

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЩНОСТИ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В ВОЗДУШНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ВБЛИЗИ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ»

А. И. Довыдьков, В. А. Краснов, Н. М. Мышковский, Н. И. Павлюченко

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль

Приведены особенности исследований объемных гамма-полей в воздушном пространстве вблизи объекта «Укрытие» с использованием электронных дозиметров PD-3i и аэрошара. Даны рекомендации по использованию этих дозиметров для других аналогичных задач исследований.

Введение

В соответствии с объемом работ по контракту SIP-01-3-011 персоналом МНТЦ «Укрытие» выполнены исследования мощности экспозиционной дозы (МЭД) надземных полей гамма-излучения в воздушном пространстве вблизи объекта «Укрытие».

Исследования выполнены с целью сопровождения разработки концептуального проекта нового безопасного конфайнмента (НБК), в частности для обеспечения соответствия проекта критериям радиационной безопасности, которые устанавливаются требованиями НРБУ-97, НРБУ-97-Д-2000 в отношении источников ионизирующего излучения, воздействующих на персонал.

Согласно техническому заданию исследования проводились на участках, расположенных в 120 м на запад от контрфорсной стены объекта «Укрытие». Площадь наибольшего участка 240 × 145 м. Измерения МЭД выполнены по горизонтальной сети 18 × 18 м, а по высоте - с шагом 10 м до высоты 120 м (высота указана от дневной поверхности промплощадки). Общее число физических точек, в которых выполнялись измерения, превышает 1500. В итоге исследовано воздушное пространство локальной зоны и промплощадки объекта «Укрытие» объемом более 4 млн м³, при этом обработано более 10000 показаний дозиметров.

По результатам измерений составлена трехмерная картограмма радиационных полей в пространстве, где предполагаются строительно-монтажные работы при сооружении НБК [1].

Фактически такие исследования и в таком объеме в условиях объекта «Укрытие» проводились впервые. Авторы полагают, что полученный опыт может быть полезным при подготовке и выполнении аналогичных работ.

Подготовительные работы

Для проведения исследований МЭД во внешних объемных радиационных полях объекта «Укрытие» необходимо было решить следующие вопросы:

- выбрать средства измерений;
- выбрать или изготовить средства доставки средств измерений в точки измерений;
- разработать рациональную методику проведения исследований с учетом специфики работ.

Выбор средств измерений МЭД. Исходя из общей предварительной информации о радиационных полях вокруг объекта «Укрытие» и с учетом высоты подъема, определены следующие основные требования к средствам измерения МЭД:

- диапазон измерений МЭД от сотен мкР/ч до 1 Р/ч ;
- низкий коэффициент анизотропии детектора;
- дистанционное считывание или запоминание результатов измерений для последующего считывания и обработки в лабораторных условиях;
- небольшая масса и габариты дозиметра.

Исходя из вышеуказанных требований, был выбран измерительный комплекс на базе электронных дозиметров PD-3i со считывающим устройством PDR-1 и программным обеспечением RadStar. Его технические характеристики приведены в [2].

Дозиметры PD-3i использовались как для измерения мощности дозы в контрольных точках трехмерных объемов, так и для контроля облучения персонала, а также при измерениях уровня МЭД в местах выполнения работ.

Основными достоинствами PD-3i по сравнению с радиопередающими дозиметрами PDE-4 той же серии RadStar являются:

- небольшая масса;
- возможность запоминания результатов измерений в энергонезависимой памяти дозиметров;
- простота эксплуатации дозиметров при проведении полевых исследований;
- минимальные требования к вспомогательному оборудованию и квалификации персонала.

Перед проведением полевых исследований были изучены особенности применения PD-3i в условиях объекта «Укрытие», опробованы оптимальные режимы их работ, организованы места для их обслуживания в офисе, обучен персонал.

Все используемые дозиметры PD-3i перед началом работ прошли государственную поверку. Перед применением они были испытаны на поверочной установке «Интер» в поле гамма-излучения ^{137}Cs . Результаты испытаний подтвердили их паспортные технические характеристики.

