

УДК: 519.8, 614.7, 614.8, 654.94

## Методические подходы к организации систем обнаружения потенциально опасных веществ в местах массового пребывания людей

А.А. Железнов, Л.Р. Борисова, В.Ю. Востоков

### Аннотация

В статье рассмотрены основные методические подходы и факторы, влияющие на формирование облика и принципов функционирования системы обнаружения потенциально опасных веществ в местах массового пребывания людей. Обосновывается необходимость комплексного подхода к разработке таких систем. Дается перечень стратегий принятия решений, которые могут быть использованы в системах обнаружения, а также описываются методические подходы к выбору мест размещения комплексов обнаружения потенциально опасных веществ, которые позволят реализовать одну из стратегий обнаружения. Приводятся положительные и отрицательные стороны стратегий обнаружения потенциально опасных веществ, которые могут быть реализованы в местах массового пребывания людей.

**Ключевые слова:** места массового пребывания людей, потенциально опасные вещества, средства обнаружения, стратегия принятия решений, стратегия обнаружения, исследование операций, система массового обслуживания.

## Methodical Approaches to the Organisation Systems of Detection of Potentially Dangerous Substances in Places of Mass Stay of People

Zheleznov, L. Borisova, V.Vostokov

### Abstract

In article the basic methodical approaches and the factors influencing formation of shape and principles of functioning of system of detection of potentially dangerous substances in places of mass stay of people are considered. Necessity of the complex approach to working out of such systems is proved. The list of strategy of decision-making which can be used in detection systems is given, and also are described methodical to approaches to a choice of places of placing of complexes of detection of potentially dangerous substances which will allow to realise one of detection strategy. Are resulted positive and negative sides of strategy of detection of potentially dangerous substances which can be realised in places of mass stay of people.

**Keywords:** places of mass stay of the people, potentially dangerous substances, sensors, decision-making strategy, detection strategy, research of operations, system of mass service.

### Введение, определение задач

Важной особенностью террористических актов является большое количество возможных объектов атаки, их масштабность и скоротечность. В качестве примера подобных согласованных во времени и пространстве действий

террористических группировок можно привести атаки, предпринятые 11.09.2001 г. в США, 7.07.2005 г. в Великобритании и 29.03.2010 г. в Российской Федерации.

Сокращение времени реагирования сил и средств РСЧС позволит сократить наносимый террористиче-

скими актами людской и материальный ущерб. Существенным этапом, определяющим скорость и эффективность реагирования, является предотвращение проноса на защищаемый объект потенциально опасных веществ либо своевременное обнаружение факта их применения.

В настоящей статье рассматриваются методические подходы разработки и функционирования системы обнаружения потенциально опасных веществ в местах массового пребывания людей. При этом для описания вопросов функционирования систем обнаружения потенциально опасных веществ используются следующие понятия:

- места массового пребывания людей — остановки транспорта, выходы со станций метро, рынки, ярмарки, стадионы и т. п., на которых возможно одновременное пребывание более 100 человек. Места массового пребывания людей определяются администрацией административно-территориальных единиц [1];
- потенциально опасное вещество (далее — ПОВ) — вещество, которое вследствие своих физических, химических, биологических или токсикологических свойств представляет собой опасность для жизни и здоровья людей, для сельскохозяйственных животных и растений;
- контейнер с ПОВ — емкость или упаковка, содержащая ПОВ;
- средство обнаружения ПОВ — техническое или нетехническое средство, позволяющее обнаруживать контейнеры, содержащие ПОВ;
- система обнаружения ПОВ — система, включающая в себя средства обнаружения ПОВ, организационно-технические мероприятия по реализации стратегии поиска ПОВ на защищаемом объекте, а также организационно-технические мероприятия по анализу информации от средств обнаружения ПОВ, реализующие стратегию принятия решений;
- защищаемый объект — место массового пребывания людей, оснащенное системой обнаружения ПОВ;
- объект обслуживания — субъект или объект, исследуемый системой обнаружения ПОВ, который может транспортировать контейнер с ПОВ на защищаемый объект.

