



Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору



Федеральное бюджетное учреждение  
«Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности»

# О влиянии содержания $^{59}\text{Co}$ в конструкционных элементах ТВС на безопасность транспортирования ОТВС РУ ВВЭР-1000/1200

Нуруллина Г.Д., Рыбалка В.И.  
ФБУ «НТЦ ЯРБ»

*32-я Всероссийская научно-практическая конференция АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»  
«Нейтроника – 2024»  
г. Обнинск, Россия  
28 - 31 мая 2024 г.*

## Актуальность работы:

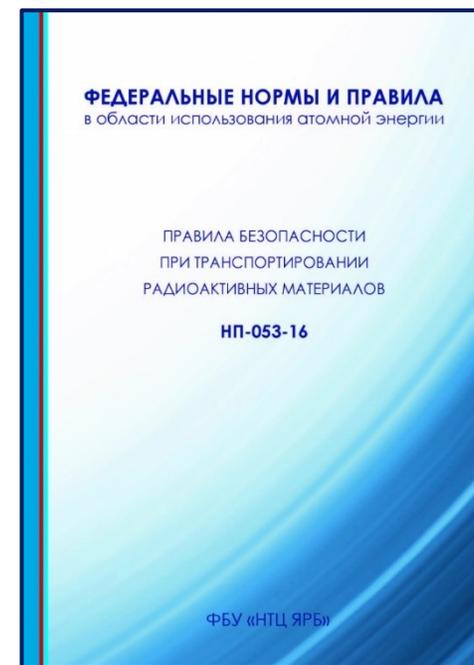
- Тенденция к повышению глубины выгорания ядерного топлива и уменьшению времени выдержки ОТВС в пристанционных хранилищах;
- Внедрение ТУК нового поколения для транспортирования ОЯТ РУ ВВЭР-1000/1200 (такими контейнерами являются ТУК-153 и ТУК-137).

## Цель работы:

- Анализ параметров радиационной защиты транспортных упаковочных комплектов ТУК-153 и ТУК-137 при нормальных условиях транспортирования с учетом активационного гамма-излучения от  $^{60}\text{Co}$ .

## Требования в части радиационной безопасности:

- При нормальных условиях:
  - 2 мЗв/ч на поверхности ТУК и транспортного средства (10 мЗв/ч на поверхности ТУК на условиях исключительного использования);
  - 0,1 мЗв/ч на расстоянии 2 м от поверхности транспортного средства.
- При авариях:
  - 10 мЗв/ч на расстоянии 1 м от поверхности транспортного средства.





**ТУК-137**

(ОЯТ ВВЭР-1000/1200)

<https://archive.atomicexpert.com/page2016487.html>

## ТУК-137

**Июль 2022 года:**

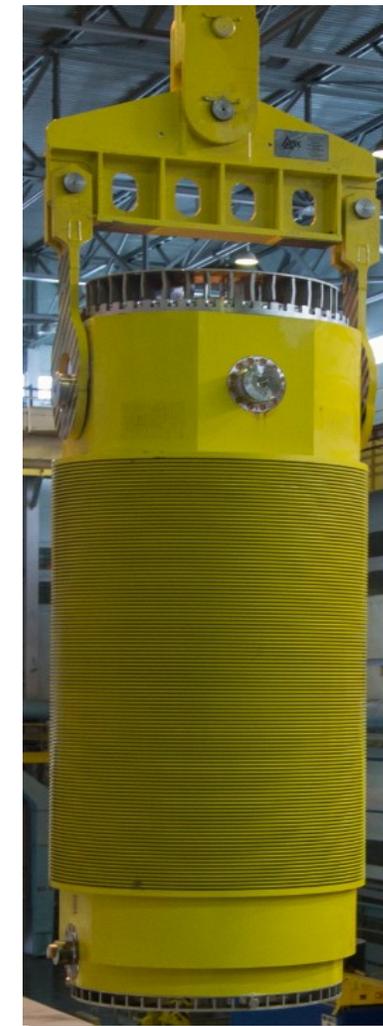
**Получен сертификат-разрешение на конструкцию упаковки ТУК-137 со сроком действия до 2025 года**

Головной образец ТУК-137 прошел проверку соответствия характеристик требованиям технического задания и конструкторской документации.

