

КОМПЛЕКС СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ И ЖИДКИХ ГОРЮЧИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

1. НАЗНАЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА

Комплекс предназначен для сжигания твердых и жидких горючих радиоактивных отходов (ТГРО и ЖГРО), образующихся в процессе эксплуатации и вывода из эксплуатации оборудования АЭС, с получением продукта, пригодного для транспортировки, захоронения или долгосрочного хранения.

Производительность установки 50 - 60 кг/час по твердым и 20 кг/час по жидким горючим отходам.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПЛЕКСА

Производительность по горючим радиоактивным отходам:

* твердым	60 кг/час
* жидким	20 кг/час.

Удельная активность отходов:

• твердых	по α -нуклидам	до 10^{-5} Ки/кг
	по β -нуклидам	до 10^{-4} Ки/кг
• жидких	по α -нуклидам	до 10^{-7} Ки/л
	по β -нуклидам	до 10^{-6} Ки/л.

Состав твердых отходов: упаковочная тара, спецодежда, ветошь, обувь, древесина, бумага, картон, резиновые изделия, фанерные корпуса фильтров, полимерные материалы, ил очистных сооружений

Состав жидких отходов: обводненные нефтепродукты (отработанное масло) с содержанием воды до 50 об. %

В отходах ограничивается суммарное содержание серы и хлора (в составе различных материалов) до 5 масс. %.

Упаковка твердых отходов:

• внутренняя	полиэтиленовые мешки (по необходимости)
• наружная	многослойные крафт-мешки
• масса упаковки	до 10 кг
• объем упаковки	до 25 л

Периодичность и способ загрузки отходов:

• твердых	в крафт-мешках с интервалом, кратным 4 мин.
• жидких	непрерывно

Коэффициент сокращения объема отходов:

• твердых	до 100
• жидких	до 1000

Характеристика конечного продукта:

цементный блок

вид контейнера	металлическая бочка 200 л
плотность, г/см ³	~ 2 – 2,5
удельная активность, Ки/кг	10 ⁻⁴ - 10 ⁻³
скорость выщелачивания радионуклидов по Cs ¹³⁷ , г/см ² *сутки	10 ⁻⁴ – 10 ⁻³
механическая прочность, МПа	не менее 10
Объем газов, выбрасываемых в атмосферу	до 1500 норм. м ³ /час
Аэродинамическое сопротивление системы газоочистки	не более 5 кПа
Состав газов, выбрасываемых в атмосферу, не более:	
Компонент	Концентрация, мг/м ³
Пыль	10
Сажа	10
Хлористый водород, HCl	10
Оксиды серы, SO _x	50
Оксиды азота, NO _x	50
Оксид углерода, CO	50
Диоксины (в пересчете на 2,3,7,8-ТХДД)	0,1 нг/м ³
Объемная активность: по α-нуклидам	не более 1 Бк/м ³
по β-нуклидам	не более 10 Бк/м ³
Установленная мощность комплекса термической переработки РАО	80 кВт
Габариты установки	12x18x12 м

3. СОСТАВ КОМПЛЕКСА (спецификация оборудования)

Комплекс сжигания включает:

- узел загрузки твердых радиоактивных отходов;
- печь сжигания отходов;
- камеру дожигания;
- систему газоочистки;
- топливные источники нагрева;
- систему подачи жидких горючих радиоактивных отходов;
- узел золоудаления;
- узел цементирования зольного остатка, шламов и летучей золы;
- систему оборотного водоснабжения;
- систему обеспечения сжатым воздухом;
- систему электроснабжения;
- систему специальной и общеобменной вентиляции;
- систему контрольно-измерительных приборов и управления процессом;
- систему радиационно-дозиметрического контроля;
- систему пробоотбора и технологического контроля.