### Определение основных положений

В общем виде исследуемую задачу можно рассматривать как поиск оптимума:

$$opt = \begin{cases} (C + D_R + D_f) \rightarrow \min & \begin{cases} P_s \geq P_s^{\lim} \\ P_f \leq P_f^{\lim} \end{cases} \\ T_R < T_p \end{cases}$$

где:  $P_s^{\lim}, P_s$  — вероятности обнаружения ПОВ: регламентированные для защищаемого объекта и реализуемые с применением системы обнаружения;

$P_f^{\lim}, P_f$  — вероятности ложного обнаружения ПОВ: регламентированные для защищаемого объекта и реализуемые с применением системы обнаружения;

$C$  — стоимость содержания системы обнаружения ПОВ, руб./год;

$D_R$  — ущерб при попадании ПОВ внутрь защищаемого объекта и их применении, руб./год;

$D_f$  — ущерб при ложном обнаружении ПОВ, руб./год;

$T_p$  — дополнительное время на подготовку и применение ПОВ злоумышленником, ч;

$T_R$  — время обнаружения ПОВ с применением системы обнаружения, ч.

Стоимость содержания системы обнаружения ПОВ:

$$C = \sum_{i=1}^n c_i, n \in \mathbb{N},$$

где:  $c_i$  — стоимость содержания  $i$ -го средства обнаружения ПОВ, руб./год;

$n$  — количество используемых на объекте средств обнаружения ПОВ;

$C$  — стоимость содержания системы обнаружения, руб./год.

Ущерб при попадании ПОВ внутрь защищаемого объекта и их применении можно определить по формуле [2]:

$$D_R = (1 - P_s) \cdot P^* \cdot N \cdot F_R | T_R \leq T_p,$$

где:  $D_R$  — ущерб при попадании ПОВ внутрь защищаемого объекта и их применении;

$P_f$  — вероятность обнаружения ПОВ, реализуемая с применением системы обнаружения;

$P^*$  — вероятность проноса ПОВ на защищаемый объект;

$N$  — количество проверок системой на наличие ПОВ, 1/год;

$F_R$  — штраф (стоимость мероприятий) в случае проноса ПОВ на защищаемый объект и их применения, руб.

Ущерб при ложном обнаружении факта проноса ПОВ внутрь защищаемого объекта и/или их применения определяется по формуле [2]:

$$D_s = P_f \cdot (1 - P^*) \cdot N \cdot F_f | T_R \leq T_p,$$

где:  $D_s$  — ущерб при ложном обнаружении факта проноса ПОВ внутрь защищаемого объекта и/или их применения;

$P_s$  — вероятность обнаружения ПОВ, реализуемая с применением используемой системы обнаружения;

$P^*$  — вероятность проноса ПОВ на защищаемый объект;

$N$  — количество проверок системой на наличие ПОВ (количество объектов обслуживания), 1/год;

$F_f$  — штраф (стоимость мероприятий) в случае ложного обнаружения ПОВ, руб.

Так как стоимость содержания системы обнаружения ПОВ зависит от требований, предъявляемых к системе, то можно говорить, что стоимость ее содержания также является функцией от вероятностей обнаружения и ложного срабатывания, а также от времени распознавания, т.е.:

$$C = f(P_s, P_f, T_R).$$

Решение данной задачи достигается путем соответствующего размещения средств обнаружения ПОВ для обеспечения регламентированных вероятностей обнаружения и ложных срабатываний системы, а также с целью реализовать одну из возможных стратегий обнаружения ПОВ. Таким образом вышеперечисленные средства обнаружения ПОВ, объединенные в единое целое, образуют систему обнаружения. Причем, так как речь идет о месте массового пребывания людей, системе обнаружения ПОВ надо рассматривать как одну из разновидностей систем массового обслуживания с соответствующими требованиями по скорости обработки объектов обслуживания, а также точности и достоверности полученных результатов обработки (т. е. фактов обнаружения или необнаружения ПОВ).

### Определение вероятности обнаружения и вероятности ложного срабатывания системы

Вероятность обнаружения ПОВ и вероятность ложного срабатывания являются, по сути, критериями-антагонистами, характеризующими способности средств обнаружения к определению наличия ПОВ. В случае если мы стремимся максимально сократить количество успешных «проникновений», то мы повышаем чувствительность средств обнаружения, одновременно увеличивая вероятность ложного срабатывания. И наоборот, загружая систему с целью уменьшения количества ложных срабатываний, мы уменьшаем вероятность обнаружения ПОВ. Таким образом характеристики средств обнаружения, ограниченные верхним пределом времени обнаружения  $T_R$ , обладают вполне определенными величинами  $P_s$  и  $P_f$ , не всегда соответствующими регламентированным  $P_s^{\text{lim}}$  и  $P_f^{\text{lim}}$ .