В мае 2024 года были проведены «холодные» технологические испытания ТУК-137 на Нововоронежской АЭС-2.

## ТУК-153

В настоящее время используется для транспортирования и хранения ОТВС энергоблоков ВВЭР-1000 Тяньваньской АЭС.



**ТУК-153**

(ОЯТ ВВЭР-1000)

<https://www.nfcl.ru/#/>

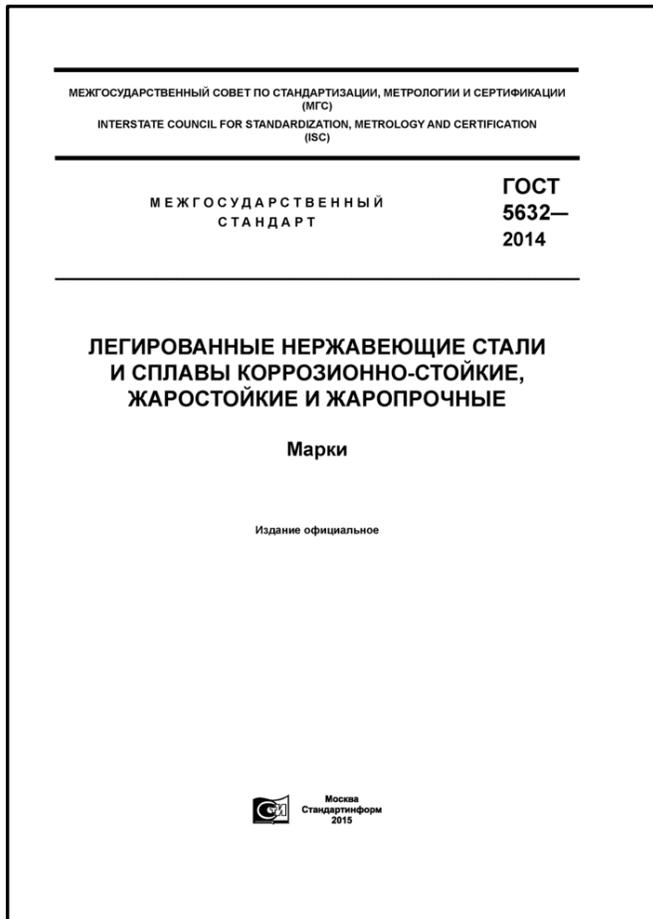
# Содержание $^{59}\text{Co}$ в концевых деталях ТВС



ГОСТ 5632-2014 устанавливает ограничение на массовую долю кобальта в сплавах – 0,5 %.

В 2005 г. ОАО «НЗХК» были выполнены работы по определению содержания кобальта в сплавах, используемых при изготовлении концевых деталей ТВС ВВЭР-1000.

Фактическое содержание кобальта в указанных сплавах составило от 0,05 % до 0,23 %.



