

значимых личностных качеств и улучшение межличностного взаимодействия. Наиболее эффективным средством сплочения коллективов следует считать спортивные игры, различные командные эстафеты, групповые спортивные состязания. При этом игровая деятельность выступает как естественная форма приобретения опыта взаимоотношения людей, реализации творческих возможностей. Умелое сочетание индивидуальных и коллективных действий в процессе игры формирует активную, творческую личность, стремящуюся к постоянному поиску решений. Игра позволяет студенту быть лично причастным к процессам, протекающим в общественной жизни, позволяет увидеть результаты собственных действий, понять и проанализировать допущенные ошибки. Полученный игровой опыт взаимодействия и развитие лидерских качеств находит свое отражение в реальных жизненных условиях. Само по себе выполнение физических упражнений не вызывает изменений в отношениях сотрудничества, но с помощью соответствующей информации и целенаправленной педагогической деятельности его можно положительно изменить. Таким образом, развитие свойств личности студентов, способствующих социальной адаптации в условиях вузовской среды, целесообразно начинать с первых

дней их студенческой жизни. При выборе средств и методических приемов важно учитывать необходимость широкой вариативности используемых средств физической культуры, применяемых в постоянно меняющихся условиях среды.

Адаптированный студент имеет: низкий уровень проявления негативных составляющих социальной адаптации, высокий уровень позитивных компонентов для повышения коммуникативного и творческого потенциала, достаточный уровень самоуважения и гибкости поведения. Физическая культура и спорт при правильной организации могут стать эффективным средством формирования ценностного единства студенческого коллектива, основным содержанием которого является высокий уровень развития у студентов социально значимых качеств, самосознания и гражданской зрелости. Актуальность проблемы адаптации заключается в том, что современное общество заинтересовано сохранить и улучшить физическое и психическое здоровье человека, повысить его интеллектуальный потенциал. Поэтому изучение механизмов и закономерностей адаптации человека в разнообразных производственных и социальных условиях на различных уровнях приобретает в настоящее время фундаментальное значение.

## Технические науки

### ИСТОЧНИК ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАДИОНУКЛИДОВ ЕВРОПИЯ

**Клочков Е.П., Рисованый В.Д.**

*ОАО «ГНЦ НИИАР»*

#### Аннотация

Представлены варианты конструкции нового вида источников гамма-излучения с сердечниками из радионуклидов европия. Приведены ядерно-физические характеристики таких источников.

#### Введение

Мировое сообщество к настоящему времени имеет многолетний (более 40 лет) опыт эксплуатации всевозможных установок для пиковолновой (радиационной) обработки материалов и изделий. Почти в 60 странах мира действуют несколько сотен таких установок, большинство из которых используется для обработки пищевой, медицинской и сельскохозяйствен-

ной продукции, полимеров, парфюмерии и т. д. Основным гамма-излучателем этих установок является радионуклид кобальта —  $Co-60$ , характеризующийся высоким значением гамма-постоянной  $K\gamma = 13,2$ , периодом полураспада 5,27 года и стоимостью 1,0...1,5 долларов США за 1 кюри активности. Снижение дефицита и существенное, в 2-5 раз, снижение стоимости сооружения и эксплуатации таких установок может быть достигнуто путем замены  $Co-60$  на более дешевый радионуклид. Таковыми являются радионуклиды европия:  $Eu-152$  и  $Eu-154$ , характеризующиеся большими периодами полураспада 13,54 и 8,59 лет и хорошими значениями гамма-постоянной 6,35 и 6,7, соответственно.

Конструкции и характеристики источников

В НИИАР были разработаны несколько вариантов конструкции источников на основе радионуклидов европия.

В вариантах № 1, 2 источники представляют собой протяженную герметичную конструкцию (рис. 1, 2).

