

Х ЮБИЛЕЙНАЯ РОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА  
И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ»  
22-25 сентября 2015 г. Москва - Обнинск, Россия

---

# ОБОСНОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ЖОЯТ РУ ИИН-ЗМ НА ФГУП «ПО «МАЯК»

*А.А. Рожноевская, А.В. Деткина, А.З. Гаязов, С.В. Комаров  
(ООО НПФ «Сосны», г.Москва)*



[www.sosny.ru](http://www.sosny.ru)  
[www.sosnycompany.com](http://www.sosnycompany.com)

## Цель работы

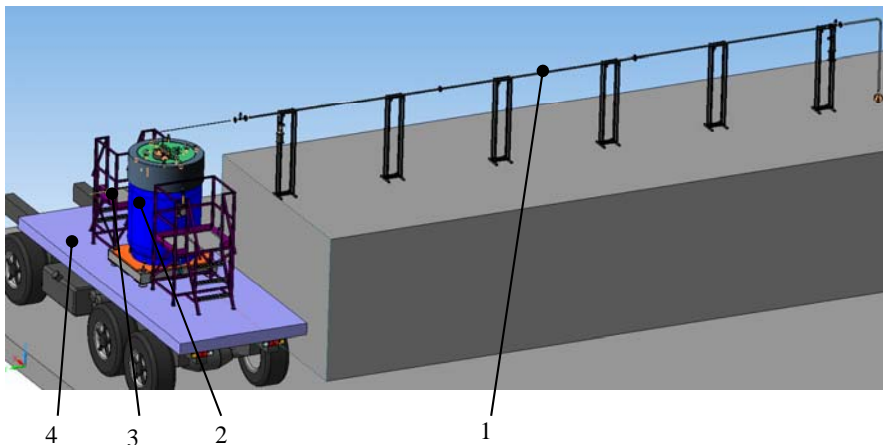
Анализ безопасности нормальной эксплуатации комплекса оборудования для обращения с ЖОЯТ РУ ИИН-3М на ФГУП «ПО «Маяк», а также при проектных и запроектных авариях, был проведен с целью обоснования следующих видов деятельности:

- выгрузка ЖОЯТ из пеналов в аппарат узла растворения;
- обращение с РАО при их образовании и передаче в действующую на ФГУП «ПО «Маяк» систему обращения с РАО.

С помощью анализа и оценки последствий исходных событий, приводящих к проектным и запроектным авариям, необходимо было показать, что работа комплекса оборудования для обращения с ЖОЯТ РУ ИИН-3М соответствует действующим НД.

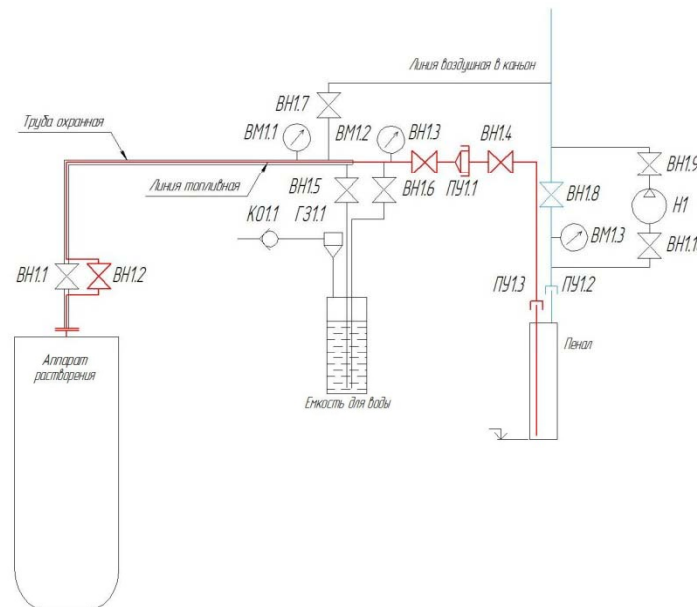
# Технология обращения с ЖОЯТ

- 1 этап – Приём ТУК-145/С и перевозка контейнера SKODA VPVR/M к месту выгрузки ЖОЯТ из пеналов.
- 2 этап – Подготовка контейнера SKODA VPVR/M к выгрузке ЖОЯТ из пенала.
- 3 этап – Перекачка ЖОЯТ из пеналов в аппарат узла растворения.
- 4 этап – Подготовка порожнего контейнера SKODA VPVR/M к отправке.
- 5 этап – Демонтаж оборудования, используемого в процессе подготовки ЖОЯТ к переработке.