# Расчетные модели ТВС РУ ВВЭР-1200 и ТУК-137

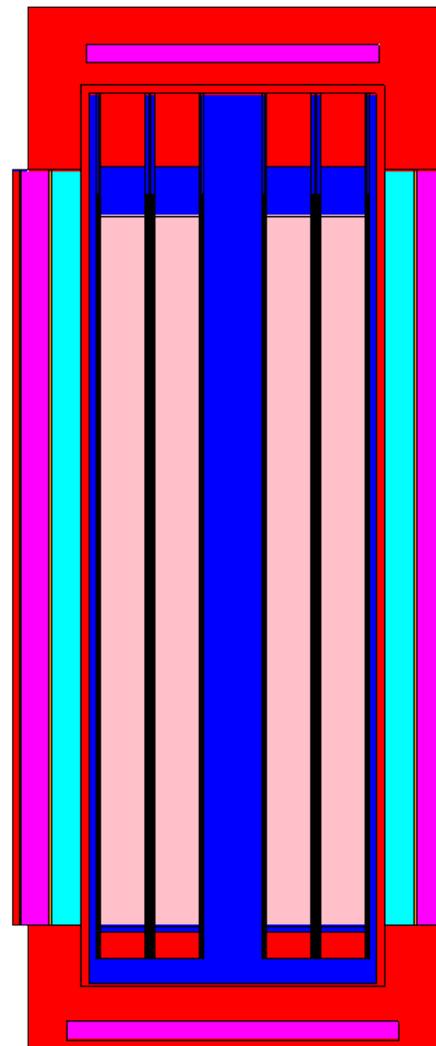


## Основные технические характеристики ТВС РУ ВВЭР-1200:

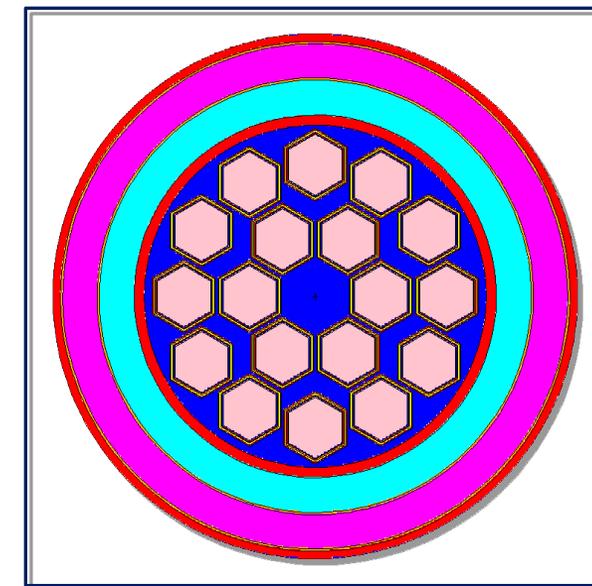
Количество ТВЭлов в ТВС	—	312 шт.
Длина ТВС	—	4570 мм
Начальное обогащение ТВС по $^{235}\text{U}$	—	до 4,95 %
Глубина выгорания ЯТ	—	68 ГВт-сут/тU
Время выдержки	—	6 лет
Величина источника гамма-квантов	—	$1,28 \cdot 10^{16}$ [ф/с]
Величина источника нейтронов	—	$2,27 \cdot 10^9$ [н/с]

## Основные технические характеристики ТУК-137:

Вместимость ОТВС	—	18 шт.
Атмосфера в контейнере	—	азот
Масса загруженного ТУК, не более	—	113000 кг
Высота контейнера, не более	—	5526 мм
Наружный диаметр ТУК, не более	—	2500 мм