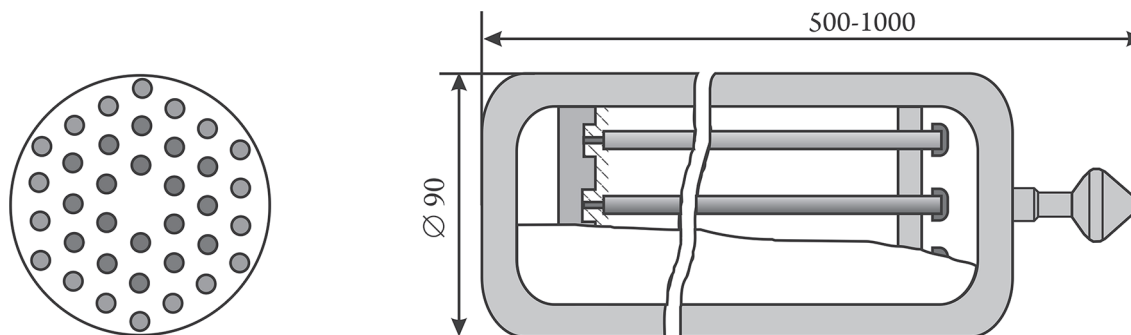


Рис. 1 Схема конструкции гамма-источника на основе отработавших поглощающих элементов с оксидом европия (вариант 1)

Гамма-излучатель/gamma-radiator:	Eu-152, Eu-152, Eu-155
Плотность $\text{Eu}_2\text{O}_3/\text{Eu}_2\text{O}_3$ density:	$\sim 50 \text{ g/sm}^3$
ПЭЛ/absorber element:	4.1x0.3 mm, 9.0x0.5mm
Число ПЭЛ/number of absorber element:	up to 36 items
Удельная активность/specific activity:	5-50 Ku/g
Предельная активность/maximum activity:	up to 20 ths Ku

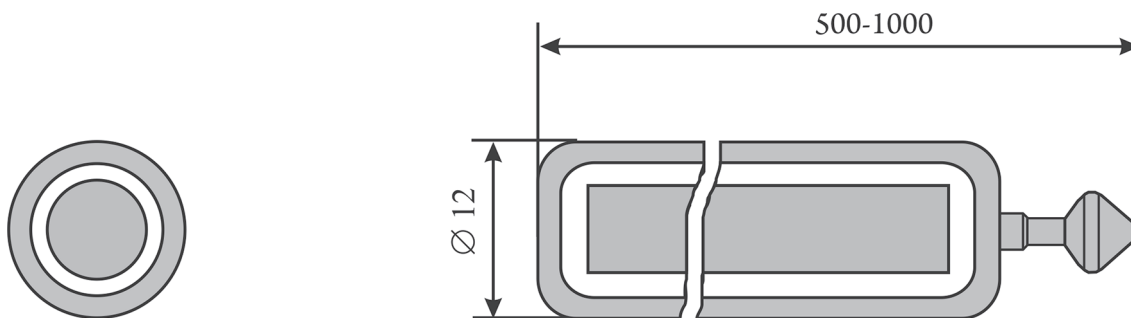


Рис. 2 Схема конструкции гамма-источника на основе отработавших поглощающих элементов с оксидом европия (вариант 2)

Гамма-излучатель/gamma-radiator:	Eu-152, Eu-152, Eu-155
Плотность $\text{Eu}_2\text{O}_3/\text{Eu}_2\text{O}_3$ density:	$\sim 5.0 \text{ g/sm}^3$
ПЭЛ/absorber element:	4.1x0.3 mm, 9.0x0.5mm
Число ПЭЛ/number of absorber element:	1-4 items
Удельная активность/specific activity:	5-50 Ku/g
Предельная активность/maximum activity:	up to 1 ths Ku

В герметичную капсулу из коррозионно-стойкой стали помещаются поглощающие элементы (ПЭЛы) стержней регулирования ядерных реакторов, отработавших заданный ресурс. В ПЭЛах содержатся образовавшиеся в процес-

се облучения природных изотопов европия радионуклиды  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{155}\text{Eu}$ , в форме оксидов [1].

