

**Технически университет- София**

# **Студентски конкурс**

**Ядрена техника  
и  
ядрена енергетика**

**Тема: „Методи за третиране на  
Радиоактивни отпадъци от АЕЦ „Козлодуй“**

**София  
2013 година**

## **1. Увод**

В изпълнение на ангажиментите на България по присъединяването на страната към Европейския съюз, АЕЦ „Козлодуй“ спря експлоатацията на първите четири реактора ВВЕР 440 преди края на техния проектен живот. Блокове 1 и 2 бяха затворени в края на 2006 г., а блокове 3 и 4 в края на 2007 г. В момента тези четири блока са на етап извеждане от експлоатация и подготовка за демонтиране. В съответствие със стратегията за извеждане от експлоатация на блокове 1 до 4 на АЕЦ „Козлодуй“ по време на извеждането от експлоатация и демонтирането се генерират твърди ниско и средно активни РАО, но свободният капацитет за съхранението им на площадката е ограничен. Сега съществуващите методи за намаляване на обема на генерирани на площадката РАО от категория 2а включват пресоване и циментиране в стандартни бетонови контейнери с формата на куб. Тези контейнери се съхраняват временно на площадката в очакване на въвеждането в експлоатация на Национално хранилище за погребване на ниско и средно активни краткотрайно живеещи РАО.

Прогнозите показват, че след освобождаване от наличните и генериране на нови твърди радиоактивни отпадъци, капацитетът на съществуващото на площадката хранилище няма да бъде достатъчен да побере всички отпадъци, които ще бъдат генерирани в обозримото бъдеще, преди завършването на хранилището извън площадката. Поради тази причина се предвижда в АЕЦ „Козлодуй“ да бъде монтирано съоръжение, което осигурява висок коефициент на намаляване на обема (ВКНО).

## **2. Общи сведения за съществуващото положение**

Радиоактивни отпадъци (РАО) се съхраняват на редица места на площадката на АЕЦ „Козлодуй“. Някои от тези места представляват сгради, които ще бъдат демонтирани в съответствие със Стратегията за извеждане от експлоатация на блокове 1÷4.

РАО се съхраняват в една от следните три форми: непресовани, пресовани и суперпресовани.

Управлението на РАО обхваща целият технологичен цикъл – от възникването им, през предварителната им обработка, преработката, транспорт и привеждането в съответното състояние за временно съхранение и последващо погребване.

Дейността на СП „РАО – Козлодуй“ се осъществява чрез три основни обекта:

- Цех за преработка на РАО;
- Склад за съхранение на кондиционирани РАО;
- Площадка „Варово стопасство“.

Цеха за преработка на РАО включва три основни технологични линии:

- Линия за преработка на твърди РАО;
- Линия за преработка на течни РАО;
- Инсталация за дезактивация на метални РАО.

Линията преработка на твърди радиоактивни отпадъци е с капацитет около 1300 куб. м година.

Линията за преработка на течни радиоактивни отпадъци е предназначена за преработка на течни РАО и е с капацитет 450 куб. м на година.

Инсталацията за дезактивация на метални РАО (ИДМРАО) е изградена на модулени принцип и е с капацитет 25 тона на година.

Опаковането на вече преработените отпадъци се извършва в стоманобетонни контейнери (СтБК), които се обработват в зависимост от вида отпадъци, които ще се поставят в тях. В рамките на една работна смяна в поделението се преработват около 10 кубични метра твърди и 5 кубични метра течни радиоактивни отпадъци. Основен принцип при преработката на отпадъците е стремежът към намаляване на техния обем.

Специализираният технологичен контрол се изпълнява в модерен лабораторен комплекс.

Вторият обект на СП „РАО-Козлодуй“ е склада за съхранение на кондиционирани РАО (ССКРАО), който е с капацитет 1920 броя СтБК и е предназначен за временно съхранение. ССКРАО е надземно модерно съоръжение. Всички дейности в него, включително складирането на опаковките с преработените кондиционирани радиоактивни отпадъци, се изпълняват чрез компютърна програма, дистанционно, от пулт за управление с видеотехника.

От екологична гледна точка са осигурени три инженерни бариери срещу разпространяването на радиоизотопи в околната среда. Първата бариера се съдържа в резултата на цялостната обработка, който е краен циментиран продукт. На второ място той се запечатва в стоманобетонен контейнер, който е отлят с персонален номер, и накрая се поставя в специализиран склад-хранилище.

### **3. Видове преработвани РАО**

В резултат от експлоатацията и ремонтната дейност на атомната централата се получават различни видове РАО, които се дефинират в различни потоци. Най-общо ниско и средноактивните РАО могат да се разделят на две основни групи течни и твърди отпадъци.

Твърдите радиоактивни отпадъци се генерират в резултат на обслужването и ремонта на съоръженията в атомната централа. Те са части от демонтирано оборудване, арматура, филтри, инструменти, специално облекло за работа в контролираната зона, строителни отпадъци и др.