Следует учесть, что каждое правильное или ложное срабатывание системы обнаружения ПОВ инициирует осуществление регламентированного комплекса мероприятий и, как следствие, материальные затраты (штрафы  $F_R$  и  $F_P$ ). При этом необходимо учитывать, что с ростом количества людей на защищаемом объекте резко возрастают штрафы за каждое ложное срабатывание системы обнаружения ПОВ или за пропуск контейнера с ПОВ на защищаемый объект и применение. Следовательно, при возрастании плотности потока объектов обслуживания происходит ужесточение требований к точности и достоверности полученных результатов обработки (т. е. регламентированным  $P_s^{\text{lim}}$  и  $P_f^{\text{lim}}$ ).

Например, пусть мы имеем датчик, обнаруживающий ПОВ с  $P_s = 0,99$  и  $P_f = 0,03$ . Тогда, в зависимости от плотности потока объектов обслуживания, мы будем иметь количество ошибочных срабатываний, представленное в табл. 1.

В связи с тем, что современные средства обнаружения не способны каждое по отдельности обеспечить приемлемые значения  $P_s$  и  $P_f$ , необходимо их комплексировать, т.е. объединять отдельные средства обнаружения в комплексы, а информацию, получаемую от средств комплекса, анализировать с применением стратегий принятия решений при обнаружении ПОВ на уровне системы в целом.

Далее в статье мы будем рассматривать именно такие комплексы средств обнаружения (далее — КСО) ПОВ, которые позволяют путем реализации одной из стратегий принятия решений — обнаруживать ПОВ с приемлемыми  $P_s \geq P_s^{\text{lim}}$  и  $P_f \leq P_f^{\text{lim}}$ , а расположенные на защищаемом объекте определенным образом — реализовать одну из стратегий обнаружения ПОВ.

### Стратегии принятия решений при обнаружении ПОВ

Для обнаружения ПОВ с приемлемыми  $P_s \geq P_s^{\text{lim}}$  и  $P_f \leq P_f^{\text{lim}}$  КСО необходимо провести первичную обработку данных, полученных от средств обнаружения ПОВ, составляющих комплекс. При этом могут использоваться различные математические методы анализа полученных данных, в частности:

- традиционные статистические методы;
- дисперсионный анализ;
- анализ временных рядов;
- регрессионные процедуры;
- корреляционный анализ;
- кластерный анализ;
- факторный анализ;
- компонентный анализ;
- методы анализа, реализующие Байесовский подход;
- методы проверки статистических гипотез;
- методы, основанные на построении нейронных сетей.

Каждый из вышеназванных методов имеет свои преимущества и недостатки, однако их подробное описание выходит за рамки статьи.

Единственно, стоит отметить, что для достижения приемлемых  $P_s \geq P_s^{\text{lim}}$  и  $P_f \leq P_f^{\text{lim}}$ , вероятнее всего,

Таблица 1

**Количество ошибочных срабатываний датчика обнаружения ПОВ в течение суток в зависимости от плотности потока объектов обслуживания**

Плотность потока объектов обслуживания, об./ч.	Количество ошибочных срабатываний датчика обнаружения ПОВ в течение суток		
	количество возможных пропусков	количество ложных срабатываний	общее количество ошибочных срабатываний
10	2,4	7,2	9,6
100	24	72	96
1000	240	720	960

придется использовать комбинацию математических методов, позволяющих получить результаты с необходимой точностью и достоверностью в условиях неопределенности, т. е. решить задачу распознавания образов.

## Стратегии обнаружения

Эффективность работы системы обнаружения ПОВ в немалой степени зависит от выбранной стратегии поиска, которая должна учитывать как возможности имеющихся средств обнаружения, так и особенности защищаемого объекта.

## Особенности средств обнаружения ПОВ, влияющие на выбор стратегии

Решение задачи обнаружения ПОВ имеет следующие граничные условия:

- контейнеры с ПОВ подвижны относительно защищаемого объекта;
- перечень ПОВ, которые могут быть применены на защищаемом объекте, ограничен;
- для обнаружения ПОВ с допустимыми  $P_s \geq P_s^{\text{lim}}$  и  $P_f \leq P_f^{\text{lim}}$  контейнер с ПОВ должен попасть в область, контролируемую комплексом средств обнаружения, и находиться там время  $T_R$ .

Таким образом, для каждого КСО можно определить замкнутую область, представляющую собой выпуклую фигуру, в которой происходит обнаружение контейнера с ПОВ с регламентированными  $P_s^{\text{lim}}$  и  $P_f^{\text{lim}}$ , которая зависит от скорости перемещения искомого контейнера относительно КСО.

