

- щитной службы. Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. Вып. 3 - Харьков.: ХИПБ, 1998. – с.178с.
3. В.М. Стрелец, П.Ю. Бородич. Имитационное моделирование начального этапа пожаротушения на станциях метрополитена. Проблемы пожарной безопасности.– Харьков: Фолио, 2003. – Вып. 13. – 172 с.
 4. Стрелец В.М., Калашников А.А. Разработка и анализ сетевой модели боевого развёртывания аварийно-спасательного автомобиля. Проблемы пожарной безопасности. (Сборник научных трудов) Выпуск 14 - Х.: Фолио, 2003. – с.183– 188
 5. Калашников О.О. Геометричне та комп'ютерне моделювання компонування обладнання спеціальної техніки швидкого реагування: Автореф. дис. на здобуття наукового ступеню канд. техн. наук. - Мелітополь, 2005.- 22 с.

УДК 621.039, 614.73

*Кащей В.А., канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотр.,
ННЦ «Институт метрологии»*

ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОСТЕЙ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГАЗО-АЭРОЗОЛЬНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ВЫБРОСОВ

(представлено д-ром техн. наук Кривцовой В.И.)

Проведено сравнение результатов экспериментальных исследований газовых мониторов типа “Plastic scintillation Counter” и “NaI (Tl) scintillation counter” с теоретическими расчетами. Расчеты выполнены в терминах уравнений Вольтерра. Обнаружено хорошее согласие расчётных и экспериментальных результатов.

Постановка проблемы. Существенное и качественно новое воздействие на окружающую среду оказывают предприятия ядерного топливного цикла (ЯТЦ). Среди множества вредных воздействующих на окружающую природу факторов, порождаемых ими, особое внимание в последнее время привлекают выбросы радиоактивных газо-аэрозольных смесей. Это обусловлено большими активностями таких выбросов и присутствием в них радионуклидов техногенного происхождения, которые ранее, до 40-х годов прошлого столетия, когда были начаты ядерные испытания и введены

в эксплуатацию атомные станции, в природе не встречались. Их роль в формировании радиационного фона приземного слоя атмосферы в настоящее время еще недостаточно изучена, как не изучены и воздействия этих факторов на окружающую среду. В связи с этим перед предприятиями ЯТЦ (и родственными предприятиями) стоит важная задача по совершенствованию методов и средств измерений их активностей. Решение этой задачи является необходимым условием для разработки прогнозов развития и предотвращения процессов, приводящих к чрезвычайным ситуациям, обусловленных выбросами радиоактивных газо-аэрозольных смесей в атмосферу Земли.

Анализ последних исследований и публикаций. Выбросы радиоактивных газо-аэрозолей в атмосферу являются неизбежным следствием применения предприятиями ЯТЦ принципа разбавления выбросов атмосферным воздухом [1]. Количество ядерных энергетических установок в мире неуклонно возрастает. Растет (даже без учета аварий на АЭС и других предприятиях) и радиационная нагрузка на окружающую среду. Предупредить развитие необратимых процессов в окружающей среде можно только на основе точных измерений характеристик вредных факторов (в данном случае активности выбросов) и принятия соответствующих обстановке решений. В настоящее время измерения активности выбросов, в частности из вентиляционных труб АЭС, осуществляются средствами измерительной техники, которые изначально были сконструированы и аттестованы для измерений активностей стационарных выбросов. Реальные выбросы всегда нестационарны. И измерять нужно нестационарные характеристики выбросов.

В [2-3] задача измерения активностей нестационарных выбросов радиоактивных газов решается экспериментально. Сообщения об измерениях активностей аэрозольной компоненты выбросов в нестационарном режиме в литературе отсутствуют.

В работе [1] предложены нестационарные уравнения (уравнения Вольтерра), в терминах которых рассмотрена проблема измерения активностей аэрозольной компоненты выбросов. В [4,5] - разработаны аналогичные уравнения для радиоактивных газов.

Постановка задачи и ее решение. Опыт измерений характеристик нестационарных радиоактивных выбросов предприятиями ЯТЦ в настоящее время очень мал. В связи с этим представляет интерес сравнение результатов экспериментальных исследований [2-3] с теоретическими расчетами [4,5].

Текущее значение активности радиоактивного газа, измеренное газовым монитором, даётся уравнением Вольтерра [5]:

$$A_k(t) = \int_0^t q_k(\tau) \cdot w(\tau) \cdot e^{(V_{kp}(t) - V_{kp}(\tau)) / V_0} d\tau + A_k(0) \cdot e^{-V_{kp}(t) / V_0}, \quad (1)$$

где $q_k(\tau)$ — значение объёмной активности газа в момент времени τ ; $w(\tau)$ — объёмный расход воздуха через газовую измерительную камеру монитора; $V_{kp}(t) = \int_0^t w(\tau) d\tau$; V_0 — объём газовой измерительной камеры; $A_k(0)$ — активность газа в начальный момент измерения; t — текущее значение времени.