Модель ТУК-137



# Расчетные модели ТВС РУ ВВЭР-1000 и ТУК-153

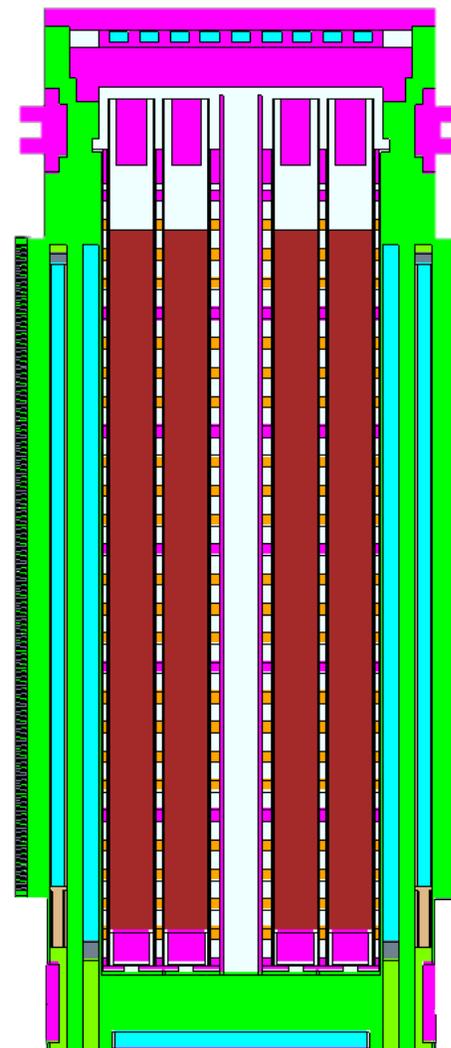


## Основные технические характеристики ТВС-2М РУ ВВЭР-1000:

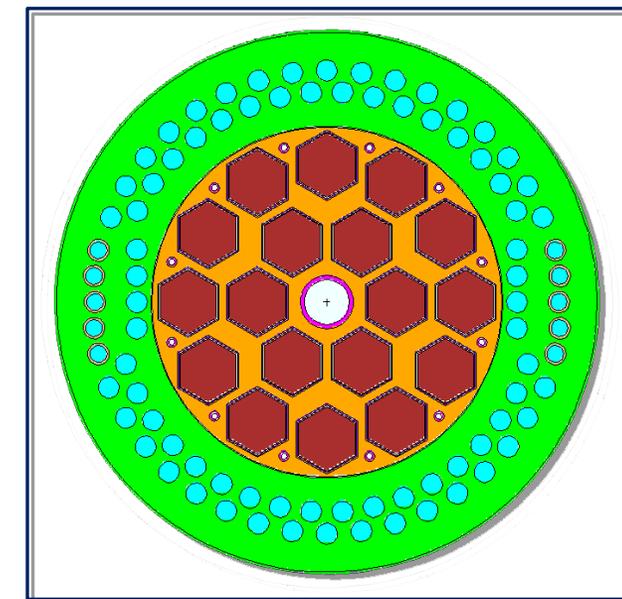
Количество твэлов в ТВС	—	312 шт.
Длина ТВС	—	4570 мм
Начальное обогащение ТВС по $^{235}\text{U}$	—	до 4,95 %
Глубина выгорания ЯТ	—	60 ГВт-сут/тU
Время выдержки	—	8 лет
Величина источника гамма-квантов	—	$3,86 \cdot 10^{15}$ [ф/с]
Величина источника нейтронов	—	$6,36 \cdot 10^8$ [н/с]

## Основные технические характеристики ТУК-153:

Вместимость ОТВС	—	18 шт.
Атмосфера в контейнере	—	азот
Масса загруженного ТУК, не более	—	125000 кг
Высота контейнера, не более	—	5600 мм
Наружный диаметр ТУК, не более	—	2380 мм