Например, в случае сканирования КСО пространства в пределах сектора с заданными угловыми размерами (см. рис. 1) размер зоны обнаружения в зависимости от скорости объекта обслуживания относительно датчика, при условии равномерного движения, будет описываться следующим образом:

$$\begin{cases} P_{\max}(v_{obj}, T_R) = G(T_p) \cdot \cos\left(\frac{\arcsin\left(\frac{v_{obj} \cdot T_R}{2 \cdot G}\right)}{2}\right) \\ P_{\min}(v_{obj}, T_R) = \frac{v_{obj} \cdot T_R}{2 \cdot tg \frac{\alpha}{2}} \\ v_{obj} \leq \frac{G(T_p) \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{T_R} \end{cases},$$

где:  $P(v_{obj}, T_R)$  — параметр работы КСО, м;

$G(T_p)$  — глубина пространства, контролируемого КСО за время  $T_p$ , м;

$v_{obj}$  — скорость перемещения объекта обслуживания относительно КСО;

$\alpha$  — угловые размеры сектора, контролируемого КСО.

То есть для обнаружения контейнера с ПОВ с допустимыми  $P_s \geq P_s^{\text{lim}}$  и  $P_f \leq P_f^{\text{lim}}$  объект обслуживания должен пройти через заштрихованную область про-

странства, контролируемую КСО. Соответственно для увеличения размеров зоны обнаружения ПОВ можно предпринять следующие мероприятия:

- улучшение характеристик времени распознавания, чувствительности и избирательности датчиков КСО;
- снижение скорости объектов обслуживания относительно датчиков КСО.

Построение системы обнаружения ПОВ должно учитывать как возможности имеющихся КСО, так и особенности защищаемого объекта. Можно выделить следующие стратегии своевременного обнаружения ПОВ, имеющие свои преимущества и недостатки:

- охрана периметра объекта;
- контроль створов;
- контроль зон;
- контроль пространства объекта;
- выборочный контроль.

## Охрана периметра объекта

Данная стратегия базируется на предположении, что система КСО предотвращает с допустимыми  $P_s \geq P_s^{\text{lim}}$  и  $P_f \leq P_f^{\text{lim}}$  проникновение контейнера с ПОВ внутрь защищаемого объекта через конечное количество контролируемых входов. Тогда необходимое количество КСО описывается следующим образом:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{N_{КСО}} P_i^{КСО} \geq \sum_{j=1}^{N_{ent}} \rho_{obj}^j \cdot T_R \cdot N_{КСО} \cdot N_{ent} \in \mathbb{N}, \\ N_{КСО} \geq N_{ent} \end{cases},$$

где:  $N_{КСО}$  — количество КСО, используемых на защищаемом объекте, шт.;

$N_{ent}$  — количество контролируемых входов, шт.;

$P_i^{КСО}$  — пропускная способность  $i$ -го КСО, об./ч.;

$\rho_{obj}^j$  — плотность потока через  $j$ -й вход, об./ч.

К преимуществам такой стратегии можно отнести следующее:

- достаточно простая реализация стратегии с использованием стационарных средств КСО при низких плотностях потока;
- возможность организации последовательной работы КСО.

К недостаткам такой стратегии можно отнести следующее:

- не всегда возможно полностью перекрыть все возможные пути проникновения на защищаемый объект;
- данная стратегия не позволяет контролировать пространство внутри защищаемого объекта;
- жесткие требования к КСО при значительных плотностях потока для обеспечения допустимых  $P_s$  и  $P_f$ .

## Контроль створов

Построение системы обнаружения ПОВ на основе контроля створов является дальнейшим развитием стратегии охраны периметра. В этом случае КСО устанавливаются в т. н. «створах» — элементах защищаемого объекта, через которые отмечен постоянный поток большей части посетителей объекта.