Течните радиоактивни отпадъци са водни разтвори, суспензии, концентрати, масла. Значително количество радиоактивни отпадъци се очаква да бъдат отделени и в процеса на постепенно извеждане от експлоатация на блокове в АЕЦ „Козлодуй“.

РАО се съхраняват на различни места на площадката на АЕЦ „Козлодуй“. Отпадъците ще се доставят в чували, варели или пресовани варели, разположени в стандартни контейнери за РАО на СП „РАО - Козлодуй“.

Отпадъците представляват смес от различни видове материали. В Таблицы 1 и 2 са представени данни за видовете материали и измереното радиоактивно съдържание.

Отпадъците, подлежащи на преработване се съхраняват в някоя от следните три форми: непресовани, предварително пресовани и суперпресовани. Съоръжението за стопяване с плазмена дъга ще бъде в състояние да третира всяка от тези три форми отпадъци.

➤ **Непресовани отпадъци**

Непресованите отпадъци представляват значителна част от РАО категория 2а, които трябва да се преработват на площадката. Отпадъците, които се съхраняват на някои места не са сортирани, докато на други, те са сортирани по тип и категории. Тези отпадъци не са подлагани на никакво третиране за намаляване на обема.

➤ **Предварително пресовани отпадъци**

Като част от операциите по намаляване на обема, които се прилагат понастоящем в АЕЦ “Козлодуй”, твърдите отпадъци се транспортират до специално изградено за целта съоръжение. Отпадъците, които могат да бъдат пресовани се подават към 50-тонна преса за предварително пресоване, която пресова отпадъците вътре във варела. Стойностите на коефициента на намаляване на обема (КНО) варират в зависимост от типа на материала, който се пресова.

➤ **Суперпресовани отпадъци**

След предварителното пресоване, отпадъците се подават на 910-тонна суперпреса. На изход от суперпресата варелите са с приблизителна височина 20-40 см и обикновено варират по тегло от <100 kg (дърво) до >260 kg (строителни отпадъци) в зависимост от съдържанието. Част от суперпресованите варели се поставят в ББ-кубове, където се имобилизират с цимент с цел дългосрочно съхраняване.

Отпадъците ще бъдат транспортирани със стандартен 6 m<sup>3</sup> контейнер за РАО на СП “РАО - Козлодуй”, който ще се използва също за пренасяне на контейнери с имобилизирани отпадъци.

Таблица 1: Разбивка на горими отпадъци по видове и материали

Материали	Обемни %	Тегловни %
Текстил	90.3	87.7
Дърво	5.4	7.3
Полимер	4.3	5

Таблица 2: Радиометрични характеристики на РАО от АЕЦ “Козлодуй”

Материал	Радиация (av.) (mSv/h)	Специф. активност (Bq/kg)	Радионуклиден състав (%)							
			Co <sup>60</sup>	Ag <sup>110</sup> <sub>m</sub>	Cs <sup>134</sup>	Cs <sup>137</sup>	Nb <sup>95</sup>	Mn <sup>54</sup>	Fe <sup>59</sup>	Co <sup>58</sup>
Смесени	0.69	3.87E+05	59	4	4	24	1	5	1	2
Полимери	0.33	2.98E+05	64	7	9	9	1	7	1	2
Дърво	0.30	5.17E+05	63	9	6	9	1	8	1	3

Материал	Радиация	Специф. активност	Радионуклиден състав (%)							
			55	8	7	18	1	7	1	3
Текстил	0.29	4.02E+05	55	8	7	18	1	7	1	3
Стружки	0.24	3.64E+05	66	6	9	8	1	8	0	2
Каучук	0.24	1.80E+05	65	3	5	20	0	5	0	2
Дърво	0.10	1.83E+05	51	1	8	34	0	5	0	1
Метал	0.09	1.30E+05	58	2	8	21	0	9	1	1
Строителни и отпадъци	0.05	2.96E+05	58	2	5	30	0	4	0	1
Всички измерени РАО	0.25	3.23E+05	57	6	6	20	1	6	1	3

#### 4. Методи за преработка на ниско и средно активни РАО

##### 4.1. Пресоване и циментиране на радиоактивни отпадъци

Понастоящем практиката за обезвреждане на РАО категория 2а, произведени на площадката, е да бъдат редуцирани по обем посредством съществуващите методи за намаляване на обема (пресоване) и да бъдат залети с циментов разтвор в стандартни кубовидни, бетонни контейнери. Тези контейнери се съхраняват временно на площадката, в очакване пускането в експлоатация на съоръжение за дългосрочно депониране извън територията на площадката.