1 – линия перекачки ЖОЯТ; 2 – контейнер SKODA VPVR/M;  
3 – трейлер; 4 – площадка обслуживания

**Общий вид оборудования для перекачки ЖОЯТ  
из пеналов в аппарат узла растворения**



**Схема подключения пенала к узлу растворения**

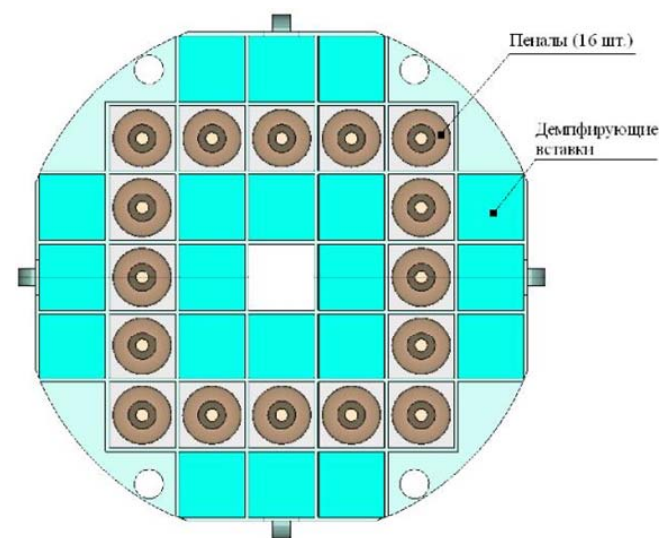
# Исходные данные (нормальная эксплуатация)

Основной источник радиационного воздействия на персонал – **продукты деления, локализованные в ЖОЯТ РУ ИИН-3М.**

Объем ЖОЯТ в каждом из 16 пеналов не превышает 1,7 л; плотность ЖОЯТ - 1,27 г/см<sup>3</sup>.

Удельная активность основных дозообразующих радионуклидов, локализованных в ЖОЯТ

Изотоп	Удельная активность, Бк/л
<sup>144</sup> Ce	$1,23 \cdot 10^8$
<sup>137</sup> Cs	$3,32 \cdot 10^9$
<sup>106</sup> Ru	$1,19 \cdot 10^7$
<sup>90</sup> Sr	$3,15 \cdot 10^9$
<sup>85</sup> Kr	$2,00 \cdot 10^8$