Рекогносцировка и топогеодезические работы на местности по выносу в натуру точек исследований. Перед началом полевых работ по измерениям МЭД выполнялась рекогносцировка на местности. При этом исследовались местность, доступ к точкам наблюдений и условия проведения работ.

В качестве реперов при проведении топогеодезических работ использованы стены, углы сооружений, «клюшки» контрфорсной стены объекта «Укрытие» и пр., строительные координаты которых можно с необходимой точностью вычислить по карте и точки наблюдений вынести в натуру. Альтитуду точек наблюдений на дневной поверхности (высотные отметки в Балтийской системе координат) определяли по карте масштаба 1:200, интерполируя значения. Вынос точек наблюдений в натуру выполнялся с помощью теодолита и мерной ленты.

Закрепление точек на местности производилось специальными металлическими знаками или краской на вертикальных поверхностях (забор, бетонные столбы и пр.) с указанием номера участков и точек измерений. Погрешность выноса точек в натуру в плане не превышала ± 2 м, а точность определения альтитуды была не ниже $\pm 0,2$ м.

Выбор средств доставки детекторов в точки измерений. Для доставки детекторов в места измерений (на высоты от 10 до 120 м) были запланированы аэростат объемом около 60 м^3 с полезной подъемной силой 10 кг и стандартные метеорологические оболочки с подъемной силой 0,8 кг. Для наполнения подъемных устройств в качестве рабочего газа использовался гелий.

Применение стандартных метеорологических оболочек не обеспечивало требуемых темпов выполнения работ из-за их малой грузоподъемности. Кроме того, попытки многократного их применения приводили к разрыву оболочки в воздухе, падению и выходу из строя дорогих дозиметров, т. е. к дополнительным потерям времени и средств.

Опытными работами установлено, что наиболее оптимальным средством для доставки гирлянды детекторов в места измерений является подъемное устройство с полезной грузоподъемностью 2 - 3 кг, а сила ветра является решающим фактором независимо от грузоподъемности летательного средства. При этом большое значение при порывах ветра имеет запас подъемной силы (полезная подъемная сила минус фактическая поднимаемая масса).

В связи с этим был спроектирован, изготовлен, испытан и введен в эксплуатацию специальный аэростат объемом $5,8 \text{ м}^3$, который обеспечивал подъем полезной нагрузки до $2,5 \text{ кг}$ (масса 25 дозиметров PD-3i) на высоту до 150 м .

Аэростат состоит из оболочки, выполненной из легкой прочной синтетической ткани. Внутри оболочки помещен полиэтиленовый вкладыш, наполняемый гелием. К тканевой оболочке крепятся два - три фала растяжки и размеченный фал, к которому подвешиваются датчики.

Важным фактором в условиях порывов ветра оказалась также и толщина центрального фала и растяжек. Например, при толщине фала 3 мм площадь продольного сечения фала длиной 100 м будет около 3000 см^2 . Это эквивалентно максимальной суммарной площади сечения 60 датчиков PD-3i. Такой фал будет сильно влиять на отклонения датчиков при порывах ветра. Поэтому толщина фалов должна выбираться наименьшей с учетом поднимаемой массы.

Для максимального использования безветренных дней было организовано непрерывное дежурство бригад, занятых на полевых измерениях, чтобы при появлении благоприятных метеорологических условий они могли выехать и начать работы. При этом также велись постоянные слежения за прогнозами погоды.

Методика проведения измерений МЭД

Дозиметры прикреплялись к маркированному фалу в виде гирлянды с интервалом по высоте 10 м друг от друга. Количество одновременно поднимаемых дозиметров изменялось от 1 до 11 в зависимости от используемых средств подъема, силы и направления ветра, условий, задач и места измерений. Для повышения достоверности результатов измерений дозиметры в каждой контрольной точке выдерживались 5 - 6 мин (время пяти достоверных показаний МЭД, записанных в память истории доз дозиметров).

