

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОГО ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

Р.М. Гатауллин, И.А. Меделяев (ОАО «345 механический завод»),
Р.Б. Шарафутдинов (НТЦ ЯРБ)

Основная цель обращения с радиоактивными отходами (далее – РАО) – их надежная изоляция, обеспечивающая радиационную безопасность человека и окружающей среды на весь период потенциальной опасности. Безопасность при хранении и (или) захоронении радиоактивных отходов должна обеспечиваться за счет последовательной реализации концепции глубоководной защиты, основанной на применении системы физических барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду [1].

Одним из основных физических барьеров является упаковка РАО. Конструкция контейнера и конструкционные материалы контейнера, как элемента упаковки, должны обеспечивать сохранение его целостности и работоспособности в период последующего этапа обращения с упаковкой РАО.

В ОАО «345 механический завод» создан и уже пять лет успешно эксплуатируется технологический комплекс по серийному производству невозвратных железобетонных защитных контейнеров для хранения и захоронения радиоактивных отходов НЗК-150-1,5П и НЗК-150-1,5П(С).

В табл. 1 приведены технические характеристики контейнеров НЗК-150-1,5П и НЗК-150-1,5П(С).

Таблица 1

Технические параметры	Наименование		Срок эксплуатации
	НЗК-150-1,5П	НЗК-150-1,5П(С)	
Емкость, м ³	1,5	1,15	300 лет
Толщина стенок, мм	150	150	
Габаритные размеры, мм	1650x1650x1375	1650x1650x1375	
Масса, т	4,3	4,45	
Масса с отходами, т	7,3	7,3	

Контейнеры НЗК-150-1,5П предназначены для размещения и безопасного длительного хранения в хранилищах контейнерного типа низко- и среднеактивных отходов: цементированных и битумированных (в бочках и наливом), солевого плава (в бочках), твердых низко- и среднеактивных отходов АЭС (в первичных упаковках или без них).

Форма и размеры контейнера соответствуют условиям размещения четырех бочек объемом 200 л или 1,5 м³ цементированных и битумированных РАО, используемых на АЭС.

Контейнеры НЗК-150-1,5П(С) предназначены для размещения и безопасного длительного хранения в хранилищах контейнерного типа низко- и среднеактивных отходов в виде солевого плава, получаемых на установках глубокого упаривания.

Контейнеры относятся к классу 3Н в соответствии с Общими положениями обеспечения безопасности атомных станций (ПНАЭ Г-1-001-97 (ОПБ-88/97)) и по сейсмостойкости к категории II в соответствии с НП-031-01 и рассчитаны на применение в условиях сейсмичности до 7 баллов.

Допускается использование контейнеров в диапазоне температур окружающей среды от -50 до +70 °С, при относительной влажности до 80% (тип атмосферы II по ГОСТ 15150).

Мощность дозы при загрузке в контейнер цементированных и битумированных РАО наливом или в бочках не превышает на поверхности 2 мЗв/ч, а на расстоянии 1 м от его поверхности – 0,1 мЗв/ч.

В случае превышения мощности дозы на поверхности контейнера более 2 мЗв/ч, а на расстоянии 1 м от его поверхности – 0,1 мЗв/ч непревышение основного предела доз для персонала группы А в соответствии с требованиями Норм радиационной безопасности (НРБ-99) и Основными санитарными требованиями обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99) обеспечивается за счет ограничения времени обслуживания контейнера.

Срок службы контейнеров для условий временного хранения в инженерных сооружениях – не менее 50 лет. Срок службы контейнеров для условий захоронения в приповерхностных или подземных сооружениях – не менее 300 лет.

Конструкция железобетонного контейнера отвечает совокупности требований, предъявляемых к упаковке на стадиях [2, 3]:

- хранения (не менее 50 лет);
- транспортирования (в составе транспортного упаковочного комплекта) до регионального могильника.

Основные требования к контейнерам:

- ограничение мощности дозы на поверхности и на расстоянии 1 м от поверхности упаковки;
- ограничение выхода радионуклидов из упаковки при хранении и захоронении;
- сохранение надежности и долговечности при осуществлении транспортно-технологических операций, хранении и захоронении при нормальных условиях обращения.

Доказано, что радиационная упаковка – это надежный барьер, препятствующий распространению радионуклидов в окружающую среду при длительном хранении и захоронении радиоактивных отходов при условии, что эффективный коэффициент диффузии ^{137}Cs во влагонасыщенном бетоне не превышает $3 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2/\text{с}$, а коэффициент фильтрации бетона не превышает $9,5 \cdot 10^{-10} \text{ см}/\text{с}$ [4].

Бетон контейнеров отвечает следующим требованиям: класс прочности на сжатие – В50(М700), марки по морозостойкости и водонепроницаемости – F300 и W8, арматура – класс А III [5].

Применение железобетонных контейнеров из высокопрочного и долговечного бетона обеспечивает безопасное хранение (захоронение) РАО как в нормальных условиях, так и при возможных аварийных ситуациях.