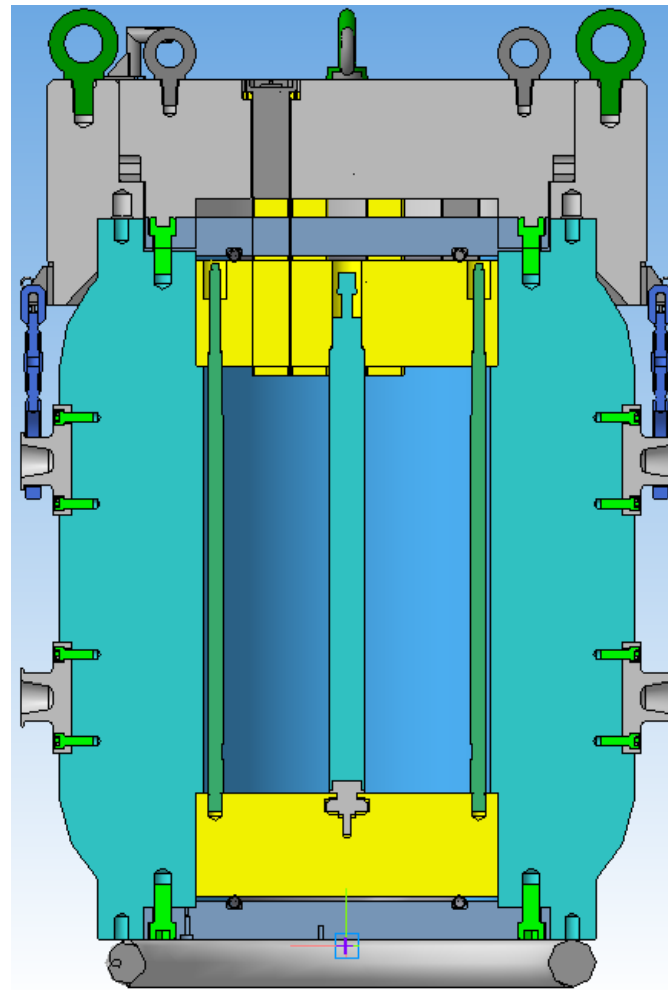


**Схема размещения пеналов с ЖОЯТ в чехле контейнера SKODA VPVR/M**

# Исходные данные (нормальная эксплуатация)

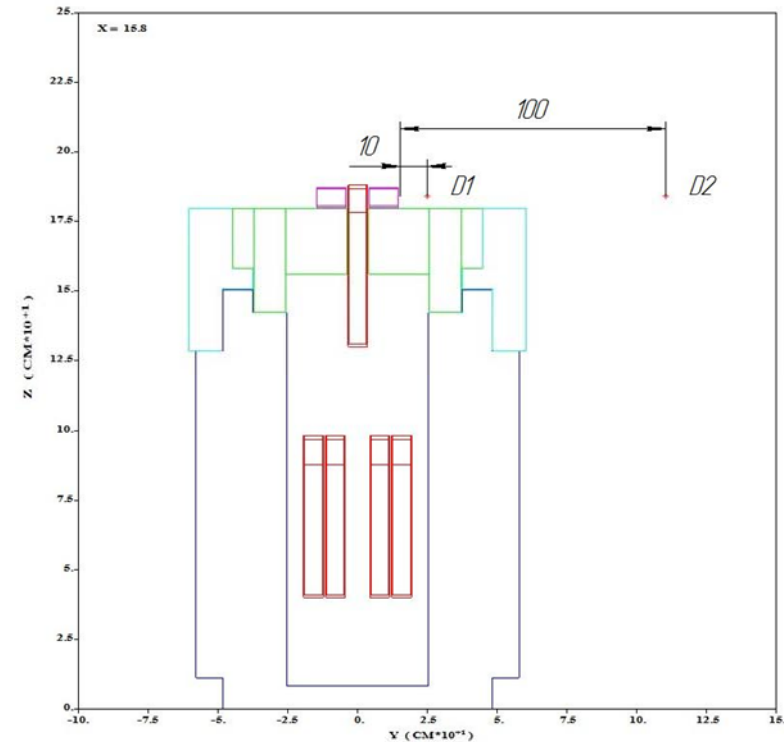
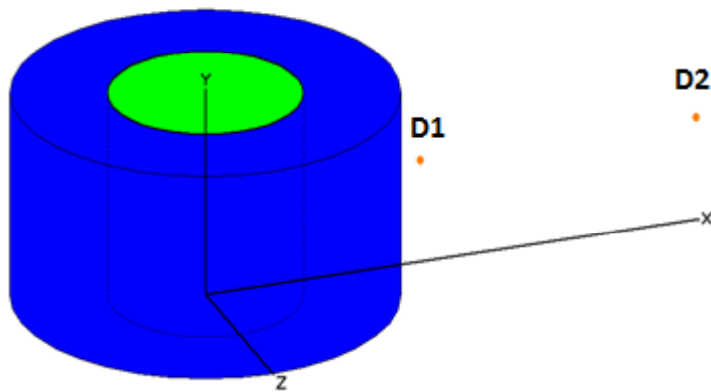
Расчет МЭД на рабочих местах персонала проводился для следующих операций.

1. Транспортировка закрытого контейнера SKODA VPVR/M с ЖОЯТ
2. Подготовка контейнера SKODA VPVR/M к выгрузке ЖОЯТ:
  - 1) с контейнера SKODA VPVR/M демонтирована верхняя наружная крышка и установлена перегрузочная плита;
  - 2) с контейнера SKODA VPVR/M демонтированы верхние наружная и внутренняя крышки и установлена перегрузочная плита ;
  - 3) на контейнер SKODA VPVR/M установлены перегрузочная плита и кондуктор, открыт один из шиберов кондуктора;
  - 4) на контейнер SKODA VPVR/M установлены перегрузочная плита и кондуктор, открыт один из шиберов кондуктора, размещено устройство зажимное.
3. Выгрузка ЖОЯТ из пенала по трубке топливной линии в аппарат узла растворения.
4. Выгрузка пустых пеналов из контейнера SKODA VPVR/M.



