

5. Старикова Н. С. , Редько В. В. Исследование методов контроля целостности изоляции в области слабых и сильных электрических полей [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири– 2013 – №. 3 (9) – С. 55–59 –Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/746>
6. Важов В.Ф., Пичугина М.Т. и др. Техника высоких напряжений. Руководство к лабораторным работам. Уч. пособие.– Томск: ТПУ– 2006 – 79 с.
7. Сканави Г.И. Физика диэлектриков (область сильных полей) – М.: Государственное издательство физико-математической литературы–1958 – 909 с.
8. Редько В.В. Разработка методов и средств электроискрового технологического контроля изоляции кабельных изделий – Томск: Издательство ТПУ– 2013 – 91 с.

## **ИЗМЕРЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗОВЫХ ПОЛЕЙ ГАММА-ИСТОЧНИКОВ С НЕСТАБИЛЬНЫМИ ВО ВРЕМЕНИ ПАРАМЕТРАМИ ПУЧКА**

*Стучебров С.Г., Милойчикова И.А., Данилова И.Б.*  
Томский политехнический университет

Тенденция увеличения качества результатов исследований внутренней структуры изделий в целях осуществления неразрушающего контроля на производствах предъявляет все большие требования к стабильности характеристик зондирующих пучков и, соответственно, к их излучателям. Не смотря на это, сегодня не редко используются нестабильные рентгеновские и гамма источники, изменение основных параметров которых во время работы достигает нескольких десятков процентов. Изменения параметров могут быть обусловлены внешними наводками на излучающее устройство, чувствительностью к нестабильности внешнего питания, нагревом установки или несовершенством отдельных узлов генератора излучения. Такие установки используются, например, в исследовательских целях, где применяется экспериментальное оборудование, отладка которого зачастую либо не возможна, либо не имеет смысла.

В любом случае, эксплуатация таких установок требует измерения и контроля характеристик их дозовых полей. Изменчивость параметров не позволяет применять обычные методы, основанные на получении данных с одного дозиметра, перемещаемого внутри поля излучения, так как нестабильное поле необходимо измерять одновременно во всем объеме.

Для решения этой задачи была исследована возможность построения пространственно-распределенной координаточувствительной дозиметрической системы. Для этого были использованы компактные накопительные дозиметры, размещаемые в пространстве в заранее рассчитываемых точках дозовых полей генераторов излучения. Положение детектирующих элементов обуславливается формой поля исследуемого генератора излучения и требуемым пространственным разрешением дозиметрической системы.

Исследования проводились на различных источниках рентгеновского и гамма-излучения. Были исследованы пространственные распределения мощностей доз рентгеновского аппарата РАП-160-5 [1], бетатрона ОБЬ-4, частотного импульсного электронного ускорителя прямого действия «АСТРА» и других.

Полученные результаты показали пригодность таких пространственно-распределенных координаточувствительных дозиметрических систем, в том числе и для работы с импульсными источниками, имеющими очень резкую смену профиля излучения и высокую интенсивность в пределах отдельных импульсов.

Применение разных типов накопительных дозиметров, таких как термолюминесцентные ДТЛ-02 [2] и дозиметры конденсаторного типа Д-2Р позволило

повысить достоверность экспериментальных данных, точность измерений и расширить область применения системы за счет разных границ рабочих режимов дозиметров.

На рис. 1 показана диаграмма пространственного распределения дозы от рентгеновского аппарата РАП-160-5, измеренная при помощи термолюминесцентных дозиметров ДТЛ-02 [3].

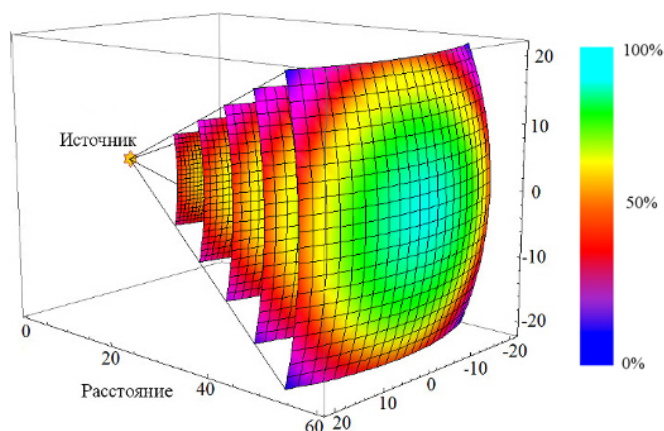


Рис.1. Диаграмма пространственного распределения дозы от рентгеновского аппарата РАП-160-5

Для расчета мощности дозы из измеряемых дозиметрами доз должна учитываться экспозиция облучения. Однако при этом возникает проблема, связанная с дозовой нагрузкой на детекторы в течение времени, необходимого для выхода излучающей установки на заданный рабочий режим. В установках, выходящих на рабочий режим не мгновенно, применен метод, позволяющий рассчитать дозу, полученную дозиметром во время выхода на режим [4].