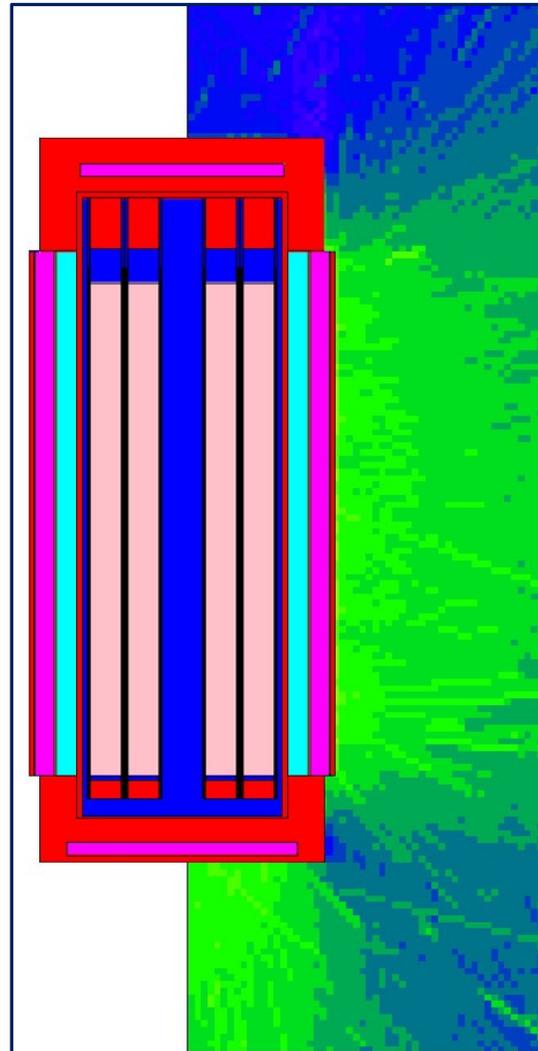


Модель ТУК-153

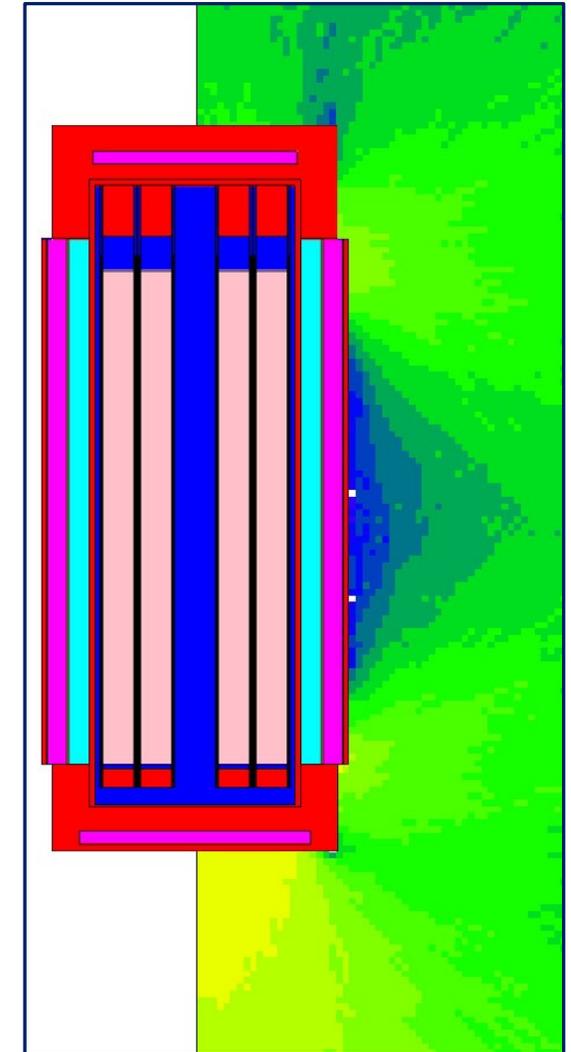


Мощность дозы гамма-излучения на поверхности ТУК-137 (вклад в суммарную мощность дозы гамма-излучения), мЗв/ч

Содержание $^{59}\text{Co}$	Хвостовик	Головка
0,05 %	0,428 (66%)	0,033 (42%)
0,5 %	4,287 (95%)	0,333 (88%)



Распределение гамма-квантов (топливо +  $^{60}\text{Co}$ )

