

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОБЛУЧАТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА
ПОВЫШЕННОЙ ЕМКОСТИ ДЛЯ НАРАБОТКИ I-131 В РЕАКТОРАХ НИИАР**© 2013 Т.А. Осипова^{1,2}, Г.Д. Гатауллина²¹ Филиал НИЯУ «МИФИ» «Димитровградский инженерно-технологический институт»² ОАО «ГНЦ НИИАР», Ульяновская область, Димитровград-10

Поступила в редакцию 26.11.2013

Предложена конструкция облучательного устройства повышенной емкости для наработки I-131 в реакторах НИИАР. Приведены результаты расчетных исследований, которые показали возможность применения данной конструкции облучательного устройства для повышения производительности наработки I-131.

Ключевые слова: облучательное устройство повышенной емкости, I-131, реакторные установки РБТ-10/2, РБТ-6, СМ-3, мишень.

Одним из важных направлений деятельности НИИАР является производство радионуклидных источников и препаратов, в частности – наработка в реакторных установках радиоизотопа I-131, который используется в области ядерной медицины в качестве терапевтического препарата или диагностического сканера. В связи с поставленной задачей увеличения объемов производства этого радиоизотопа проведена работа по совершенствованию реакторной и транспортной технологии облучения мишеней со стартовым материалом в виде оксида теллура. Основным направлением этой работы стало разработка новой конструкции облучательного устройства (ОУ) с повышенным объемом стартового материала и универсальностью его применения для различных типов каналов в реакторных установках (РУ) РБТ и СМ-3.

В настоящее время I-131 нарабатывается в облучательных мишенях с оксидом теллура природного изотопного состава, которые размещаются в двух специально предназначенных каналах отражателя (№20, №21) РУ СМ-3, а также в одном канале РУ РБТ-10/2 (ячейка №6-7). Существующее ОУ для наработки I-131 (рисунок 1, а) представляет собой пучок из 8 мишеней диаметром 312×1 мм, собранных по окружности в виде беличьего колеса. Концевые элементы крепятся к трубным решеткам. ОУ в случае облучения в реакторе СМ-3 крепится к трубной подвеске, по которой проходит проточная вода из бака подпитки, а в случае облучения в реакторе РБТ-10/2 ОУ устанавливается в проточном канале и

охлаждается теплоносителем первого контура.

Для увеличения производительности при условии неизменности конструкции облучательного устройства можно использовать дополнительные три канала №16, №17, и №18 в РУ СМ-3 и эпизодически свободные каналы РУ РБТ-10/2 и РБТ-6, предназначенные для наработки ⁹⁹Mo. Однако использование каналов под Mo-99 для наработки I-131 имеет свои недостатки:

- большой внутренний диаметр канала по сравнению с внешним диаметром ОУ, что приводит к неэффективному использованию теплоносителя при теплосъеме с поверхности мишеней;
- существуют проблемы с установкой (закреплением и центрированием) ОУ в канале;
- невозможность использования «молибденовых» каналов РБТ-10/2 в случае их задействования по прямому назначению.

Кроме того, отсутствие горячих камер на здании, где располагается РУ РБТ-10/2, не позволяет применять одинаковую транспортную технологию при облучении мишеней в РУ СМ-3 и РБТ-10/2. Конструкция ОУ для СМ-3 такова, что для извлечения мишеней, которые впоследствии отправляются в контейнере на переработку, необходима горячая камера. Таким образом, возможности увеличения наработки радиоизотопа I-131 в рамках существующей технологии и конструкции ОУ имеют свои ограничения.

Более эффективным способом повышения производительности по наработке I-131 является изменение конструкции ОУ с целью универсального использования в облучательных каналах перечисленных реакторов и с одновременным увеличением массы оксида теллура в мишенях.

Предлагаемая новая конструкция ОУ (рис. 1, б) представляет собой тонкостенную цилиндрическую оболочку с перфорированным дном.

Осипова Татьяна Андреевна, аспирант, младший научный сотрудник реакторного исследовательского комплекса.

E-mail: orip@niiar.ru

Гатауллина Гузьяль Дядатовна, научный сотрудник реакторного исследовательского комплекса.