Съставът на циментовата матрица, в която са имобилизирани радиоактивните отпадъци е проектиран така, че да запазва имобилизационните си свойства, както и физико-химичните си характеристики при реално неосъществими условия на околната среда, (замразяване на матрицата до  $-15^{\circ}\text{C}$  и последващо затопляне до  $+60^{\circ}\text{C}$  в рамките на 24 часа в 30 последователни цикъла). Също така съставът на имобилизационната матрица е така проектиран, че да има възможно най-ниски стойности на скоростта на измиване на радионуклидите имобилизирани в нея (за  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{60}\text{Co} \leq 3\text{E}-3 \text{ g/cm}^2.\text{day}$ ). Контейнерите СтБК използвани за съхранение и транспорт на РАО са конструирани така, че да запазват проектите си технологични свойства при въздействие на микроорганизми, механични натоварвания, свободно падане, потопяване под вода, замръзване, пожароустойчивост. Опаковките подлежащи на погребване в НХРАО са съчетание между гореописаните, имобилизационна матрица и СтБК контейнер, което гарантира, че възможността за разпространение на радионуклидите в околната среда е ограничено до разумно достижимият минимум и се явява първа инженерна бариера при погребването на РАО в НХРАО.



Фигура 1: Преса за предварително пресоване на PAO



Фигура 2: Преса за твърди PAO



Фигура 3: Транспортна лента за варели



Фигура 4: Изработване на стоманобетонов контейнер



Фигура 5: Стоманобетонов контейнер- общ изглед



Фигура 6: Изпитване на Стоманобетонов контейнер





Фигура 7: Транспорт на стоманобетонери контейнери



Фигура 8: Транспорт на Стоманобетонери контейнер



Фигура 9: Хранилище за временно съхраняване на стоманобетоннови контейнери

#### **4.2. Изгаряне чрез Система за плазмено стопяване**

Инсинерацията се причислява към така наречените методи за термично третиране на отпадъците. Чрез инсинерацията се постига намаляване на обема на отпадъците в порядък до 96 % от първоначалния им обем. В този смисъл инсинерацията не замества напълно депонирането, но значително намалява необходимостта от площи за съхраняването на твърдите отпадъци.

##### Приемане на PAO

Непреработените, пресованите и супер пресованите PAO пристигат в контейнерите за отпадъци на АЕЦ „Козлодуй“. Опаковките с PAO се разтоварват от контейнера с помощта на захват, окачен на куките на съществуващия в СК-2 кран и се складира в зоните за временно съхранение.

##### Подаване на PAO

Непреработените PAO, пресованите PAO в 200-литрови варели и суперпресованите PAO се поемат и придвижват от транспортърите. Течните PAO могат да бъдат впръсквани директно в плазмената пещ.

##### Шредер и винтов транспортър

Посредством транспортъри и подемно оборудване твърдите PAO се прехвърлят автоматично към блока на шредера през въздушен шлюз. Шредерът и винтовият транспортър преработват непреработените PAO в чували, пресованите и суперпресованите 200-литрови варели в дребен и относително еднороден материал. Зъбите на шредера раздробяват отпадъците и варелите на малки парчета, които падат във винтов транспортър и от там се подават непрекъснато в камерата за първично третиране.

### Камера за първично третиране (КПТ) с плазмена горелка

В КПТ, оборудвана с плазмена горелка, действаща като източник на топлина, органичните вещества се преобразуват в летливи въглеводороди, въглероден окис, и т.н., докато неорганичните съставки се стопяват и трансформират в стъкловидна стопилка. Плазмата е високоенергийна технология, способна да преработва голям диапазон от отпадъци. При тази технология термичното плазмено поле се създава чрез насочване на електрически ток през поток от газ с ниско налягане (въздух, използван като плазмен газ). Интензивната високотемпературна зона може да бъде използвана за разлагане на отпадъците на техните химични елементи чрез инжектиране в плазмата, или чрез използване на плазмена дъга като източник на топлина за изгаряне или пиролиза. Когато КПТ е пълна с преработен продукт (разтопена стопилка), процесът на подаване трябва да бъде прекъснат и може да започне цикъла на изливане. Фазата на изливане на стопилката е полуавтоматичен процес. След като формата за стопилка е на място, системата за затваряне на отвора за изливане от КПТ трябва да бъде отворена дистанционно. В същото време пещта трябва да се наклони, за да позволи процеса на изливане. В резултат стопилката се излива през дюза или гърловина във формата за изливане, която предварително е поставена в охлаждаща форма. Крайните отпадъци по-нататък се охлаждат в отделна сборна камера за стопилка (СКС). Изходящите газове от КПТ преминават в Камерата за вторично третиране (КВТ) и след това в системата за преработка на газовете. В КВТ изходящите газове се смесват със свеж допълнителен въздух за да се завърши окисляването до първични окислени компоненти, такива като  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , и  $\text{SO}_2$ .

### Сборна камера за стопилка (СКС)

Стойката се събира в сборната камера за събиране и охлаждане на стопилката, която трябва да се разглежда като бокс с вентилация. Горещата стопилка се излива в стоманена форма с дебелина на стената 5 mm, която е поставена в чугунена форма за охлаждане с дебелина на стената около 100 mm за поглъщане на топлината; формата за охлаждане служи като самоекраниращо се устройство поради дебелината ѝ. След охлаждане формата със стопилка се изважда от формата за охлаждане с помощта на захващаща система с дистанционно управление и се поставя в позиционирания 200 -литров варел.