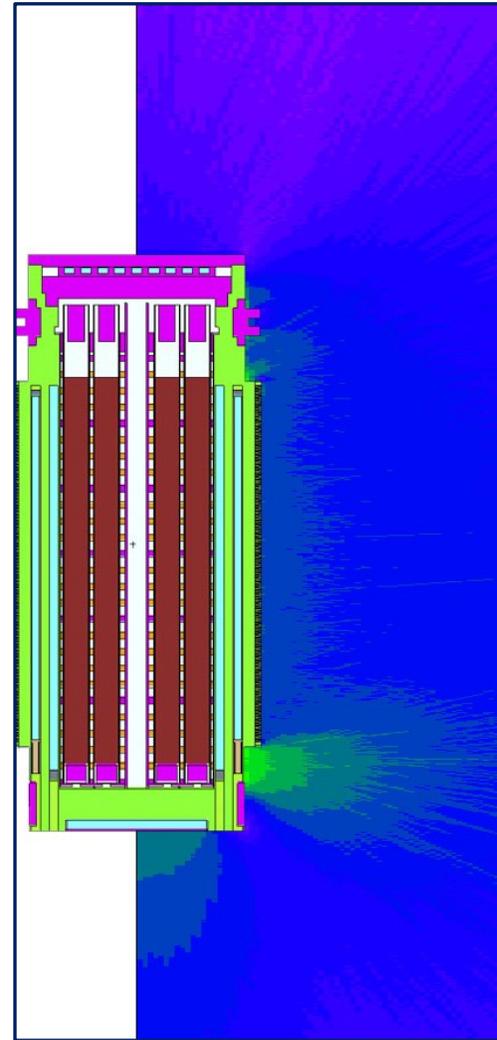


Распределение гамма-квантов ( $^{60}\text{Co}$ )

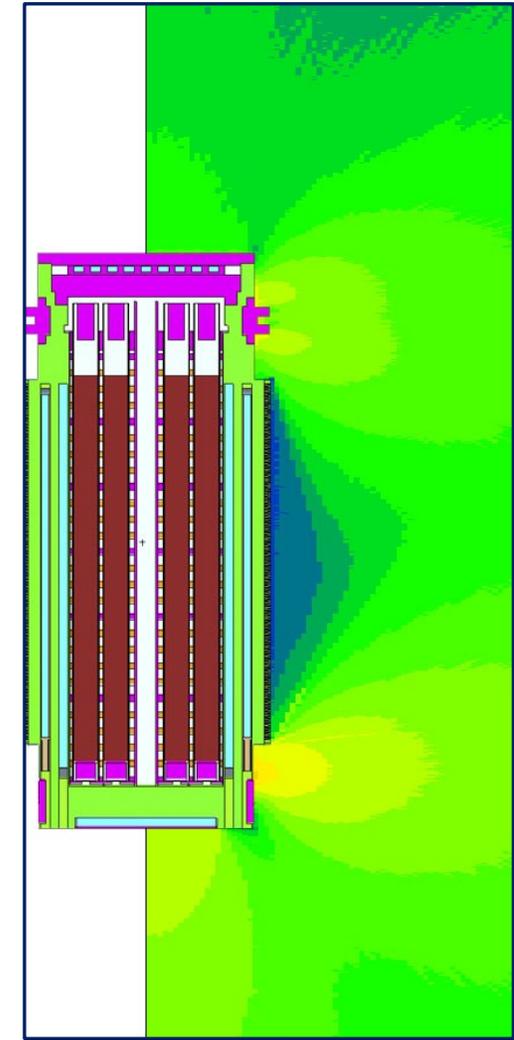
Мощность дозы гамма-излучения на поверхности ТУК-153 (вклад в суммарную мощность дозы гамма-излучения), мЗв/ч

Содержание $^{59}\text{Co}$	Хвостовик	Головка
0,05 %	0,505 (36%)	0,097 (53%)
0,5 %	5,052 (85%)	0,975 (92%)

Необходимо контролировать массовое содержание  $^{59}\text{Co}$  в конструкционных материалах ТВС вследствие высокой радиационной опасности активационного гамма-излучения



Распределение гамма-квантов (топливо +  $^{60}\text{Co}$ )



Распределение гамма-квантов ( $^{60}\text{Co}$ )

1. Разработаны расчетные модели для определения радиационных параметров ТУК-137 и ТУК-153, загруженных ОЯТ реакторов ВВЭР-1000/1200
2. Анализ результатов расчётов радиационных параметров показал, что неопределенность содержания кобальта в конструкционных материалах ТВС обуславливает неопределенность уровня излучения от упаковки с ОТВС в значительном диапазоне (до 10 раз)
3. Представляется необходимым установление обязательных требований к тепловыделяющим сборкам, например, путем разработки ГОСТ, регламентирующего предельное содержание  $^{59}\text{Co}$  в конструкционных материалах ТВС



Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору



Федеральное бюджетное учреждение  
«Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности»

***Спасибо за внимание!***