E-mail: orip@niiar.ru

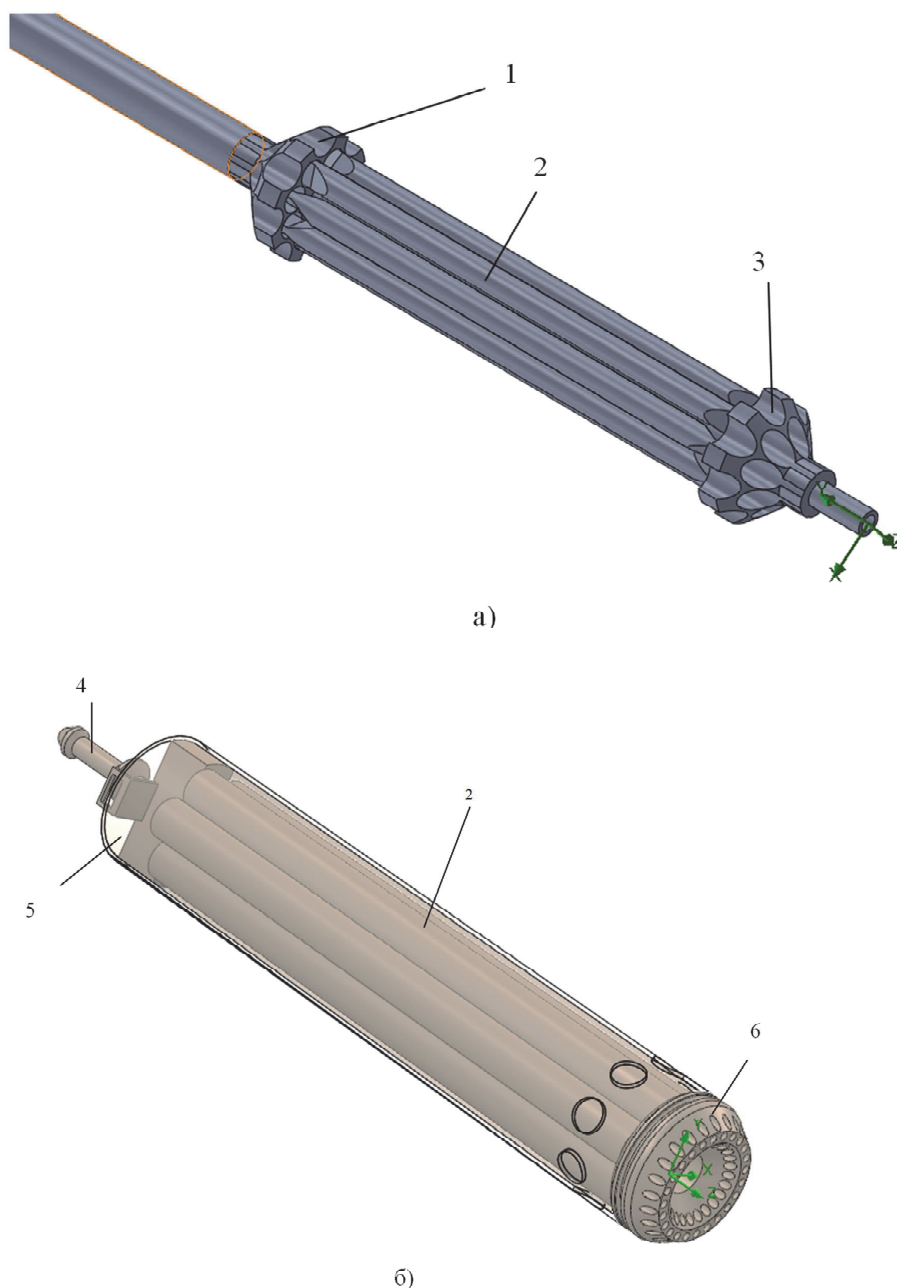


Рис. 1. Конструкция облучательного устройства

(а – используемая в настоящее время; б – повышенной емкости):

1 – верхняя трубная решетка; 2 – мишень; 3 – нижняя трубная решетка; 4 – захват; 5 – цилиндрическая оболочка; 6 – перфорированное днище

В верхней части ОУ находится захват и замковое устройство, предохраняющее мишени от выпадения из корпуса ОУ при транспортных операциях. Загрузка и выгрузка в ОУ мишеней производится через открытый проем замкового устройства в горячей камере. Загруженное устройство содержит 7 мишеней с алюминиевой оболочкой диаметром Ш16Ч1 мм и длиной 235 мм. Конструкция нижней части ОУ предусматривает позиционирование относительно центральной плоскости активной зоны как в облучательных каналах РУ РБТ, так и в каналах отражателя РУ СМ-3. Таблетки оксида теллура свободно встав-

ляются в цилиндрическую оболочку мишеней с зазором на диаметр 0,5 мм, торцевые детали герметично соединяются с цилиндрической оболочкой при помощи сварки, после чего производится контроль герметичности. В качестве газовой среды в мишенях может использоваться гелий, аргон, воздух или их смесь.