Новите форми се прехвърлят с транспортър през въздушен шлюз в бокс, където с помощта на малък кран се поставят във форма за охлаждане. Охлаждащата форма се придвижва към позицията за изливане на стопилката върху вътрешно транспортно устройство. Когато формата се напълни, тя се придвижва по-нататък за охлаждане, а на позицията за изливане се поставя нова форма.

След охлаждането формата за охлаждане се придвижва до позицията за изпразване, където вътрешната форма се изважда с помощта на малък кран и се прехвърля в 200 -литров варел. Този 200 -литров варел се позиционира до бокса, където капакът се отваря автоматично и се затваря отново, когато формата бъде поставена в 200-литровия варел. На практика външната страна на 200 -литровия варел е свободна от радиационно замърсяване и той е готов за окончателно кондициониране или преместване. След това празната форма за охлаждане се връща в позицията за пълнене и приема нова форма със стопилка. Охлаждането на формите отнема около 48 часа, така че 6 дебел

чугунени форми за охлаждане са достатъчни за осигуряване на непрекъсната работа през седмицата.

#### Камера за вторично третиране

Неизгорели газове, въглеводороди, частици сажди и СО, навлизайки в камерата за вторично третиране (КВТ), се смесват с допълнителен пресен въздух за завършване на окисляването до първични окисни компоненти, такива като СО<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>О, SO<sub>2</sub>. Допълнителният въздух се регулира от анализатор-контролер на кислород на изхода на КВТ.

Камерата за вторично третиране е оразмерена да осигурява време за престой минимум две секунди при проектната скорост на подаване на отпадъците и при минимална температура 850 °С. Горелката в КВТ работи с дизелово гориво и варира между голям и малък пламък във функция от температурата на изхода на КВТ. След КВТ изходящите газове постъпват в системата за преработване на газовете.

#### Система за почистване на изходящите газове

Системата за почистване на изходящите газове включва следните основни компоненти:

- бойлер за гореща вода за охлаждане на димните газове;
- 2 x 50 % ръкавни филтри за отстраняване на по-голяма част от радиоактивността и праха;
- модул за инжектиране на хидратна вар в ръкавните филтри;
- 2 x 100 % комбинация от груб и HEPA филтър;
- скрубър с контрол на рН за отстраняване на газообразни замърсители, като HCl, SO<sub>2</sub>;
- 2 x 100 % смукателни вентилатори с честотно управление на двигателите за регулиране на разреждането в системата;
- подгриване на димните газове и система DENOx с катализатор за преобразуване на азотните окиси в газообразен азот;
- система за непрекъснат контрол на емисиите (СКЕ) и контрол на радиоактивността преди навлизането в комина.

Системата за изходящи газове може да бъде описана по следния начин: След КВТ димните газове постъпват в системата за третиране на изходящите газове. Първоначално димните газове се охлаждат до 190 °С в триходов бойлер с лъчисто предаване на топлината. Горещата вода циркулира в затворен контур и отпадната топлина се предава на контура за охлаждаща вода на АЕЦ „Козлодуй“ посредством междинни теплообменници. По-нататък димните газове постъпват в ръкавните филтри, които се състоят от 2 отделения, всяко с 50 филтърни ръкава. Частиците се улавят чрез повърхностно филтриране от мембранните ръкавни филтри, произведени от PTFE (тефлон). Тези ръкавни филтри могат да издържат работна температура от 250 °С. Филтриращата материя се почиства с помощта на импулсна струя от сгъстен въздух, която се задейства от сигнализатор на диференциално налягане. Събраните частици се изтръскват от повърхността на ръкавите. Бункерът на дъното на камерата за ръкавни филтри приема частиците, като изпразването се извършва през ротационен изпускателен клапан във вибрационен транспортър.

След като преминат през филтърната тъкан, газовете преминават във високотемпературните HEPA филтри, които се състоят от два успоредни клона, като единият е резервен. Блокът за мокро почистване на газовете се състои от

охладителна кула за охлаждане на газовете до около 55 °С, противотокова очистителна кула (скрубър) с разтвор на сода каустик за отстраняване на HCl и SO<sub>2</sub> и влагоуловител. Два смукателни вентилатора осигуряват изпускането на димните газове в атмосферата. Единият вентилатор е резервен. Разреждането в цялата система се регулира от двигатели с честотно управление.

След подгриването на димните газове чрез рекуперирани на топлината от междинния контур на бойлера и допълнителен електрически подгревател, концентрацията на азотни окиси (NO<sub>x</sub>) се намалява с помощта на катализатор в DENOX - системата. Преди да постъпят в комина димните газове се подлагат на контрол от системата за непрекъснат контрол на емисиите за установяване на съдържанието на химични вещества като CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> и TOC (общ органичен въглерод). Резултатите се получават в реално време. Извеждат се стойности на половин час и усреднени дневни стойности, коригирани за температура 273 К, налягане 101,3 kPa, 11 % кислород и сух газ, така че да могат да се правят сравнения с допустимите емисионните граници. Освен това е предвидена и система за пробоотбор, която определя радиационните изпускания на всеки 24 часа.