Установка дозиметров по высоте выполнялась с помощью центрального фала, на котором нанесены метки высоты с интервалом 10 м . Установка в плане осуществлялась с помощью двух - трех боковых фалов. При этом визуальные наблюдения за установкой дозиметров в точки измерений вели три наблюдателя. Центральный наблюдатель, он же оператор, корректировал действия операторов на боковых растяжках. Работы на высоте при скоростях ветра более 3 м/с не выполнялись.

Режимы работы дозиметров PD-3i выбирались с учетом предварительных исследований возможных диапазонов МЭД в зоне измерений и устанавливались с помощью считывающего устройства PDR-1. При этом интервал записи в память истории доз устанавливался равным 1 мин, а режим записи - линейный. Следует отметить, что при изменении условий выполнения работ (ветер, дождь, задержки с оформлением нарядов и другие факторы, приводящие к изменению начала измерений) более рациональным является установка циклического режима записи, при котором независимо от времени начала измерений в памяти дозиметров сохраняются последние 223 отсчета.

После выдержки в каждой контрольной точке 5 - 6 мин дозиметры перемещались в следующую контрольную точку по высоте или по горизонтальной плоскости. В процессе выполнения измерений проводился хронометраж времени включения дозиметров, установки их в точки измерения и ухода из точек измерения, направления и силы ветра. Это обеспечивает правильную привязку результатов измерений, считываемых из истории доз PD-3i, к точкам измерений в объемных полях. Для проверки и уточнения результатов измерения в отдельных точках были проведены повторные контрольные измерения МЭД.

После проведения полевых измерений дозиметры доставлялись в лабораторию, где с помощью считывающего устройства PDR-1, подключенного к ПЭВМ, показания МЭД, записанные в историю доз PD-3i, считывались в память ПЭВМ. Затем производилась обработка результатов измерений.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась в соответствии с ГОСТ 207-76. Предполагалось, что случайные погрешности имеют нормальный закон распределения, а систематическими погрешностями дозиметров, прошедших метрологическую калибровку, можно пренебречь.

За результат измерений для каждой контрольной точки принималось среднее арифметическое показаний дозиметров в этой точке, из которых предварительно исключались грубые погрешности.

Выводы

1. Проведенные исследования впервые дали наиболее полную информацию о характере изменения МЭД в объемных полях около объекта «Укрытие». Всего проведено более 10000 измерений в более чем 1500 точках. Общий размер исследованных объемов более 4 млн м³.

2. Результаты выполненных исследований подтвердили правильность выбранной методологии измерения МЭД в объемных полях объекта «Укрытие» с использованием малогабаритных электронных дозиметров типа PD-3i и доставкой их в точку измерения с помощью специально изготовленного аэрошара, заполненного гелием. Полученный опыт может быть использован для других аналогичных работ.

3. Успешное применение электронных дозиметров PD-3i для исследования МЭД в объемных полях около объекта «Укрытие» подтверждает перспективность их использования при выполнении широкого круга научно-исследовательских задач. В частности, благодаря высокой чувствительности и возможности запоминания результатов в широком диапазоне МЭД и интервалов времени дозиметры PD-3i позволяют решать такие задачи, как:

исследование характера изменения МЭД по глубине скважин, а также в помещениях и участках объекта «Укрытие», труднодоступных для персонала;

анализ динамики дозы и МЭД в характерных точках объекта «Укрытие» в процессе выполнении различных работ и мероприятий;

создание малогабаритных автоматизированных устройств для разведки, исследования направлений на источники гамма-излучения, оценки эффективности биозащиты;

организация контрольных постов наблюдения за перемещением радиоактивных отходов и топливосодержащих материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Документ D1.4 «Задача 1. Измерения надземных полей гама-излучения. Фаза 2. Отчет по измерениям. SIP К 01 21 310 MR2 003 02.
2. Электронный дозиметр PD-3i. Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию.

Поступила в редакцию 09.11.04,
после доработки - 15.11.04.