Измеряемой величиной является активность $A_k(t)$. Формула (1) даёт следующее выражение для импульсной характеристики газового монитора:

$$q_k(t) = q_e \cdot \frac{\lambda_k \cdot (e^{-\lambda_k \cdot t} - e^{-\lambda_e \cdot t})}{(\lambda_e - \lambda_k)} \quad (2)$$

где $\lambda_k = \frac{w_0}{V_k}$ и $\lambda_e = \frac{w_0}{V_e}$ — постоянные полувыведения радионуклидов из газовой измерительной камеры монитора и эталонной камеры, V_k и V_e — рабочие объёмы этих камер, соответственно, q_e — начальное значение объёмной активности газа в эталонной камере. Функция $q_k(t)$ (рис. 1) имеет максимум при $t_{\max} = \ln(\lambda_k / \lambda_e) \cdot (\lambda_k - \lambda_e)^{-1}$. На рис. 2 показан типичный график зависимости $t_{\max}^{(norm)}(x)$.

Импульсная характеристики монитора необходима для построения отклика газового монитора на воздействие нестационарных сигналов произвольной формы. Формула $t_{\max} = \ln(\lambda_k / \lambda_e) \cdot (\lambda_k - \lambda_e)^{-1}$ позволяет выбрать требуемый для решения конкретной задачи рабочий объём газовой измерительной камеры монитора.

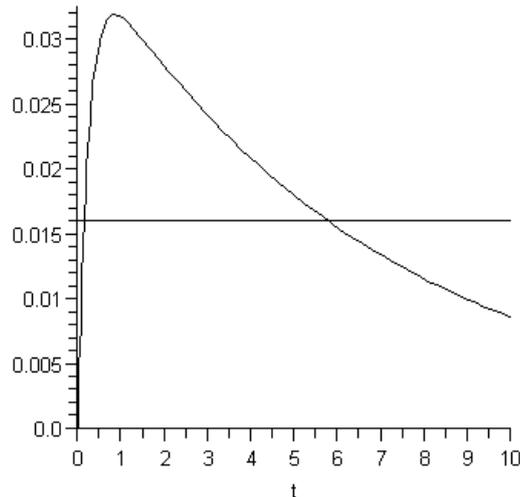


Рис. 1 – Импульсная характеристика газового монитора на основе газовой камеры M-plastic. Текущее время приведено в секундах

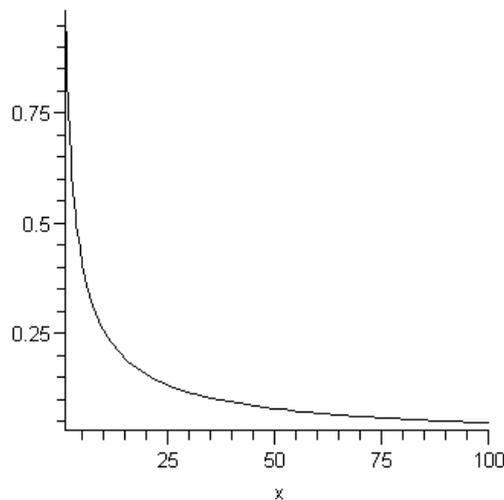


Рис. 2 – График зависимости $t_{\max}^{(norm)}(x)$, где $t_{\max}^{(norm)} = \lambda_k \cdot t$ и $x = \lambda_e / \lambda_k$.

Сравнение результатов экспериментальных исследований [2,3] с их расчётами по формуле (2) обнаруживает хорошее согласие, - в пределах нескольких процентов. В таблице 1: Δ_{imp}^{exper} и - длительности импульсных характеристик двух мониторов, измеренные по уровню 0,5. (эксперимент и теория, соответственно). Рабочие объёмы этих камер отличаются более чем в 30 раз.

Таблиця 1

Монитор	V_k , (л)	w , (л/мин)	λ_k , (с ⁻¹)	Δ_{imp}^{exper}	Δ_{imp}^{theor} , (с)
M-Plastic	1.7	10	0.098	8.8	8.5
		15	0.147	5.9	5.7
M-NaI	62.1	15	$4.026 \cdot 10^{-3}$	175	174

Выводы. Полученные выше результаты показывают, что разработанные в [4,5] нестационарные уравнения позволяют отойти от чисто эмпирических методов оценки активностей нестационарных выбросов радиоактивных газов и перейти к их количественному описанию. Это позволит получить более полные представления о структуре неопределенностей, присущих современным мониторам выбросов радиоактивных газов. Эти уравнения могут служить теоретической основой для разработки новой техники.

Реализация этих предложений повысит качество измерений, а следовательно, и надёжность прогнозов радиационного состояния приземного слоя атмосферы при воздействии на неё выбросов радиоактивных газов техногенного происхождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кащей В.А. Измерение активностей радиоактивных аэрозолей выбросе из вентиляционной трубы атомной станции. // Український метрологічний журнал. -2005. -№ 4. -С. 45–49.
2. Oishi T., Yoshida M. A calibration technique by pulse-like injection of radioactive gases for gas monitors /Radioisotopes. - 1999. -48. -P. 23–31.
3. Oishi Tetsuya and Yoshida Makot. Response analysis of radioactive gas monitors for short duration inflow of radioactive gas //Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY. - December 2001. -V. 38, No 12. -P. 1115–1119.
4. Кащей В.А. Измерение активностей инертных радиоактивных газов в выбросе из вентиляционной трубы атомной станции. //Український метрологічний журнал. -2006. -№ 2. -С. 49–53.
5. Кащей В.А. Измерение активностей радиоактивных газов в нестационарных выбросах. //Український метрологічний журнал. -2006. -№ 4. -С. 60–64.