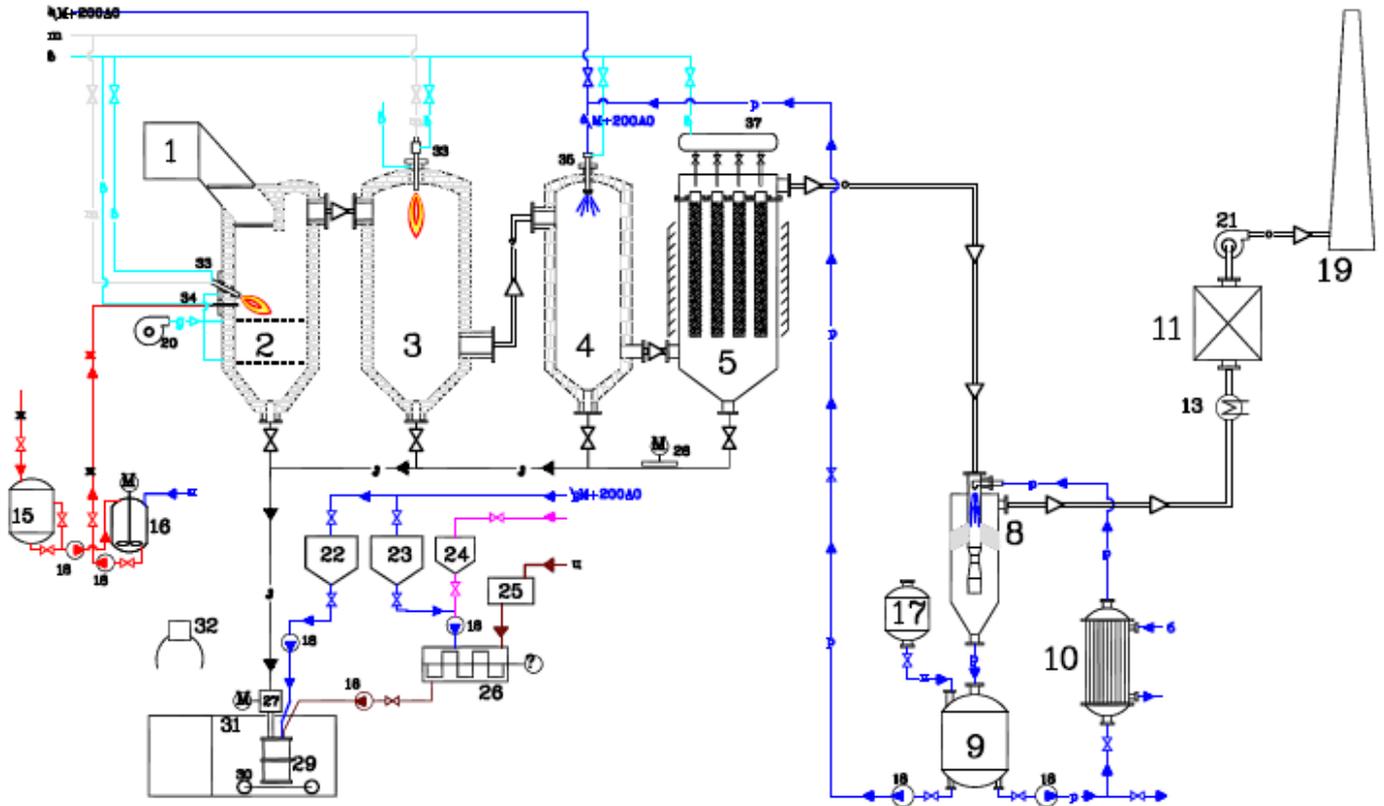


Рис. 1. Схема комплекса сжигания твердых и жидких горючих радиационных отходов.

3.1. Узел загрузки твердых радиоактивных отходов предназначен для подачи упаковок с ТГРО в печь сжигания. Узел состоит из бокса загрузочного, герметичного скребкового конвейера, загрузочного бункера, двух шиберных устройств и теплового экрана.

Загрузочный бокс представляет собой камеру размером 1*1*1 м с герметичным люком размером 700*500 мм, расположенную над нижним краем загрузочного конвейера, и предназначен для размещения упаковки ТГРО на загрузочном конвейере. Нестандартное изделие, выполнено из нержавеющей стали.

Загрузочный скребковый конвейер выполнен в герметичном кожухе из нержавеющей стали со съемными панелями для обслуживания. Габариты конвейера 5*1*1,5 м, ширина полотна из нержавеющей стали 600 мм, высота просвета 800 мм, скорость подачи отходов 0,2 м/с. Кожух конвейера стыкуется герметично с загрузочным боксом и загрузочным бункером.

Загрузочный бункер представляет собой камеру размером 1*1*1 м с герметичным люком размером 700*500 мм, расположенную над шиберными устройствами. Нестандартное изделие, выполнено из нержавеющей стали.

Шибберные устройства и тепловой экран имеют габариты 0,8*2,2 (с приводом) * 0,7 м, сечение просвета 0,55*0,55 м, установлены над загрузочным каналом печи, предназначены для сброса упаковки ТГРО в печь без нарушения ее герметичности. Шибберные устройства – стандартные изделия, материал – нержавеющая сталь. Тепловой экран – нестандартное изделие.

3.2. Печь сжигания отходов предназначена для сжигания ТГРО и ЖГРО, а также для дожига органических компонентов зольного остатка. Печь состоит из наклонного загрузочного канала сечением 900*900 мм, керамической камеры сжигания объемом 0,8 м³, выполненной из огнеупорных кирпичей, двух уровней поворотных колосников и бункера для

зольного остатка. Корпус печи выполнен из нержавеющей стали. Наружные габариты печи 2,2*3,05*3,12 м. Высота бункера золы 1,4 м. Нестандартное изделие. Колосники выполнены полыми и имеют отверстия для подачи воздуха в зоны горения и дожига. В амбразуре печи расположены пневматические форсунки топлива и ЖГРО, а также защитно-запальное устройство. В проходках корпуса печи размещены смотровые окна, термомпары и пневмометрические трубки.