#### Прехвърляне на 200 -литров варел в бетонен контейнер на ДП"РАО"

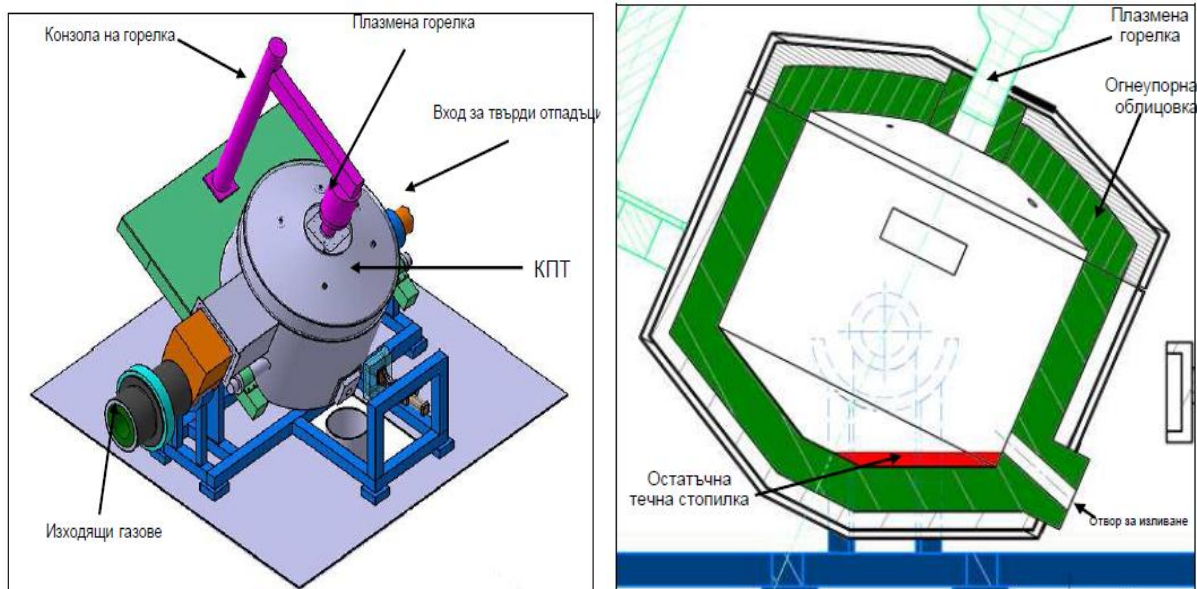
Стопилката не се кондиционира (вгражда или залива) допълнително, така че се използва максималният наличен обем на 200 -литровия варел и в резултат се получава най- добрият КНО (коефициент на намаляване на обема). В този случай 190 -литровата форма, пълна до 90 % със стопилка, се поставя в 200 -литровия варел (вж. събирателна камера за стопилка).

Мощността на контактната доза на произведените 200 -литровите варели, съдържащи стопилка, нормално е по-малка от 2 mSv/h и радиационното замърсяване на повърхността им е по-ниско от 0,4 Bq/cm<sup>2</sup> за алфа (α) и по-малко от 4 Bq/cm<sup>2</sup> за бета (β) частици.

С помощта на захват, окачен на куките на съществуващите кранове, 200 – литровите варели се поставят във временно хранилище. Веднъж седмично се осигурява транспортен контейнер от АЕЦ „Козлодуй“ и варелите се транспортират до бетонов контейнер на АЕЦ „Козлодуй“ за дълготрайно съхранение (1,95x1,95x1,95 m).

Временните хранилища са оборудвани с подходяща биологична защита за очакващите дълготрайно съхранение 200 -литрови варели, която осигурява изпълнението на принципа ALARA. В друго съоръжение на площадката на АЕЦ „Козлодуй“ бетоновият контейнер преминава последната стъпка на кондиционирането с бетон.

На Фигура 11 е показана принципната компоновка на СПИ. На Фигура 12 е дадено технологичното описание на инсталацията.



Фигура 10: Примерно изображение на КПТ

Тъй като СПИ е проектирана за преработка на твърди и течни отпадъци, КПТ има два различни входа, единият е за подаване на надробените твърди отпадъци, а другият за впръскване на течни отпадъци.

Твърдите отпадъци постъпват в КПТ през подаващата система и подаващата тръба на шредера. Подаващата тръба се намира на една линия с оста на наклоняване на пещта. Течните отпадъци постъпват от станция за изпомпване на СПИ и се впръскват в пещта с помощта на охладена с вода дюза.