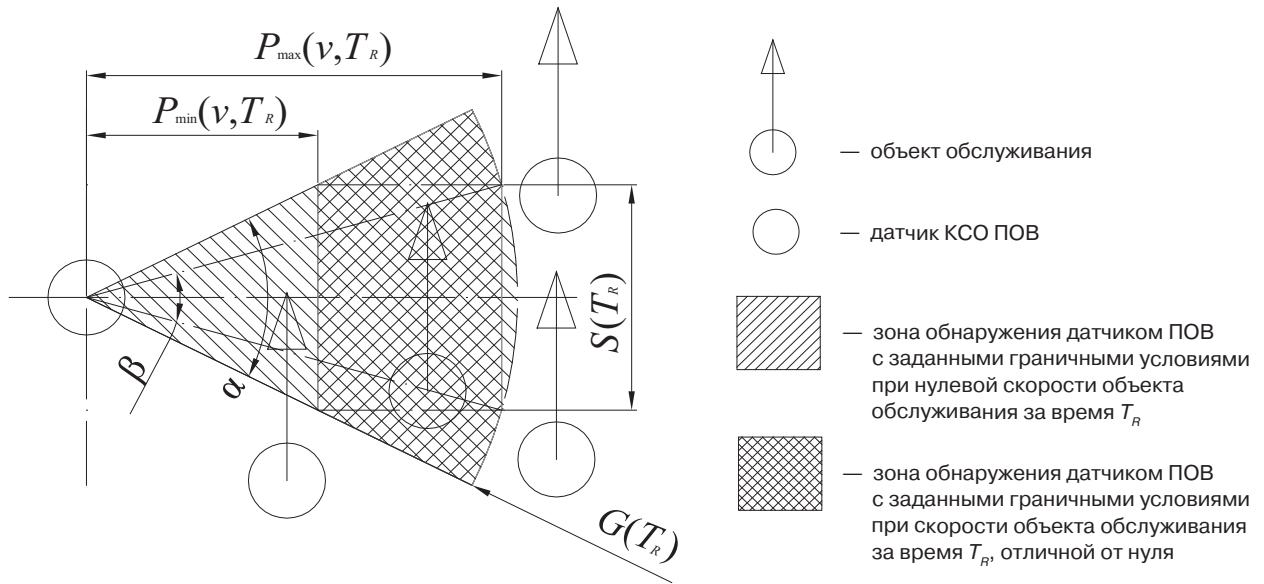


Рис. 1. Размеры зоны обнаружения в зависимости от скорости объекта обслуживания относительно КСО при сканировании пространства в пределах сектора с заданными угловыми размерами

При данной стратегии обнаружения ПОВ необходимое количество КСО описывается следующим образом:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{N_{KCO}} P_i^{KCO} \geq \sum_{j=1}^{N_{ent}} \rho_{obj}^j \cdot T_R, N_{KCO}, N_{ent} \in \mathbb{N}, \\ N_{KCO} \geq N_{ent} \end{cases},$$

где:  $N_{KCO}$  — количество КСО, используемых на защищаемом объекте, шт.;

$N_{ent}$  — количество контролируемых створов, шт.;

$P_i^{KCO}$  — пропускная способность  $i$ -го КСО, об./ч.;

$\rho_{obj}^j$  — плотность потока через  $j$ -й створ, об./ч.

К преимуществам такой стратегии можно отнести следующее:

- достаточно простая реализация стратегии с использованием стационарных средств КСО при низких плотностях потока;
- возможность снижения плотности и/или скорости потока в створе организационно-конструктивными решениями;
- дублирование процесса обнаружения ПОВ;
- снижение требований к КСО створа при значительных плотностях потока для обеспечения допустимых  $P_s$  и  $P_f$  при условии обеспечения дублирования процесса обнаружения ПОВ в других створах;
- возможность организации последовательной работы КСО.

К недостаткам такой стратегии можно отнести следующее:

- данная стратегия не позволяет полностью контролировать пространство внутри защищаемого объекта;
- жесткие требования к КСО при значительных плотностях потока для обеспечения допустимых  $P_s$  и  $P_f$ .

## Контроль зон

При реализации данной стратегии КСО контролируют те части защищаемого объекта, которые относятся к одной из следующих групп:

- части защищаемого объекта, в которых бывают все посетители объекта (входы и некоторые створы);
- части защищаемого объекта, где концентрация посетителей максимальная.

Таким образом, система предупреждения строится на гипотезе, что такие места наиболее уязвимы.

При построении стратегии контроля зон каждый единичный КСО ответственен за контроль определенного участка — зону ответственности. При этом контроль всех объектов, находящихся в пределах зоны ответственности либо пересекающих ее, должен происходить в течение времени  $T_p$ . После истечения заданного времени  $T_p$  контроль зоны ответственности начинается заново. Перекрываемые зоны ответственности единичных КСО образуют контролируемую зону.