Из-за высокого качества бетона и интенсивного набора прочности в ранние сроки (50-60 % в суточном возрасте от требуемого класса бетона) контейнеры твердеют в естественных условиях, и это обеспечивает долговечность изделий.

Разработана техническая документация, изготовлен и прошел приемочные испытания вкладыш См 500.016.00.000 в контейнер НЗК-150-1,5П (рис. 1). Вкладыш предназначен для:

- размещения реакторного графита, образовавшегося в процессе ре-

- монта элементов кладки, замены колец;
- транспортирования отходов графитовых колец;
- длительного хранения реакторного графита в составе контейнера НЗК с герметизацией его крышки.



Рис. 1. Контейнер НЗК-150-1,5П с вкладышем

Класс безопасности вкладыша – 3Н.

Существующая практика показала, что для предприятий системы «Радон» помимо контейнера НЗК-150-1,5П целесообразно использовать:

- металлические контейнеры с герметичной крышкой для внутреннего обращения;
- невозвратный защитный контейнер с уменьшенной толщиной стенки корпуса и увеличенным внутренним объёмом для размещения и транспортирования кондиционированных форм низко- и среднеактивных РАО.

В настоящее время освоен выпуск металлических контейнеров с герметичной крышкой КРАД-1,36 и КРАД-3,0, которые предназначены для локализации радиоактивных отходов при их промежуточном хранении и последующем транспортировании в пункт окончательного размещения (рис.2).



Рис. 2. Контейнеры металлические с герметичной крышкой

Технические характеристики металлических контейнеров с герметичной крышкой представлены в табл. 2.

Таблица 2

Технические параметры	Наименование	
	КРАД-1,36	КРАД-3,0
Емкость, м ³	1,36	3,0
Толщина стенок, мм	4	2
Габаритные размеры, мм	1280x1280x900	2620x1430x1080
Масса, кг	232	655
Масса с отходами, кг	от 2000 до 3140	от 4000 до 6670

По заказу ГУП «МосНПО «Радон» спроектирована и выпущена опытная партия контейнеров железобетонных защитных невозвратных НЗК-Радон с уменьшенной толщиной стенки корпуса и увеличенным внутренним объемом для размещения и транспортирования кондиционированных форм низко- и среднеактивных РАО. Их технические характеристики приведены в табл. 3.

Таблица 3

Технические параметры	Наименование	
	НЗК-РАДОН	НЗК-РАДОН-01
Емкость, м ³	1,9	1,9
Толщина стенок, мм	110	110
Габаритные размеры, мм	1650x1650x1340	1650x1650x1340
Масса, т	4,0	4,0
Масса контейнера с крышкой, заполненного отходами, т	6,5	6,5
Масса крышки, т	0,66	0,64
Масса пробки, т	-	0,02
Диаметр отверстия в крышке, мм	-	205

Разработана рабочая документация, изготовлен, испытан и внедрен комплекс технологического оборудования для обращения с контейнерами НЗК на всех стадиях:

- траверса для перемещения крышки контейнеров НЗК-150-1,5П, НЗК-150-1,5П(С) и НЗК-Радон;
- траверса для перемещения корпуса контейнеров НЗК-150-1,5П, НЗК-150-1,5П(С) и НЗК-Радон;
- траверса механическая четырехзахватная для перемещения заполненных контейнеров НЗК-150-1,5П, НЗК-150-1,5П(С) и НЗК-Радон;
- траверса полуавтоматическая четырехзахватная для перемещения заполненных контейнеров НЗК-150-1,5П, НЗК-150-1,5П(С) и НЗК-Радон (рис. 3);

- технологический модуль дистанционной окончательной герметизации контейнеров НЗК-150-1,5П, НЗК-150-1,5П(С) и НЗК-Радон, заполненных РАО (рис. 4);
- лёгкие сборно-разборные хранилища для упакованных контейнеров НЗК по заказу Нововоронежской АЭС;
- утепленное сборно-разборное хранилище для размещения оборудования технологического модуля дистанционной окончательной герметизации контейнеров НЗК-150-1,5П, НЗК-150-1,5П(С) и НЗК-Радон, заполненных РАО.



Рис. 3. Траверса полуавтоматическая для перемещения заполненных контейнеров

Собственное производство реализовано в виде проекта технологического модуля по производству контейнеров НЗК-150-1,5П, НЗК-150-1,5П(С) и НЗК-Радон (рис. 5).

Технологический модуль включает в себя установки, агрегаты, АСУ ТП для организации производства на всех этапах – от контроля качества исходных материалов (песка, щебня, цемента, металла и т. п.) до контроля качества полученного на выходе контейнера с документированием всех параметров контейнера. Управление производством – полуавтоматическое. Модульный принцип построения позволяет наращивать производительность контейнеров в зависимости от потребностей АЭС.

На ОАО «345 механический завод» достигнута производственная мощность изготовления контейнеров – 3000 штук в год с возможностью расширения до 5000 штук в год.

Производственный модуль может быть изготовлен и смонтирован ОАО «345 механический завод» «под ключ» в любом регионе России в районе расположения объектов атомной энергетики.

Технологический модуль герметизации контейнера НЗК после его заполнения РАО включает в себя транспортную систему перемещения контейнера и цементной смеси, установки, узлы, пульт управления.