# Нормальная эксплуатация. Методика расчета

При обосновании защиты персонала от внешнего излучения, в зависимости от сложности геометрических моделей, использовались следующие программные средства: TDMCC (реализует метод Монте-Карло) и Microshield 8.02 (инженерные методы).



## Примеры расчетных моделей

Транспортировка закрытого контейнера с ЖОЯТ (слева ПС Microshield 8.02). Контейнер с установленными на него перегрузочной плитой и кондуктором, открыт один из шиберов кондуктора, размещено устройство зажимное (справа ПС TDMCC).

# Результаты расчета. Нормальная эксплуатация

Моделируемые геометрии, для расчета МЭД на рабочих местах персонала	МЭД, мкЗв/ч	
	D1*	D2**
Закрытый контейнер с ЖОЯТ	$4 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Контейнер SKODA VPVR/M с демонтированной верхней наружной крышкой и установленной перегрузочной плитой	$7 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Контейнер SKODA VPVR/M с демонтированными верхними наружной и внутренней крышками при установке кондуктора	6,4	1,28
Контейнер SKODA VPVR/M с установленными на него перегрузочной плитой и кондуктором (один шибер открыт)	8	$7 \cdot 10^{-3}$
Контейнер SKODA VPVR/M с установленными на него перегрузочной плитой и кондуктором, размещенным зажимным устройством и поднятым пеналом с ЖОЯТ	0,2	$3 \cdot 10^{-3}$
Заполненная трубка топливной линии	44	4.4
Пустые пеналы с неизвлекаемым остатком ЖОЯТ	15.2	—

\* D1 – точка детектирования на расстоянии 10 см от источника излучения;

\*\* D2 – точка детектирования на расстоянии 100 см от источника излучения.

Максимальная индивидуальная доза внешнего облучения персонала при обращении с ЖОЯТ, полученная оператором цеха, не превысит **50 мкЗв**.



# Исходные данные (аварийные условия)

## Нарушение нормальной эксплуатации:

- потеря проходимости трубки топливной линии при передаче ЖОЯТ РУ ИИН-3М в аппарат узла растворения;
- потеря герметичности соединений топливной линии.

## Проектные аварии:

*внутренние исходные события:*

- разрыв трубки топливной линии;
- отказ запорно-регулирующей арматуры;
- падение пенала с ЖОЯТ.

*внешние исходные события:*

- потеря энергоснабжения.

## Запроектные аварии:

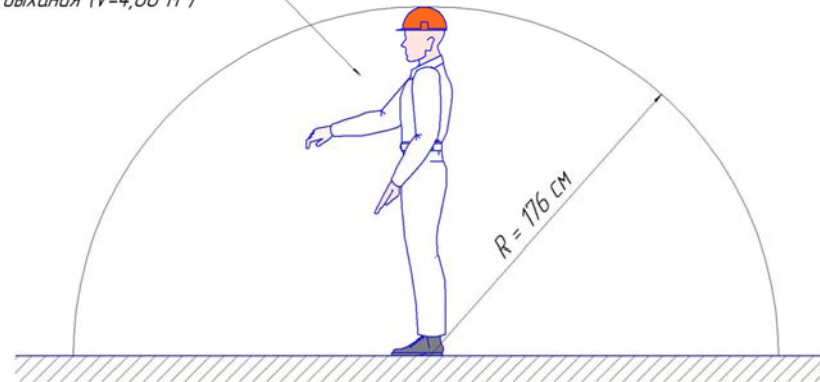
- землетрясение с интенсивностью, соответствующей максимальному расчетному землетрясению.



# Разрыв трубки топливной линии. Методика расчета

Объем ЖОЯТ, поступающий в помещение при разрыве трубки топливной линии (толщина пленки разлива - 1 мм):  
[Сценарий 1.](#) На участке секции подключения к аппарату узла растворения – 212 см<sup>3</sup>;  
[Сценарий 2.](#) На участке секции подключения к транспортному пеналу – 35 см<sup>3</sup>.