Характеристики источников вариантов 1, 2 представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Характеристики европейских гамма-источников

Тип источника	Габаритные размеры, мм				Мощность дозы гамма-излучения А/кг	Эквивалентная активность Бк (Ки)
	источника		сердечника			
	диаметр D	длина L	диаметр d	длина l max		
ГИЕ.М1	12	500	4,1	410	$(0,065-1,81) \cdot 10^{-4}$	$(0,11-2,85) \cdot 10^{14}$ (300-7700)
ГИЕ.М2		1000	9,5	905		

1. Рабочая поверхность — боковая.

2. Эквивалентная активность — величина расчетная. Понимается активность точечного источника с этим же радиоклидом, который создает такую же мощность дозы на расстоянии 1 м от центра источника.

Разработана конструкция источника, в котором сердечник выполнен из мехсмеси  $\text{Co-60} + \text{Eu}_2\text{O}_3$  (вариант 3, рис. 3).

Проведено испытание макетов источников всех вариантов конструкции в специализированном испытательном Центре. Испытания подтвердили соответствие источников следующим классам прочности и надежности:

температура — 5 (от  $-60$  до  $+250^\circ\text{C}$ );  
 влажность — 4 (относительная влажность до 98% при температуре до  $60^\circ\text{C}$ );  
 давление — 3 (от 25 до 500 кПа);  
 удар — 2 (максимальное ускорение до  $150 \text{ м/с}^2$ , длительность импульса до 30 мс);  
 вибрация — 2 (частота от 5 до 500 Гц, амплитуда ускорения от 5 до  $150 \text{ м/с}^2$ ).

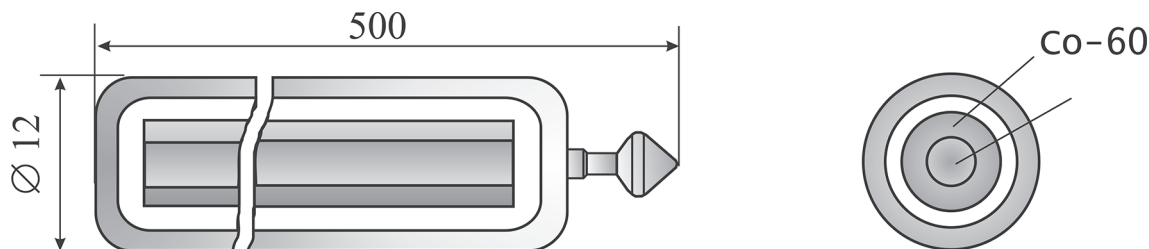


Рис. 3 Схема конструкции гамма-источника на основе  $\text{Co-60} + \text{Eu}_2\text{O}_3$  (вариант 3)

Гамма-излучатель:  $\text{Co-60} + \text{Eu}_2\text{O}_3$   
 Наружный диаметр: 4,0-9,5 мм  
 Число элементов: 1-4 шт.

Удельная активность: до 100 Ки/г  
 Суммарная активность: до 50 тыс. Ки

Испытания подтвердили соответствие источников радиоактивному веществу особого вида и получены соответствующие сертификаты разрешения.