Производительность технологического модуля герметизации контейнера составляет 10 штук в смену.

Герметизирующая смесь обеспечивает прочность 600-650 кг/см², что эквивалентно бетону класса В50, а также обладает повышенной деформативностью и несколько пониженным модулем упругости по сравнению с бетоном корпуса и

крышки. Эти свойства позволяют поглощать больше энергии удара на единицу объема бетона шва и предотвращать образование трещин при падении контейнера.



Рис. 4. Технологический модуль герметизации



Рис. 5. Технологический модуль по производству контейнеров

Производимые контейнеры соответствуют требованиям федеральных норм и правил в области использования атомной энергии, регламентирующих обращение с РАО. По своим защитным, прочностным и ресурсным характеристикам они не уступают зарубежным аналогам [6-9], при этом стоимостные показатели серийного производства в 2-2,5 раза ниже зарубежных образцов.

Контейнеры сертифицированы в системе сертификации ОИТ для атомной энергетики. Получены сертификаты соответствия как на сами контейнеры, так и

на контейнеры как транспортные упаковки типа А. Их производство сертифицировано в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001- 2001.

Проведенные технико-экономические исследования показали:

- на расстоянии не более 1000 км от ОАО «345 механический завод» и годовой программе менее 1000 штук контейнеры НЗК производить на АЭС экономически не выгодно.
- на расстоянии более 1000 км от ОАО «345 механический завод» и годовой программе более 3000 штук целесообразно иметь на АЭС технологический модуль по производству контейнеров НЗК.

В настоящее время налажено сотрудничество ОАО «345 механический завод» с АЭС концерна «Росэнергоатом» (Нововоронежская АЭС, Смоленская АЭС, Ростовская АЭС, Белоярская АЭС, Кольская АЭС), спецкомбинатами системы «Радон» и другими организациями, имеющими в технологическом цикле радиоактивные отходы.

Контейнерное хранение кондиционированных РАО с использованием железобетонных контейнеров типа НЗК, как одного из направлений решения проблемы окончательного захоронения РАО, одобрено секцией № 4 «Безопасность объектов использования атомной энергии» Научно-технического совета Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). В свете реализации концепции контейнерного хранения кондиционированных РАО, принятой ФГУП концерн «Росэнергоатом», контейнер типа НЗК предложен как элемент системы упорядоченного безопасного хранения РАО на площадках АЭС, а также как элемент упаковки для захоронения РАО. Ростехнадзор рекомендовал Росатому рассмотреть возможность применения контейнеров типа НЗК-150-1,5П на других объектах использования атомной энергии.

Контейнеры включены в реестр контейнеров и упаковок Росатома, рекомендованных к применению на объектах атомной энергетики.

Сферой применения контейнеров НЗК могут быть не только АЭС, предприятия Росатома, спецкомбинаты системы «Радон», но и другие отрасли промышленности.

Литература

1. Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения. НП-058-04, Ростехнадзор, 2004.
2. Упаковочный и транспортировочный контейнер с крышкой для радиоактивных и иных отходов. Патент на промышленный образец № 52470 / Р.М. Гатауллин, А.А. Резник, В.Т. Сорокин, Н.В. Свиридов, И.М. Теложер. Зарегистрирован в Государственном Реестре промышленных образцов РФ 16 мая 2003.
3. Железобетонный контейнер для транспортирования и/или длительного хранения радиоактивных и токсичных отходов различных производств: патент на полезную модель № 3020 / Р.М. Гатауллин, Н.В. Свиридов, В.Т. Сорокин, И.М. Теложер, А.А. Резник, Н.Н. Перегудов. Зарегистрирован в Государственном Реестре полезных моделей РФ 20 июня 2003.
4. Сорокин В.Т. Разработка и научное обоснование стратегии и технических решений по обращению с низко- и среднеактивными отходами на завершающих стадиях /Автореферат дисс. докт. техн. наук. Санкт-Петербург. 2008.
5. Сорокин В.Т., Свиридов Н.В., Гатауллин Р.М. Бетоны и технология из-

готовления невозвратных защитных контейнеров для радиоактивных отходов // Радиационная безопасность, транспортирование радиоактивных отходов: Доклады третьей ежегодной международной конференции. 31 октября - 4 ноября 2000 г. Санкт-Петербург.

6. Свиридов Н.В. Долговечные контейнеры для РАО // Безопасность окружающей среды. 2007. № 1.
7. Дмитриев С.А., Волков А.С., Гатауллин Р.М. Варианты конструктивных решений контейнеров для различных режимов обращения с РАО. // Безопасность окружающей среды. 2007. № 2.
8. Гатауллин Р.М., Медеяев И.А. Производство железобетонных контейнеров для решения проблем обращения с РАО // Безопасность окружающей среды. 2008. № 1.
9. Гатауллин Р.М. Создание и внедрение невозвратных железобетонных защитных контейнеров НЗК для решения проблем обращения с РАО // Труды 6-й международной научно-технической конференции «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики». М.: концерн «Росэнергоатом», 2008.