3.3. Камера дожигания предназначена для сжигания горючих газообразных компонентов дымовых газов и недогоревших компонентов топлива, ТГРО и ЖГРО (сажистых частиц, углеводородов, оксида углерода, водорода и т.п.) при температуре от 1000 до 1200 С и времени выдержки газов не менее 2 секунд. Представляет собой двухсекционный цилиндрический аппарат, выполненный из огнеупорных кирпичей, кожух аппарата выполнен из нержавеющей стали. В центре крышки аппарата установлена пневматическая топливная форсунка и защитно-запальное устройство. Габариты камеры дожигания 2 м (диаметр) при высоте 4,5 м.

3.4. Система газоочистки предназначена для очистки дымовых газов от радионуклидов и вредных компонентов перед выбросом в атмосферу до значений ниже допустимых концентраций. Система состоит из испарительного теплообменника, двух высокотемпературных фильтров, скруббера, электронагревателя и абсолютного фильтра.

Испарительный теплообменник представляет собой полый цилиндрический аппарат, выполненный из нержавеющей стали и футерованный внутри огнеупорным составом, в крышке которого установлены три пневматические форсунки для распыла воды или орошающего раствора в газовый поток, выходящий из камеры дожигания. Габариты аппарата 1,5 (диаметр)*4 м.

Высокотемпературный фильтр представляет собой прямоугольный аппарат, выполненный из нержавеющей стали, снаряженный рукавными фильтрами из металлической сетки С-120 общей площадью 32 м² и устройствами импульсной регенерации фильтрующих элементов с помощью сжатого воздуха, установленными в крышке аппарата. В нижней части имеет бункер для сбора пыли, периодически выгружаемой с помощью вибротранспортера. Габариты аппарата 2*2*3 м.

Скруббер комбинированный представляет собой цилиндрический аппарат на основе эжекторного скруббера, встроенного в цилиндрический корпус и снабженный каплеуловителями. Диаметр аппарата 1 м, высота 2,5 м. Сверху аппарат оборудован центробежно-струйной форсункой. В контуре с аппаратом установлены насос подачи орошающего раствора, обратная емкость объемом 3,2 м³ и емкость для дозирования щелочного раствора (400 л).

Абсолютный фильтр ФАРТОС 1000-1 с фильтрующей поверхностью ультратонкого стекловолокна 20,45 м² имеет размеры 1 м (диаметр) на 1,5 м (высота).

3.5. Узел цементирования зольного остатка, шламов и летучей золы представляет собой бокс, выполненный из нержавеющей стали, с размерами 3*1,5*2,5 м. Оборудован дозировочными емкостями для подачи воды, шлама отработанного орошающего раствора, цемента и добавок, устройством вскрытия упаковок с цементов, тележкой для подачи металлических бочек емкостью 200 л и устройством дезактивации оборудования и бочки.

ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА (см. технологическую схему).

Отходы на сжигание в печь поступают в крафт-мешках с массой одной упаковки до 10 кг. С помощью герметичного транспортного конвейера упаковка с отходами поступает в загрузочную шлюзовую камеру 1 печи 2. Из нее при открывании шиберов и теплового экрана печи упаковка падает на колосники камеры сжигания отходов в печи. В печи имеются два

уровня поворотных колосниковых решеток: на верхней колосниковой решетке сжигаются отходы при температуре 800 - 1000 °С, на нижней дожигается зольный остаток. Поворотные колосники позволяют сбрасывать в приемник золы попавшие в печь крупные куски негорючих материалов. Обогрев печи осуществляется топливной форсункой **33**, расположенной над верхней колосниковой решеткой. Для горения отходов в печь на различных уровнях (в верхнюю и нижнюю колосниковые решетки, на амбразуру форсунки) подают дутьевой воздух. Одновременно с твердыми горючими отходами в печи могут сжигаться и жидкие горючие отходы (масла), которые поступают в приемную емкость **15**, эмульгируются с добавлением концентрированного раствора щелочи и подаются насосом из эмульгатора **16** во вторую форсунку **34**.

Отходящие газы на выходе из печи содержат горючие газы (продукты неполного сгорания отходов) и радиоактивные аэрозоли (сажа, зола). Их сжигают в камере дожигания **3** в избытке воздуха при температуре 1000 - 1200 °С, создаваемой с помощью топливной форсунки **33**. Такие условия в сочетании со временем выдержки отходящих газов в камере (не менее 2 секунд) гарантируют глубокое окисление органических соединений.

