

грешности 20 % и доверительном интервале 0,95 от 10 част./мин·см² за время менее 1,5 мин.

Верхний предел измерения определяется электроникой и наиболее медленным из сцинтилляторов и составляет $3 \cdot 10^5$ част./мин·см².

Тестовые измерения на пучках ионов высоких энергий планируется провести на ускорительном комплексе ОИЯИ (г. Дубна, РФ).

Заключение. Продемонстрирована работа быстродействующего двухслойного фосвич-детектора на базе сцинтилляционного кристалла YAP:Ce и пластического сцинтиллятора, пер-

спективного для спектрометрии и идентификации легких ионов. Также показана его применимость для измерения поверхностной загрязненности альфа- и бета-активными радионуклидами.

Литература

A. Fedorov, A. Lobko, O. Missevitch / Novel fast-acting scintillation detectors for wide energy range applications // Advanced Radiation Sources and Applications / Ed. by H. Wiedemann. NATO Science series II, Mathematics, Physics and Chemistry. vol. 199, Springer, 2006.

УДК 614.842

РАСЧЕТ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАДЕРЖЕК ОПОВЕЩЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ ЛЮДЕЙ

Мисюкевич Н.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Вступающий в силу с 01.01.2020 технический регламент ТР ЕАЭС 043/2017 [1] определил, что система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ) – совокупность технических средств, предназначенных для информирования людей о возникновении пожара, необходимости эвакуироваться, путях и очередности эвакуации. Таким образом, можно утверждать, что не может существовать систем оповещения без решения задач управления эвакуацией людей при пожаре. Введенный в действие 01.09.2018 технический кодекс установившейся практики ТКП 45-02-317-2018 [2], к сожалению, использует старый термин и определение системы: «Система оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией – совокупность технических средств, предназначенных для сообщения людям информации о возникновении пожара или другой чрезвычайной ситуации и порядке действий при эвакуации». Примененное в ТКП 45-02-317-2018 [2] сокращенное обозначение системы «СО» уже негативно отразилось на практике создания систем: делается только часть системы (оповещение), а управление эвакуацией не рассматривается в создаваемой документации. Таким образом осуществляется реализация оборудования неспособного управлять эвакуацией в виду отсутствия алгоритмов осуществления данной целевой задачи.

Методика расчета параметров эвакуации, приведенная в приложении 2 межгосударственного стандарта ГОСТ 12.1.004 [3], предусматривает необходимость учета времени задержки движения людей из-за образования скопления и, так же как и другие технические нормативные правовые акты (ТНПА), не дает никаких указаний и формул для его расчета.

Автором обоснована формула для расчета времени задержки эвакуации людей. Задержка эвакуации происходит при превышении предельной плотности потока. При этом интенсивность движения резко сокращается, уменьшается примерно в два раза в сравнении с движением при нормируемых параметрах. Это схоже с процессом образования «пробки» при движении автомобильного транспорта.

Для расчета времени задержки движения при эвакуации $t_{здр}$, мин, необходимо использовать следующую формулу (1)

$$t_{здр} = \frac{Nf}{0,9q_i \delta_i}, \quad (1)$$

где N – число людей в скоплении, чел; f – средняя площадь горизонтальной проекции человека, м²; $0,9$ – коэффициент пропорциональности, численно равный максимально допустимой плотности потока; q_i – значение интенсивности движения людского потока по рассматриваемому i -му участкам пути, чел*м/мин; δ_i – ширина рассматриваемого i -го участка пути, м.

Значения входящих в формулу параметров следует принимать по таблице 2 приложения 2 ГОСТ 12.1.004 [3] при максимально допустимой плотности потока в зависимости от вида пути эвакуации.

Следует отметить, что существующие ТНПА никак не определяют допустимость задержки эвакуации. Анализ и натурные наблюдения показывают, что задержка эвакуации допустима лишь в помещениях, откуда люди начинают движение при эвакуации. Задержка эвакуации на последующих общих путях эвакуации недопустима и может приводить к трагическим последствиям: падению людей (эффект «домино»), затаптыванию, раздавливанию. Печальный при-

мер этому – трагедия в подземном переходе станции метро «Немига» в 1999 году.

Избежать задержек движения на общих путях эвакуации можно применяя задержки оповещения об эвакуации отдельных зон и, тем самым, управляя плотностью людского потока за пределами начальных участков движения.