Объем воздуха, используемого для дыхания ( $V=4,86 \text{ м}^3$ )



Активность РВ, поступивших в воздух помещения за время, прошедшее от идентификации события до начала проведения мероприятий по ликвидации последствий, рассчитывается по формуле:

$$A = \gamma A_j \cdot W_B \cdot M \cdot K_{\text{пер}} ,$$

где  $\gamma A_j$  - удельная активность j-го радионуклида в ЖОЯТ, Бк/г;

$W_B$  - объемная доля воды в ЖОЯТ, равная 93,1% (расчетное значение, полученное на основе плотности раствора и химической формулы соединения);

$M$  – масса влаги, испарившейся с поверхности разлива за время принятия решения о способе ликвидации последствий аварии (6 часов ), г (сценарий 1 - 0,156 г и сценарий 2 - 0,026 г);

$K_{\text{пер}}$  – коэффициент перераспределения радиоактивных веществ с поверхности разлива ЖОЯТ в воздушную среду (от  $10^{-9}$  до  $10^{-2}$ ).

# Результаты расчета (аварийные условия)

Результаты расчета значений объемной активности основных дозообразующих радионуклидов, поступающих в организм персонала при ингаляции в результате разрыва топливной линии на участках, не имеющих охранной трубы

Изотоп	Объемная активность РВ в воздухе помещения при испарении с площади 0,212 м <sup>2</sup> , Бк/м <sup>3</sup>	Объемная активность РВ в воздухе помещения при испарении с площади 3,53·10 <sup>-2</sup> м <sup>2</sup> , Бк/м <sup>3</sup>	Объемная активность РВ во вдыхаемом воздухе при испарении с площади 0,212 м <sup>2</sup> , Бк/м <sup>3</sup>	Объемная активность РВ во вдыхаемом воздухе при испарении с площади 3,53·10 <sup>-2</sup> м <sup>2</sup> , Бк/м <sup>3</sup>	Допустимая среднегодовая объемная активность ДОА <sub>перс</sub> , Бк/м <sup>3</sup>
<sup>144</sup> Ce	2,91·10 <sup>1</sup>	4,85	2,91·10 <sup>-1</sup>	4,85·10 <sup>-2</sup>	1,60·10 <sup>2</sup>
<sup>137</sup> Cs	7,83·10 <sup>2</sup>	1,30·10 <sup>2</sup>	7,83	1,30	1,70·10 <sup>3</sup>
<sup>106</sup> Ru	2,81	4,68·10 <sup>-1</sup>	2,81·10 <sup>-2</sup>	4,68·10 <sup>-3</sup>	1,30·10 <sup>2</sup>
<sup>90</sup> Sr	7,43·10 <sup>2</sup>	1,24·10 <sup>2</sup>	7,43	1,24	5,30·10 <sup>1</sup>

# Результаты расчета (аварийные условия)

Расчетная модель для оценки МЭД при ликвидации последствий аварий

Цилиндрический источник излучения:

Высота 1 м, диаметр **520** мм (сценарий 1)/**212** мм (сценарий 2).

Время на ликвидацию последствий рассматриваемого события – 3 чел.-часа.

Результаты расчета МЭД и коллективной дозы при ликвидации последствий аварий

Сценарий	МЭД, мкЗв/ч	Коллективная доза (при ликвидации последствий аварии), чел.-мкЗв
1. Разрыв трубки топливной линии на участке секции подключения к аппарату узла растворения	149,5	448,5
2. Разрыв трубки топливной линии на участке секции подключения к транспортному пеналу	27,5	82,5

# Заключение

- Были получены значения МЭД на поверхности и расстоянии 1 м от поверхности оборудования, содержащего ЖОЯТ. На основе этого были оценены индивидуальные и коллективные дозы персонала при реализации технологической последовательности по обращению с ЖОЯТ РУ ИИН-3М при нормальной эксплуатации.
- В случае проектных аварий проведена оценка удельной активности радионуклидов в воздухе и рассчитаны коллективные дозы при ликвидации последствий аварии.
- Результаты расчетов показали непревышение основных пределов доз и объемной активности радионуклидов в воздухе, установленных для персонала, что позволяет сделать вывод о достаточности принятых мер по защите персонала от воздействия ионизирующего излучения.

Х ЮБИЛЕЙНАЯ РОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА И  
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ»

22-25 сентября 2015 г.

Москва - Обнинск, Россия

# Спасибо за внимание!



[www.sosny.ru](http://www.sosny.ru)  
[www.sosnycompany.com](http://www.sosnycompany.com)