На выходе из камеры дожигания отходящие газы содержат вредные компоненты, которые необходимо уловить перед выбросом в атмосферу. Среди них: HCl, SO_x, NO_x, диоксины, летучая зола. Сначала отходящие газы охлаждают с температуры 1000-1200 °С до 250-350 °С в испарительном теплообменнике **4** за счет испарения воды или отработанного щелочного орошающего раствора, подаваемых через пневматическую форсунку внешнего смешения. Быстрое охлаждение до 250-350 °С позволяет в значительной степени предотвратить образование диоксинов в отходящих газах, наиболее вероятное при медленном охлаждении газов в интервалах температур 1200 - 900 и 600 - 400 °С.

Охлажденные отходящие газы очищают от радиоактивных аэрозолей в рукавном фильтре **5**. Более 95 % аэрозолей удаляются из газового потока и собираются в бункере рукавного фильтра. Фильтрующие элементы, выполненные из металлотканой сетки, периодически регенерируют сжатым воздухом методом импульсной продувки при достижении аэродинамического сопротивления фильтра, равного 1,5 кПа.

Из рукавного фильтра газы с температурой 200-300 °С направляют в скруббер Вентури **8**, где происходит их очистка от кислых газов (HCl, SO_x, NO_x). Орошающий раствор циркулируют насосом по контуру: емкость **9** - насос **18** - теплообменник **10** - скруббер **8**. pH орошающего раствора поддерживают в интервале 8 - 10 введением раствора щелочи (NaOH) из емкости **17**, а температуру - 40 - 45 °С с помощью теплообменника **10**. Часть орошающего раствора из емкости постоянно подают в испарительный теплообменник **4**.

Во избежание конденсации воды из насыщенных влагой газов после скруббера отходящие газы подогревают в электроподогревателе **13** до 100 - 120 °С. Нагретые отходящие газы перед выбросом в атмосферу проходят окончательную очистку от радиоактивных пылевых частиц в абсолютном фильтре **11** (ФАРТОС Ц-2000).

Весь комплекс находится под разрежением, для его создания служит дублированный вытяжной вентилятор высокого давления **21**. В процессе переработки отходов разрежение в печи поддерживают около 200 Па.

Для перевода зольного остатка, выгруженного из печи **2**, летучей золы и сухих солей, уловленных в камере дожигания, испарительном теплообменнике и рукавном фильтре, в химически стабильную форму используется процесс их цементирования высокопроницаемыми цементами. Переработка зольного остатка проводится по окончании кампании сжигания отходов в печи. Остывшая зола из сборника золы печи **2** и уловленные продукты из бункеров камеры дожигания, испарительного теплообменника и рукавного фильтра с помощью вибротранспортеров **27** и **28** перегружается в размещенную в боксе **31** стальную бочку **29** объемом 200 л с герметичной крышкой. Зола в бочке смачивается определенным количеством воды,

подаваемой насосом из дозирочной емкости **22**. В смесителе цементного раствора **26** смешиваются в определенных пропорциях вода из дозирочной емкости **23**, жидкие добавки, улучшающие качество цементного камня, из дозирочной емкости **24** и цемент из аппарата вскрытия упаковок цемента **25**. Готовый цементный раствор подается насосом в бочку со смоченной золой через предварительно установленный зонд. Заполнение бочки цементным раствором происходит снизу вверх, что обеспечивает равномерное пропитывание раствором всего слоя золы. После заполнения бочка герметично закрывается крышкой и после твердения раствора извлекается из бокса **31** с помощью захвата **32**. Полученный цементный компанд транспортируется в хранилище ТРО.

Контроль и управление работы комплекса осуществляется в автоматическом режиме. Комплекс оборудуется системами дозиметрического и технологического контроля.

6. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛЬНЫМ СРЕДАМ.

№ п/п	Среда	Температура, °С	Давление, МПа	Расход, кг/час		
				номин.	макс.	
1.	Топливо (печное, дизельное)	20	0.5	20	35	Возможно использование природного газа
2.	Сжатый воздух	20	0.7	150	220	очищенный от масла и воды
3.	Воздух дутьевой	20	0.102	800	1200	
4.	Щелочь (едкий натр, каустическая сода)	20	0.3	4	7	в зависимости от состава отходов в виде 20-40 % - ного раствора
5.	Вода оборотная	20	0.7	25000	40000	
6.	Аммиак газообразный	20	0.3	0,4	1	

7. ВТОРИЧНЫЕ ОТХОДЫ.

N	Наименование	Температура, °С	Производительность		Состав	Примечание -
			непрер., кг/ч	период. кг/цикл		
1.	Отходящие газы	100 - 200	1500	---	N ₂ , O ₂ , CO ₂ , H ₂ O	
2	Цементный блок	20	----	500	H ₂ O, Na ₂ SO _x , NaNO _x , NaCl, зола, цемент	200 л бочка