При данной стратегии обнаружения ПОВ необходимое количество КСО описывается следующим образом:

$$\begin{cases} N_{KCO} = \sum_{i=1}^n N_i^{KCO} \\ \sum_{j=1}^{N_{KCO}} P_{ij}^{KCO} \geq \sum_{j=1}^{N_{KCO}} \rho_{ij}^{obj} \cdot T_R \\ S_i^{zone} \leq \sum_{j=1}^{N_{KCO}} S_{ij}^{KCO} \\ V_i^{zone} \leq \sum_{j=1}^{N_{KCO}} V_{ij}^{KCO} \end{cases},$$

где:  $N_{KCO}$  — количество КСО, используемых на защищаемом объекте, шт.;

$n$  — количество контролируемых зон, шт.;

$N_i^{KCO}$  — количество КСО, используемых в  $i$ -ой зоне защищаемого объекта, шт.;  
 $S_i^{zone}$  — площадь  $i$ -ой зоны контроля, м<sup>2</sup>;  
 $S_{ij}^{KCO}$  — площадь  $j$ -ой зоны ответственности  $i$ -ой зоны, м<sup>2</sup>;  
 $V_i^{zone}$  — объем  $i$ -ой зоны контроля, м<sup>3</sup>;  
 $V_{ij}^{KCO}$  — объем  $j$ -ой зоны ответственности  $i$ -ой зоны, м<sup>3</sup>;  
 $P_{ij}^{KCO}$  — пропускная способность  $j$ -го КСО в  $i$ -ой зоне, об./ч.;  
 $\rho_{ij}^{obj}$  — плотность объектов в  $j$ -ой зоне ответственности  $i$ -ой зоны, об./ч · м<sup>3</sup>.

К преимуществам такой стратегии можно отнести следующее:

- контроль пространства внутри защищаемого объекта в наиболее уязвимых зонах;
- дублирование процесса обнаружения ПОВ;
- снижение требований к КСО при значительных плотностях потока и концентрациях объектов обслуживания для обеспечения допустимых  $P_s$  и  $P_f$  при условии обеспечения дублирования процесса обнаружения ПОВ в других зонах.

К недостаткам такой стратегии можно отнести следующее:

- данная стратегия не позволяет полностью контролировать пространство внутри защищаемого объекта;
- сложность технической реализации и дороговизна такой системы.

## Контроль пространства объекта

Построение системы обнаружения ПОВ на основе контроля пространства защищаемого объекта является дальнейшим развитием стратегии контроля зон. Такое построение системы позволяет полностью исключить факт проникновения контейнера с ПОВ на территорию защищаемого объекта с допустимыми  $P_s \geq P_s^{\lim}$  и  $P_f \leq P_f^{\lim}$ .

При данной стратегии обнаружения ПОВ необходимое количество КСО описывается следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{KCO} = \sum_{i=1}^n N_i^{KCO} \\ \sum_{j=1}^{N_i^{KCO}} P_{ij}^{KCO} \geq \sum_{j=1}^{N_i^{KCO}} \rho_{ij}^{obj} \cdot T_R \\ S_i^{zone} \leq \sum_{j=1}^{N_i^{KCO}} S_{ij}^{KCO} \\ V_i^{zone} \leq \sum_{j=1}^{N_i^{KCO}} V_{ij}^{KCO} \\ S_{obj} \leq \sum_{i=1}^n S_i^{zone} \\ V_{obj} \leq \sum_{i=1}^n V_i^{zone} \end{array} \right. ,$$

где:  $N_{KCO}$  — количество КСО, используемых на защищаемом объекте, шт.;

$n$  — количество контролируемых зон, шт.

$N_i^{KCO}$  — количество КСО, используемых в  $i$ -ой зоне защищаемого объекта, шт.;

$S_{obj}$  — площадь защищаемого объекта, м<sup>2</sup>;  
 $V_{obj}$  — объем защищаемого объекта, м<sup>3</sup>;  
 $S_i^{zone}$  — площадь  $i$ -ой зоны контроля, м<sup>2</sup>;  
 $S_{ij}^{KCO}$  — площадь  $j$ -ой зоны ответственности  $i$ -ой зоны, м<sup>2</sup>;  
 $V_i^{zone}$  — объем  $i$ -ой зоны контроля, м<sup>3</sup>;  
 $V_{ij}^{KCO}$  — объем  $j$ -ой зоны ответственности  $i$ -ой зоны, м<sup>3</sup>;  
 $P_{ij}^{KCO}$  — пропускная способность  $j$ -го КСО в  $i$ -ой зоне, об./ч.;  
 $\rho_{ij}^{obj}$  — плотность объектов в  $j$ -ой зоне ответственности  $i$ -ой зоны, об./ч · м<sup>3</sup>.