При наличии двух и более эвакуационных выходов с этажа возникает необходимость определения ситуаций блокирования одного из эвакуационных выходов опасными факторами пожара (ОФП). Очевидно, что это возможно лишь в случае выделения помещений этажа в отдельные зоны. Если эти помещения выходят в разные коридоры (общий коридор разделен перегородками с дверями), зоны управления эвакуацией могут учитывать такое архитектурное решение и ограничиваться помещениями, выходящими в конкретный коридор. Если коридор один, его в любом случае целесообразно выделять в отдельную зону и такое зонирование использовать для сокращения случаев задействования СОУЭ по ложным сигналам о пожаре от систем пожарной сигнализации (СПС).

Наиболее сложная расчетная ситуация эвакуации при первоначальном появлении ОФП в коридоре. Исходя из критерия безопасности (2) за расчетное время эвакуации по коридору следует обеспечить эвакуацию всех людей из всех помещений, выходящих в данный коридор.

Критерием безопасности процесса эвакуации является соблюдения соотношения:

$$t_p \leq t_n - t_c, \quad (2)$$

где t_p – расчетное время эвакуации;

t_n – необходимое время эвакуации;

t_c – время свободного развития пожара до начала эвакуации.

При использовании СПС t_c принимают равным нулю. Соответственно, максимально допустимое время задержки выдачи сигнала на начало эвакуации t_z определяется из равенства (3)

$$t_z = t_n - t_p \quad (3)$$

Анализ поступающих сообщений по системам передачи извещений о пожаре и неисправности в настоящее время показывает, что действительным сигнал «Пожар» является лишь в менее 1 % случаев. Важно не нарушать нормальную жизнедеятельность людей при формировании ложных сигналов «Пожар» СПС. Для обеспечения возможности проверки поступающих сообщений оперативным персоналом и соблюдения критерия безопасности (2) изначально целесообразно определить и запрограммировать СОУЭ с максимально допустимыми задержками включения оповещения зон в зависимости от места формирования сообщения.

Алгоритм формирования задержек начала оповещения представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Структурная схема алгоритма формирования максимальных задержек оповещения зон эвакуации

Зона пожара	Время подачи сигнала об эвакуации в зоны		
	1	2	3
1	$t_3^1 = t_n^1 - t_p^1$	$t_3^2 = t_n^1$	$t_3^3 = t_n^1 + t_n^2$
2	$t_3^1 = t_n^2$	$t_3^2 = t_n^2 - t_p^2$	$t_3^3 = t_n^2$
3	$t_3^1 = t_n^2 + t_n^3$	$t_3^2 = t_n^3$	$t_3^3 = t_n^3 - t_p^3$

В условиях подтверждения достоверности возникновения пожара стоит задача максимально быстрой эвакуации людей с места пожара и обеспечения успешности действий пожарных аварийно-спасательных подразделений. В этих условиях задержки оповещения о начале эвакуации предназначены для формирования людского потока и исключения задержек его движения на общих путях эвакуации. Структурная схема алгоритма формирования минимальных задержек оповещения зон эвакуации представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Структурная схема алгоритма формирования минимальных задержек оповещения зон эвакуации

Зона пожара	Время подачи сигнала об эвакуации в зоны		
	1	2	3
1	$t_3^1 = 0$	$t_3^2 = \sum_1^2 t_p$	$t_3^3 = \sum_1^3 t_p$
2	$t_3^1 = \sum_1^2 t_p$	$t_3^2 = 0$	$t_3^3 = \sum_2^3 t_p$
3	$t_3^1 = \sum_1^3 t_p$	$t_3^2 = \sum_2^3 t_p$	$t_3^3 = 0$

Устойчивая и надежная работа СОУЭ возможна при минимизации ее задействования по ложным сообщениям о пожаре. Выделение коридоров в отдельные зоны контроля ОФП и управления эвакуацией с соблюдением критерия безопасности (2) позволяет ограничить нарушение нормальной жизнедеятельности людей в помещениях и регулировать возможное время подтверждения сообщения о пожаре дежурным персоналом. С этой целью немедленное задействование СОУЭ допускается лишь при поступлении сигналов об обнаружении ОФП в коридоре. По сигналам из других зон допустимо не задействовать СОУЭ, подтверждая соблюдение условий безопасности расчетом.

Вывод: следует восстановить ранее существовавшую практику применения тепловых пожарных извещателей максимального действия в по-

мещений по результатам оценки технической и экономической эффективности таких решений.