Были проведены расчеты оптимизации гамма-источника с учетом следующих критериев: количество стержней, мощность экспозиционной дозы, самопоглощение, наружный диаметр трубы. В табл. 2 представлены результаты

оптимизационных расчетов. В трубе  $\varnothing 90,0$  мм размещается несколько трубок  $\varnothing 12,0$  мм, внутри которых находятся или один поглощающий элемент реактора БН-600  $\varnothing 9,0$  мм или три поглощающих элемента реактора СМ-2  $\varnothing 4,1$  мм. Из табл. 2 следует, что оптимальное значение числа трубок  $\varnothing 12,0$  мм находится в диапазоне 15-18 шт. [2]

Таблица 2

Результаты расчетов по оптимизации источника

Диаметр трубы, мм	40	60	70	60	90	70	90	90	90	90	90
Кол-во, шт.	4	10	12	13	17	18	21	24	28	30	32
Активность, $\times 10^3 \text{Ки}$	4.00	10.00	12.00	13.00	17.00	18.00	21.00	24.00	28.00	30.00	32.00
Факт. активность, $\times 10^3 \text{Ки}$	3.76	9.00	10.80	11.05	14.96	14.76	17.64	21.84	21.56	22.20	22.72
МЭД, $\times 10^6 \text{мР/ч}$ ( $r=1\text{м}$ )	1.89	4.45	5.29	5.56	7.29	7.40	8.71	10.59	10.87	11.41	11.93
Самопоглощение, %	6	10	10	15	12	18	16	17	23	26	29

В защитных камерах горячей лаборатории НИИАР отработана технология дистанционной загрузки облученных пэлов реакторов СМ-2 и БН-600 в оболочку  $\varnothing 12,0 \times 1,0$  мм, в том числе в 1 оболочку — по 4 пэла реактора СМ-2, или в 1 оболочку по 1 пэлу реактора БН-600.

**Заключение**

Разработана конструкция и технология изготовления нового вида источника гамма-излучения на основе радионуклидов европия. Сердечником источника могут быть как отработавшие стержни регулирования реакторов, так и направленно облученные в исследовательских или в энергетических быстрых реакторах.

**Списко литературы**

1. Рисованый В.Д., Клочков Е.П., Пономаренко В.Б., Захаров А.В. Европий в ядерной технике. Димитровград, НИИАР, 1998
2. Рисованый В.Д., Клочков Е.П., Пономаренко В.Б., Захаров А.В. Европий в ядерной технике. Димитровград-2004, НИИАР. 2-ое издание переработанное.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ СОЗДАНИЯ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ОБОГАЩЕННОГО КАРБИДА БОРА**

**Рисованый В.Д., Захаров А.В., Клочков Е.П., Казаков Л.Л., Соколов В.Ф.**

*ОАО «ГНЦ НИИАР»*

Среди стержней регулирования ядерных реакторов особое место занимают стержни, содержащие обогащенный изотоп  $^{10}\text{B}$  в составе

карбида бора. Обогащенный по изотопу  $^{10}\text{B}$  карбид бора — единственный поглощающий материал с достаточной эффективностью поглощения нейтронов в условиях реакторов на быстрых нейтронах. Отработавшие органы регулирования занимают большое место в хранилищах реакторных установок, что вызывает озабоченность эксплуатационного персонала. Обогащенный карбид бора является дорогостоящим продуктом, а потому его необходимо возвращать в производство.

Несомненные выгоды можно получить в результате многократного использования в реакторах карбида бора из отработавших стержней АЗ. В ГНЦ НИИАР для этой цели разработана технология хлорной переработки облученного карбида бора обеспечивающая замкнутый цикл использования обогащенного карбида бора в реакторах на быстрых нейтронах.

Отработавшие стержни АЗ транспортируются в ГНЦ НИИАР. В горячих камерах из них извлекается сердечник — таблетки карбида бора. Примеси в составе карбида бора создают заметную наведенную радиоактивность. Поэтому работы с извлеченными таблетками производятся в горячих камерах. Извлеченный карбид бора по хлорной технологии перерабатывается в борную кислоту ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ). При этом происходит полная очистка от радиоактивных примесей, и дальнейшие работы производятся вне горячих камер. Из борной кислоты углетермическим методом синтезируется порошок карбида бора, а из него методом горячего прессования изготавливаются таблетки необходимой геометрии. Они служат для изготовления сердечников новых стержней (рис. 1).