## 5. Коефициент на намаляване на обема (КНО)

КНО се изчислява по следния начин:

$$\text{КНО} = \frac{\text{Обем на входящите отпадъци}}{\text{Обем на получената стопилка}}$$

В зависимост от вида на третираните отпадъци КНО варира от 3,3÷300

КНО на нетретираните отпадъци и предварително пресованите отпадъци е съответно 81 и 22, което е значително повече от целевите КНО – 50 и 20. КНО на суперпресованите отпадъци е също съществен и силно зависи от състава и плътността на отпадъците. КНО за леки и тежки суперпресовани варели е съответно 11,7 и 1,5. Средният КНО за суперпресовани отпадъци е 2,7.

### 5.1. Общи съображения за КНО

За определяне на КНО на АЕЦ „Козлодуй“ са взети данни от отчета за критериите за приемливост и са направени някои допускания:

- Нетретираните отпадъци може да се разглеждат като насипни отпадъци със средна плътност 150 kg/m<sup>3</sup>;
- Предварително пресованите отпадъци имат плътност 250 kg/m<sup>3</sup>. Това означава, че 1 варел има брутно тегло 70 kg (50 kg отпадъци плюс 20 kg за стоманения варел);
- Празните стоманени варели за предварително пресованите отпадъци и суперпресованите отпадъци са с тегло по 20 kg;

- Суперпресованите отпадъци с дървесина имат плътност  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Дървесината не може да бъде по-суперпресована от своята плътност, поради което приемаме, че  $1 \text{ m}^3$  от този тип отпадъци съответства на закръгленото число  $1000 \text{ kg/m}^3$ , включително стоманените варели;
- Суперпресованите отпадъци с бетонни късове имат плътност  $2000 \text{ kg/m}^3$ , която е малко по-ниска от тяхната плътност, поради което приемаме, че  $1 \text{ m}^3$  от този тип отпадъци съответства на закръгленото число  $2000 \text{ kg/m}^3$ . Получаващите се шайби имат височина до  $0,4 \text{ m}$ ;
- Половината от обема на суперпресованите отпадъци е дървесина, а другата са бетонни късове;
- КНО означава отношението на обема на входящите отпадъци към нетния обем на изходящите отпадъци (стопилка).

Определена е и специфичната радиоактивност на крайните варели чрез вземане на общата активност на всеки поток от отпадъци и разделяне на броя на формите (Таблица 3). Общата активност се получава чрез умножение на нетното тегло по специфичната активност  $3,23\text{E}+05 \text{ Bq/kg}$ . Специфичната активност на крайните варели е около  $6,7\text{E}+08 \text{ Bq/варел}$ , което съответства на контактна доза  $< 0,8 \text{ mSv/h}$  (изчислена с най-консервативния изотоп  $\text{Co-60}$ ).

## 5.2. Експлоатационен опит за получени КНО

### 5.2.1. КНО в Цвилаг

Базовата производителност за съоръжението Цвилаг е  $200 \text{ kg/h}$  за горими отпадъци и  $300 \text{ kg/h}$  за топими отпадъци. По време на изпитвателни операции е доказана осъществимостта на три различни експлоатационни режима.

По същество има един режим на изгаряне, при който се обработват всички органични отпадъци с малки количества неорганичен материал и включително стоманения варел. Коефициентът на намаляване на обема (КНО) е 20.

Може да се проведе един режим на *стриктно разтопяване*, който осигурява КНО около 2.

Смесеният или *хибридният режим* обикновено е най-използваният режим, защото за зареждане на различните типове отпадъци се използват варели от  $200 \text{ l}$  (КНО от  $4\div 5$ ).

По време на тази операция в системата се подава смес от органични, неорганични и метални части. Този подход дава оптимални резултати при обработката на отпадъците и до голяма степен елиминира нуждата от всякакво специално сортиране на отпадъците преди тяхното подаване в системата. Повече органичен материал в подаваните отпадъци води до по-висок КНО.

Една типична смес от отпадъци се състои от следните материали: стъкло, текстил, пластмаси, ПВХ, хартия, каучук, бетон, утайка, стомана, мед, месинг и др.

Варелите с отпадъци, които ще се обработват, се транспортират до буферния склад на Цвилаг и се групират там в комплекти от по 16 до 20 варела, което води до  $800 \text{ l}$  стопилка преди изливане.

## 5.2.2. КНО на пещта за изгаряне на отпадъци SILVA

Пещта за изгаряне Silva третира водни и органични течности и твърди органични отпадъци. Глобалният КНО след суперпресоване и кондициониране на получените пепели при третиране на твърди отпадъци варира от  $75 \div 85$ .

## 5.2.3. Заключение за КНО, произтичащо от експлоатационен опит

КНО от експлоатационния опит от Цвилаг за стоманените варели, съдържащи органични отпадъци (КНО=20) съответства добре на споменатите стойности (КНО=22). Разлики могат да дойдат от малки неорганични материали в органичните отпадъци и от разлика в теглото на стоманените варели.

При третиране само на органични отпадъци КНО също съответства добре на КНО от експлоатационния опит с конвенционална пещ за изгаряне (КНО около 80).