Литература

1. О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения: ТР ЕАЭС 043/2017. – Введ. 01.01.2020 [Электронный ресурс] / ЕЭК. – Режим доступа: <http://tnpa.by/#!/DocumentCard/378586/507146>. – Дата доступа: 21.09.2018.

2. Пожарная автоматика зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования. ТКП-45-2.02-317-2018. – Введ. 01.09.2018 [Электронный ресурс] / Нац. фонд ТНПА. – Режим доступа: <http://tnpa.by/#!/DocumentCard/395628/525125>. – Дата доступа: 21.09.2018.

3. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. – Введ. 01.07.1992. – Минск : Госстандарт, 2008. – 65 с.

УДК 004.942

МЕТОД СИНТЕЗА ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕНН В РЛС С ЛИНЕЙНЫМ СКАНИРОВАНИЕМ

Артемьев В.М., Наумов А.О., Кохан Л.Л.

Институт прикладной физики НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

Введение. В РЛС с линейным сканированием луча угловая разрешающая способность определяется шириной диаграммы направленности (ДН) антенны [1]. Традиционным путем ее увеличения является повышение размеров апертуры антенны [2], что ограничивается техническими возможностями. Достичь увеличения угловой разрешающей способности можно путем использования специальных методов обработки принятых сигналов, позволяющих синтезировать диаграмму направленности с желаемой шириной. Цель работы состояла в разработке метода синтеза диаграммы направленности в РЛС с линейным сканированием луча и амплитудной обработкой сигналов.

1. Формулировка задачи. Диаграмма направленности антенны РЛС с шириной луча 2γ изображена на рис. 1 сплошной кривой.

Полагаем, что сканирование осуществляется по часовой стрелке с центром в точке O и угловой скоростью ω° (градус/с), а положения оси ДН в дискретные моменты времени $k = 0, 1, 2, \dots$ показаны на рис. 1 штриховыми линиями для моментов $k-n, k-n+1, \dots, k$, где n – нечетное число положений оси в пределах угла 2γ . В качестве оси синтезированной ДН в момент k принимается направление, соответствующее моменту $0,5(k+1)\tau$, где τ – интервал времени между измерениями. В дальнейшем этот интервал полагается равным единице. Угловые положения ДН относительно этой оси в различные моменты времени обозначаются через α_i , $i = \overline{1, n}$. Пусть направление прихода волны от объекта находится под постоянным углом ϑ . Функция, описывающая i -ю ДН, обозначается $f_i(\vartheta - \alpha_i)$, которая в частном случае может быть одинаковой для всех значений i . Эта функция полагается четной, т. е. $f(\vartheta - \alpha_i) = f(-\vartheta + \alpha_i)$, и нормированной $f(0) = 1$. Амплитуда сигнала на выходе линейного приемника имеет величину $u_i(\vartheta) = u f_i(\vartheta - \alpha_i)$, где u является амплитудой сигнала от объекта на входе.

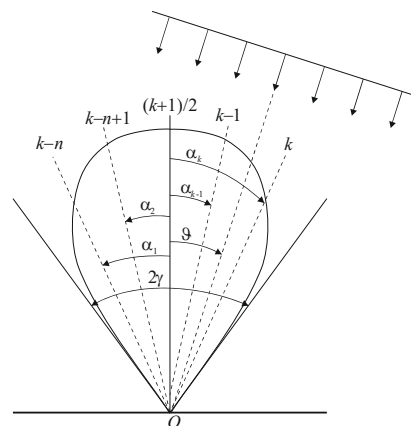


Рисунок 1 – Диаграмма направленности антенны РЛС и положения ее оси в дискретные моменты времени

Для получения синтезированной ДН обработка сигналов осуществляется за интервал времени n . Посредством цепочки из линий задержки на один интервал измерений, равный единице, накапливается n измерений (момент k на рис. 1). Каждый сигнал умножается на весомой коэффициент K_i и затем эти результаты суммируются, образуя итоговый сигнал $\sum_{i=1}^n K_i f_i(\vartheta - \alpha_i)$. Синтезированная диаграмма направленности (СДН) $F(\vartheta)$ определяется формулой:

$$F(\vartheta) = \sum_{i=1}^n K_i f_i(\vartheta - \alpha_i). \quad (1)$$

Задача исследования состояла в выборе коэффициентов K_i , удовлетворяющих определенному критерию оптимальности, обеспечивающему повышение угловой разрешающей способности.

2. Алгоритм синтеза диаграмм направленности. Решение поставленной задачи предполагает использование совокупности из n сигналов. Критерием оптимальности является условие минимизации функции потерь, учиты-