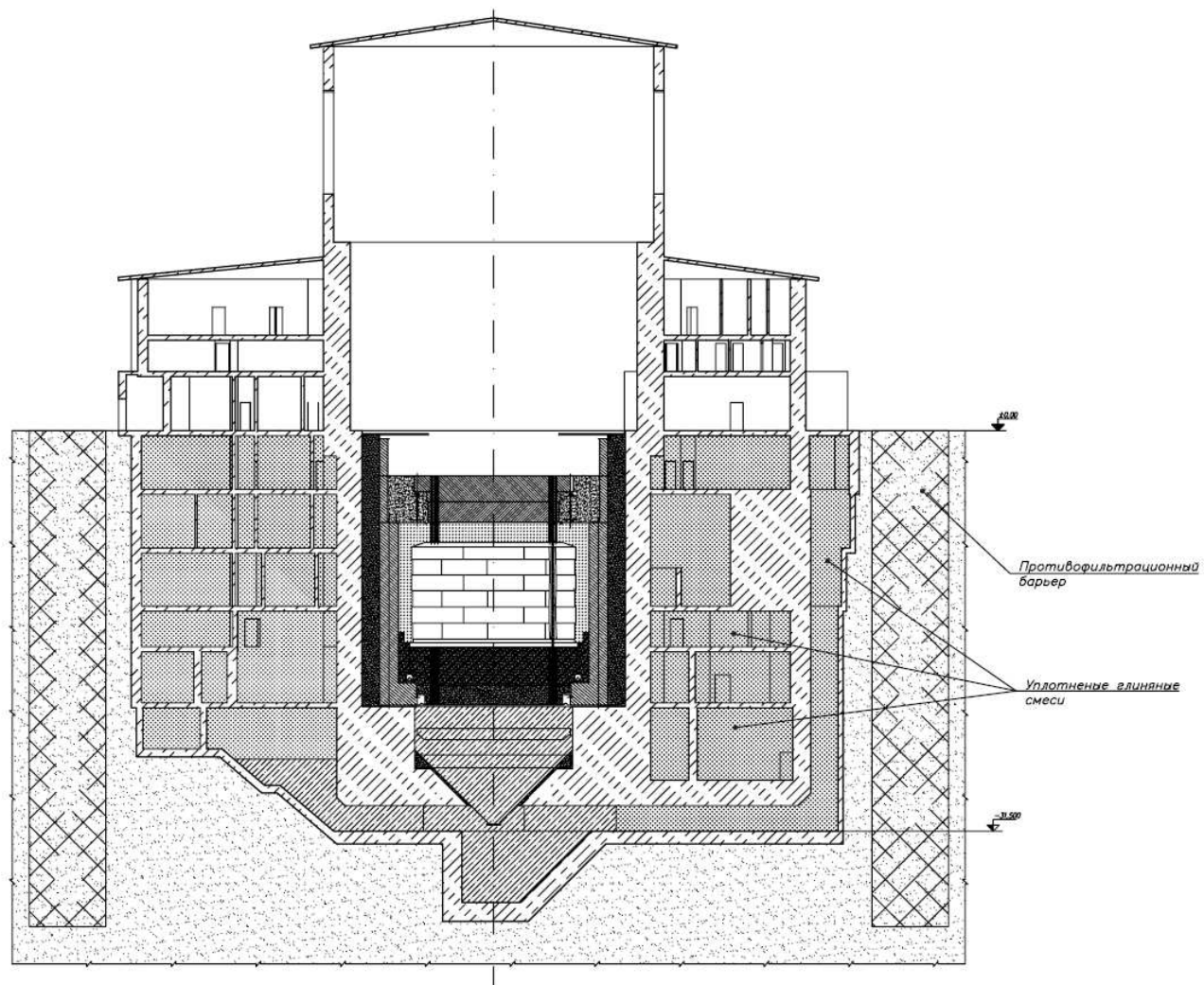
Схема засыпки тракта технологического канала



## Схема получения сухих глиняных смесей



*Общий вид аппарата после завершения работ вне шахты реактора*



**Приложение В Оборудование для технологического и радиационного контроля**

*Рисунок В1 – Конструкция измерительной подвески СТРК в пределах шахты реактора*