При использовании данной конструкции ОУ выход полезного продукта увеличится практически в 2 раза без увеличения используемого реакторного ресурса.

Применение данной конструкции устройства позволяет:

- перейти к многоразовому использованию ОУ;
- исключить из технологического цикла промежуточные действия по извлечению мишеней в горячей камере;
- применять ОУ одинаковой конструкции в различных облучательных каналах вышеупомянутых реакторов;
- отказаться от изменений в конструкции облучательных каналов и внутренней полости транспортного контейнера;
- упростить транспортную технологию (процессы выгрузки, загрузки мишеней в ОУ);
- повысить производительность.

При использовании предлагаемого ОУ температура сердечника из оксида теллура не должна превышать 600°C [1], что должно быть учтено в расчетах при обосновании безопасности облучения мишеней в данном устройстве.

Теплогидравлический расчет j части мишени проводился с использованием пакета SolidWorks с гидрогазодинамическим модулем Flow Simulation [2]. Для расчета были приняты следующие исходные данные:

- трехмерная геометрия мишени;
- газовый зазор между сердечником и оболочкой составляет 0,5 мм и заполнен гелием;
- энерговыделение в мишени составляет 430 Вт;
- температура на поверхности мишени консервативно принята равной 120°C, что возможно при наличии поверхностного кипения в условиях отсутствия принудительно циркуляции (в частности, в облучательном канале РУ СМ-3).

Результаты расчета показали, что максимальная температура сердечника не превышает 440 °С, что удовлетворяет требуемым условиям облучения.

Таким образом, условие по неперевышению допустимой температуры сердечника выполняется даже в случае, если наблюдается поверхностное кипение. Эти условия охлаждения характерны для ячеек в отражателе РУ СМ-3, ввиду незначительности принудительного расхода, что

приводит к тому, что теплосъем от мишеней осуществляется, в основном, за счет естественной циркуляции теплоносителя в канале.

Для условий облучения на реакторах РБТ температура поверхности мишеней не достигает температуры насыщения, что подтверждается консервативным расчетом, в котором принято, что мощность ОУ составляет 3 кВт, а перепад давления на ОУ – 5 кПа. Расчетная температура оболочки при этих условиях не превышает 80°C.

Таким образом, теплогидравлический расчет условий облучения ОУ в РУ РБТ показал, что температура на поверхности мишеней существенно ниже температуры насыщения, а следовательно, обеспечиваются более мягкий температурный режим, чем в случае облучения в периферийном канале РУ СМ-3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для реализации программы по увеличению наработки I-131 в ГНЦ НИИАР рассмотрена возможность использования многоразовых облучательных устройств новой конструкции, универсальных в применении как для каналов РБТ, так и для каналов СМ-3. При этом обеспечивается использование существующей транспортной технологии без доработки оборудования. Теплогидравлические расчеты показали, что разогрев стартового материала при облучении в реакторах СМ-3 и РБТ не превышает допустимых пределов.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чиркин В.С. Теплофизические свойства материалов ядерной техники. Справочник М.: Атомиздат, 1968. 481с.
2. Алямовский А.А. SolidWorks/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов. М.: ДМК, 2004. 427с.

JUSTIFICATION OF A DESIGN OF AN IRRADIATION RIG OF AN EXTENDED CAPACITY TO ACCUMULATE I-131 IN THE RIAR'S REACTORS

© 2013 T.A. Osipova¹, G.D. Gataullina²

¹ Branch of National Research Nuclear University "MEPhI"
"Dimitrovgrad Engineering Institute of Technology", Ulyanovsk Region, Dimitrovgrad
² JSC SSC RIAR, Ulyanovsk Region, Dimitrovgrad-10

The paper describes a design of an irradiation rig of an extended capacity to accumulate I-131 in the RIAR's reactors. The calculation results show it possible to use this design to increase the I-131 output.
Key words: irradiation rig of an extended capacity, I-131, reactors RBT-10/2, RBT-6, SM-3, target.

*Tatyana Osipova, Graduate Student Associate Research Fellow,
Research Reactors Complex. E-mail: orip@niiar.ru
Guzyalya Gataullina, Research Fellow, Research Reactors
Complex. E-mail: orip@niiar.ru*