## 5.3. КНО за отделните потоци от отпадъци

Ако различните потоци от отпадъци се третират поотделно, тогава специално за органичните отпадъци трябва да се добавят добавки, за да се образува стопилка. Добавките могат да бъдат материал на основата на силициев оксид или зърнести материали като пясък, бетон, стъкло.

- КНО за органични отпадъци или нетретирани отпадъци: КНО= 81

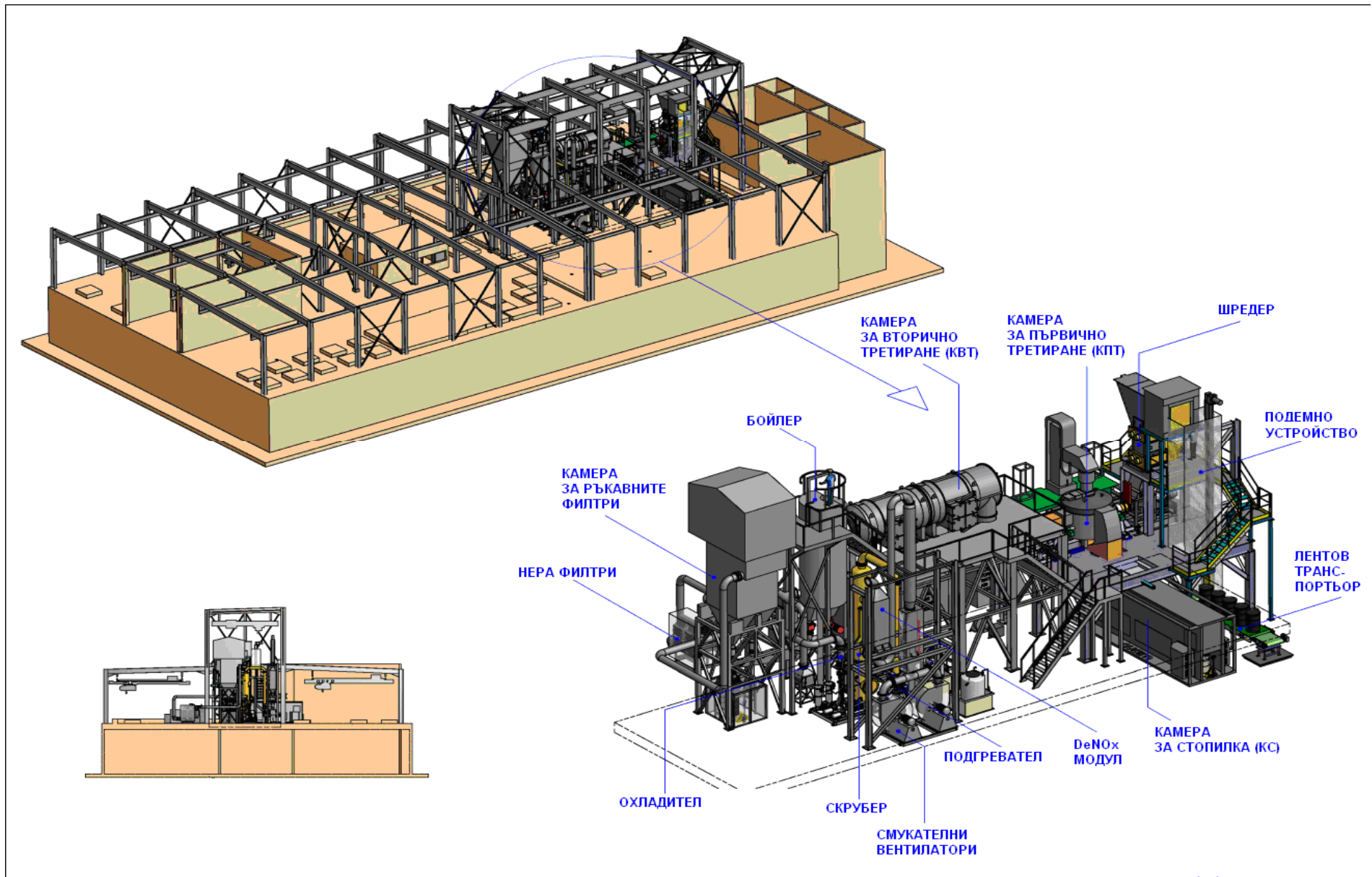
На практика при третиране на органични отпадъци първо трябва да се третира варел с добавки (зърнести материали), за да се образува достатъчно стопилка.