К преимуществам такой стратегии можно отнести следующее:

- полный контроль пространства внутри защищаемого объекта;
- дублирование процесса обнаружения ПОВ при перемещении объекта обслуживания по территории объекта из зоны ответственности одного КСО в смежную зону ответственности;
- снижение требований к КСО при значительных плотностях потока и концентрациях объектов обслуживания для обеспечения допустимых  $P_s$  и  $P_f$  при условии обеспечения дублирования процесса обнаружения ПОВ в смежных зонах.

К недостаткам такой стратегии можно отнести следующее:

- сложность технической реализации и дороговизна такой системы.

## Выборочный контроль

Данная стратегия обнаружения поиска ПОВ не может использоваться самостоятельно, а лишь является дополнением к одной из вышеприведенных стратегий поиска, так как требует предварительного определения наиболее вероятных объектов обслуживания, подлежащих выборочному контролю.

При данной стратегии обнаружения ПОВ необходимое количество КСО описывается следующим образом:

$$\sum_{i=1}^{N_{KCO}} P_i^{KCO} \geq \sum_{j=1}^{N_{out}} \rho_{obj}^j \cdot T_R ,$$

где:  $N_{KCO}$  — количество КСО, используемых на защищаемом объекте, шт.;

$P_i^{KCO}$  — пропускная способность  $i$ -го КСО, об./ч.;

$\rho_{obj}^j$  — плотность потока через  $j$ -й КСО, об./ч.

К преимуществам такой стратегии можно отнести следующее:

- предварительные данные об объекте обслуживания позволяют сконцентрировать поиск на исследовании лишь некоторых критериев, подлежащих проверке;
- дублирование процесса обнаружения ПОВ;
- снижение требований к КСО, задействованным для реализации иных стратегий поиска, для обеспечения допустимыми  $P_s$  и  $P_f$ .

К недостаткам такой стратегии можно отнести следующее:

- необходимость в дополнительных силах и средствах для реализации выборочного контроля.

## Заключение

Построение системы обнаружения ПОВ в местах массового пребывания людей является сложной технической и организационной задачей. Успешность решения с ее помощью задачи по своевременному обнаружению факта проноса ПОВ на объект зависит от эффективности и адекватности принятых решений в части выбора средств обнаружения, их комплексирования и размещения, а также анализа полученных с их помощью данных.

Так как по сути система обнаружения ПОВ в местах массового пребывания людей является системой массового обслуживания, а реагирование на факт проноса ПОВ на защищаемый объект, равно как и пропуск такого факта, инициируют дорогостоящий комплекс мероприятий, то это накладывает дополнительные жесткие ограничения по скорости обработки объектов обслуживания, а также точности и достоверности полученных результатов обработки.

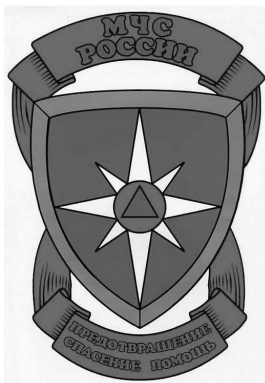
В настоящей статье были рассмотрены основные методические подходы и факторы, влияющие на формирование облика и принципов функционирования системы обнаружения ПОВ в местах массового пребывания людей.

## Литература

1. Нормы пожарной безопасности НПБ 111-98\* «Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности» (введены в действие приказом ГУГПС МВД РФ от 23.03.1998 г. № 25).
2. Акимов В.А., Быков А.А., Востоков В.Ю., Кондратьев-Фирсов В.М., Макиев Ю.Д., Малышев В.П. Методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций (руководство по оценке рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера, в том числе при эксплуатации критически важных объектов Российской Федерации) // Проблемы анализа риска, 2007. № 3. С. 368—377.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969.
4. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. М.: Наука, 1980.
5. Хемди А. Таха. Введение в исследование операций. М.: Вильямс, 2007.

## Сведения об авторах:

**Востоков Вадим Юрьевич**, к.т.н., ГОУ ВПО МФТИ (ГУ), заместитель заведующего кафедрой, 141700, МО, г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9.  
**Борисова Людмила Робертовна**, к.ф.-м.н., доцент, ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), с.н.с., 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, 7.  
**Железнов Алексей Александрович**, к.т.н., ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), вед. н.с., 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, 7. E-mail: fonon@mail.ru.