На рис. 2 показана упрощенная временная диаграмма мощности дозы источника во время выхода на рабочий режим.

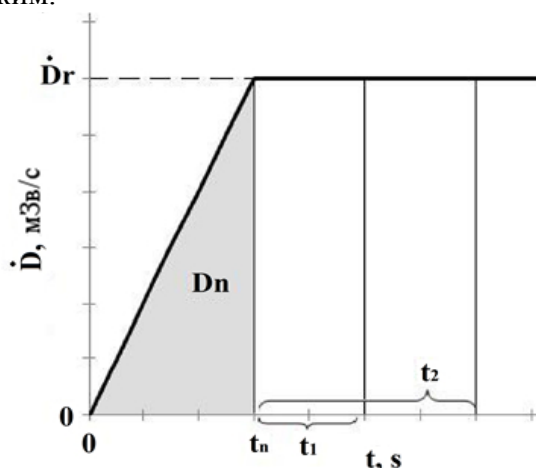


Рис. 2. Временная диаграмма мощности дозы источника во время выхода на рабочий режим

Как показано на рис. 2, были выбраны два разных времени облучения дозиметров. В обоих случаях общее время работы складывается из времени выхода на режим и времени работы в заданном режиме. Доза, полученная детектором, равна площади под графиком временной диаграммы мощности дозы. Таким образом, из рисунка 2 видно, что доза, соответствующая времени, необходимому для выхода на режим, может быть найдена из следующих соотношений:

$$\begin{cases} D_n + t_1 \cdot \dot{D}_r = D_1 \\ D_n + t_2 \cdot \dot{D}_r = D_2 \end{cases} \Rightarrow \dot{D}_r = \frac{D_1 - D_2}{t_1 - t_2} \Rightarrow D_n = D_1 - t_1 \cdot \dot{D}_r = D_2 - t_2 \cdot \dot{D}_r,$$

где,  $D_n$  – доза, полученная детектором во время выхода источника на режим;  $t_1, t_2$  – время работы источника;  $\dot{D}_r$  – мощность дозы источника на режиме;  $D_1, D_2$  – суммарная доза, накопленная дозиметром за время  $t_1, t_2$ , соответственно.

Малые размеры детекторов влияют на точность их показаний. Для решения этой проблемы проведена калибровка каждого из них [5] при помощи специализированной клинической дозиметрической установки высокой точности UNIDOS-E [6]. Полученные результаты позволили не только оценить работоспособность отдельных дозиметров, но и ввести поправочные коэффициенты для каждого из них.

Предложенная методика опробована на измерении распределения дозовых полей нескольких источников рентгеновского и гамма-излучения, основанных на рентгеновских трубках, электронных ускорителях бетатронов и линейных электронных ускорителях. Небольшие размеры дозиметров позволили добиться высокой пространственной точности измерений. Полученные поправочные коэффициенты для каждого из детектирующих элементов повысили достоверность измерений.

#### Список использованных источников

1. Штейн М.М. и др. Частотно-импульсные рентгеновские аппараты // Контроль. Диагностика – 2007 – № 2 – С. 24–27
2. Паспорт ЖБИТ2.805.006РЭ: «Дозиметры термолуминесцентные ДТЛ-02». – Версия\_2\_05.10.2012 – 13 с.
3. Miloichikova I. A. , Stuchebrov S. G. , Krasnykh A. A. , Vagner A. R. Dose rate spatial distribution produced by the pulsed X-ray source in the radiographic examination // Advanced Materials Research – 2015– Vol. 1084 – PP. 598–601
4. Miloichikova I. A. , Stuchebrov S. G. , Krasnykh A. A. , Vagner A. R. Radiation dose measurement technique of the X-ray source in the process of stabilization // Advanced Materials Research– 2015 – Vol. 1085– PP. 478–481
5. Miloichikova I. A., Ruchjeva V. A., Shuvalov E. N., Stuchebrov S. G. Depth dose distribution of the bremsstrahlung generated by the betatron OB-4 in different environments // XXIV Russian Particle Accelerator Conference: Proceedings, Obninsk, October 6-10, 2014–Novosibirsk: BINP–2014 – PP. 266–268
6. RTW [Электронный ресурс]/UNIDOS E Universal Dosemeter–URL: [http://www.ptw.de/unidos\\_e\\_dosemeter\\_ad0.html?&cId=3](http://www.ptw.de/unidos_e_dosemeter_ad0.html?&cId=3) (дата обращения: 01.07.2015)

## ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ МАЛОГАБАРИТНОГО БЕТАТРОНА

*Сухарников К.В., Рычков М.М.*

Томский политехнический университет

### Введение

Бетатроны, разрабатываемые в Томском политехническом университете, пользуются спросом и поставляются на промышленные предприятия и в медицинские учреждения России и за рубеж [1]. Бетатрон — циклический индукционный ускоритель электронов. Благодаря своей простоте, компактности и низкой стоимости, он является весьма востребованным прибором на рынке, выдерживая конкуренцию со стороны других типов ускорителей.