- КНО за органични отпадъци във варел от 200 l или предварително пресовани отпадъци: КНО= 22
- КНО за суперпресовани варели, съдържащи дървесина (целулоза): КНО= 11,7
- КНО за суперпресовани варели, съдържащи бетонни късове: КНО= 1,5

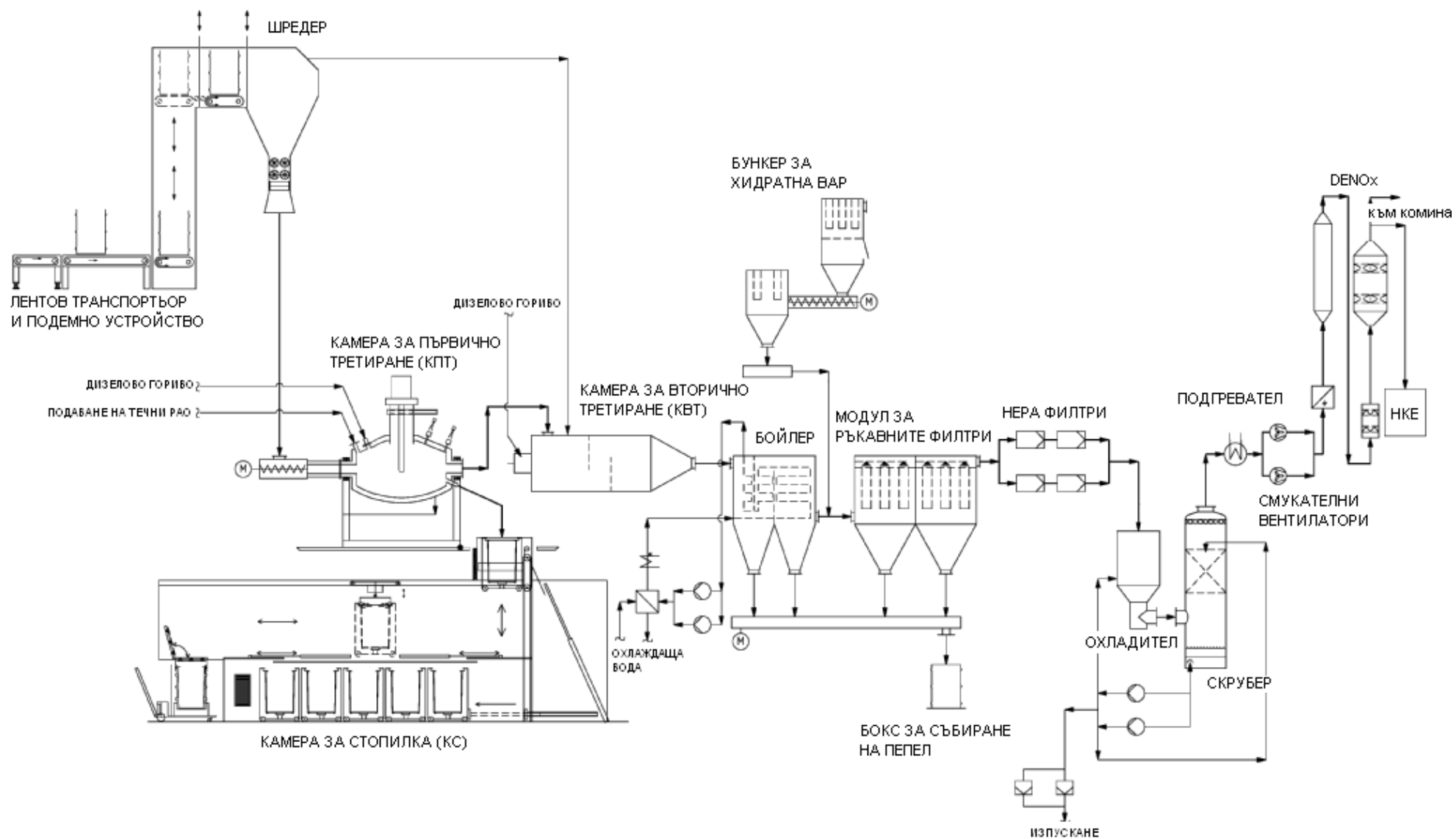


Таблица: 3

Тип	Количество m <sup>3</sup>	Общо тегло, бруто t	Общо тегло, нето t	Обща активност Вq на нетен t	КНО на нетен обем стопилка	Бр. форми от 190 l стопилка	Бр. варели от 200l	Активност за варел Вq
Нетретираны отпадъци	4112	617	617	1,99E+11	81	299	299	6,7E+08
Предварително пресовани отпадъци	1242	435	311	1,00E+11	22	339	339	3,0E+08
Суперпресовани отпадъци дървесина	454	454	363	1,17E+11	11,7	228	228	4,0E+08
Суперпресовани отпадъци бетонни късове	454	907	837	2,70E+11	1,5	1778	1778	1,5E+08
Суперпресовани отпадъци средно	907	1361	1200	3,88E+11	2,7	2006	2006	1,9E+08
Общо	6261	2412	2127	6,87E+11		2644	2644	2,6E+08



Фигура: 11



Фигура: 12

## Използвана литература

1. „Стратегия за извеждане от експлоатация на блокове 1÷ 4 на АЕЦ „Козлодуй““;
2. Проектиране и доставка на „Съоръжение за третиране и кондициониране на твърди РАО с голям коефициент на намаляване на обема”- Проект 5b на ГУП;
3. Технически отчет. „Оптимизация на кондиционирането и опаковането на РАО“;
4. Държавно предприятие „Радиоактивни отпадъци”- <http://dprao.bg/> .