## СПРАВОЧНИК СПАСАТЕЛЯ

### Книга 15

#### ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СХОДА СНЕЖНЫХ ЛАВИН И СЕЛЕЙ

УДК 614.8(05)  
ББК 30Н  
042

Рецензенты: профессор Университета туризма и сервиса, д.т.н. А.Б. Тулинов; главный научный сотрудник ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), д.т.н., профессор В.В. Овчинников.

Справочник спасателя. Книга 15. Поисково-спасательные работы при ликвидации последствий схода снежных лавин и селей / МЧС России. — М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. — 156 с.

ISBN 978-5-93970-030-6

В Справочнике спасателя. Книга 15. Поисково-спасательные работы при ликвидации последствий схода снежных лавин и селей (далее — Справочник) изложены:

- сведения о причинах и природе возникновения снежных лавин и селей;
- классификация снежных лавин и селей;
- характеристики их поражающих факторов и экстремальных условий;
- основные вопросы организации и технологии ведения разведки, поиска пострадавших и ведения аварийно-спасательных работ в условиях схода снежных лавин и селей.

Справочник предназначен для руководителей и специалистов поисково-спасательных служб и поисково-спасательных формирований РСЧС, других подразделений и формирований, выполняющих задачи по ликвидации последствий схода снежных лавин и селей.

Справочник рекомендуется преподавателям, слушателям и курсантам учебных заведений и учебных подразделений МЧС России.

В Приложении приведены:

- памятка о действиях групп туристов-лыжников в лавиноопасном районе;
- методика обнаружения селевых потоков и лавин методом дистанционного зондирования Земли средствами космического базирования;

- особенности применения биперов (приемо-передатчиков) типа ВСА TRACKER DTC и ORTOUOX M2;
- практические советы специалистов-спасателей по борьбе с лавинами.

Авторский коллектив: д.т.н. Л.Г. Одинцов (научный руководитель), к.в.н. А.В. Курсаков, Щетинин С.В.

© МЧС России, 2009

© ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009

© Одинцов Л.Г., Курсаков А.В., Щетинин С.В., 2009

### СОДЕРЖАНИЕ

#### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

#### ВВЕДЕНИЕ

#### ЧАСТЬ I. Снежные лавины

1. Снег и лавинная опасность
2. Причины образования, классификация и характеристика лавин
3. Основные признаки лавинной опасности, лавинный прогноз
4. Характеристика поражающих факторов снежных лавин
5. Меры борьбы с лавинной опасностью
6. Меры предосторожности при нахождении на лавиноопасном склоне и действия попавших в лавину
7. Поисково-спасательные работы силами участников группы
8. Поисковые работы силами спасательного отряда (аварийно-спасательного формирования)
9. Радиолокационные приборы
10. Технология проведения поисково-спасательных работ
  - 10.1. Кинологический поиск
  - 10.2. Ликвидация последствий схода лавин
  - 10.3. Перспективы развития приборов и методов поиска пострадавших
11. Оказание первой медицинской помощи пострадавшим
12. Меры безопасности при ведении аварийно-спасательных и других неотложных работ в условиях схода снежных лавин и селей
  - 12.1. Безопасность спасателей при ведении АСНР
  - 12.2. Требования безопасности перед началом аварийно-спасательных работ
13. Отечественный и зарубежный опыт использования новых подходов в борьбе с лавинной опасностью
  - 13.1. Мониторинг опасных явлений для оперативного принятия управленческих решений
  - 13.2. Мониторинг селей и лавин на основе использования космических технологий
  - 13.3. Зарубежный опыт
    - 13.3.1. Лавинный прогноз
    - 13.3.2. Снаряжение и технические средства

#### ЧАСТЬ II. СЕЛИ

14. Природа возникновения и классификация селей
15. Поражающее воздействие селевого потока
16. Оценка обстановки в районе селя и снежной лавины
17. Организация аварийно-спасательных и других неотложных работ при селях и снежных лавинах
18. Аварийно-спасательные работы
19. Противоселевые мероприятия

### ЛИТЕРАТУРА

### ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Памятка о действиях групп туристов-лыжников в лавиноопасном районе
2. Методика обнаружения селевых потоков и лавин методом дистанционного зондирования Земли средствами космического базирования
- Список использованных источников к Приложению 2
3. Особенности применения биперов (приемо-передатчиков) типа ВСА TRACKER DTC и ORTOUOX M2
4. Что такое лавины и как с ними бороться. Современное лавинное снаряжение (беседа со специалистом по лавинам)

**Электронная версия книги в формате PDF**  
<http://elibrary.ru/item.asp?id=15017749>