

# Самообучающиеся судовые системы пожарной сигнализации



**В. Н. Круглеевский,**  
д-р техн. наук, доцент,  
ведущий научный сотрудник  
Института проблем  
транспорта  
им. Н. С. Соломенко  
Российской академии наук  
(ИПТ РАН)



**А. Л. Стариченков,**  
д-р техн. наук,  
доцент, заведующий  
лабораторией  
ИПТ РАН

Актуальная задача в развитии судовых систем пожарной сигнализации состоит в расширении их функциональных возможностей в плане обучения и самонастройки. Возможный вариант реализации этой задачи – автоматическое обнаружение начальных стадий пожара в помещениях пожароопасных объектов, содержащих тепловыделяющее оборудование.

Возможности судовых систем пожарной сигнализации в плане обнаружения начальных этапов образования и развития пожаров можно расширить, если использовать функции обучения и самонастройки с автоматической адаптацией систем к особенностям объектов защиты и изменениям условий эксплуатации. Это особенно актуально для систем пожарной сигнализации крупных морских судов неограниченного района эксплуатации.

По всей видимости, возможны разные способы функционирования обучения и самонастройки систем пожарной

сигнализации. Однако желательно, чтобы метод мог быть реализован в современных системах пожарной сигнализации (с аналоговыми адресными пожарными извещателями). В основе метода должен быть общеизвестный способ обнаружения пожара в судовых помещениях, используемый в большинстве современных систем пожарной сигнализации, например описанный в [1]. Учитывая это, можно предложить способ, заключающийся в циклическом определении значений множества контролируемых физических параметров (включая опасные факторы пожара), которые объединяют в группы.

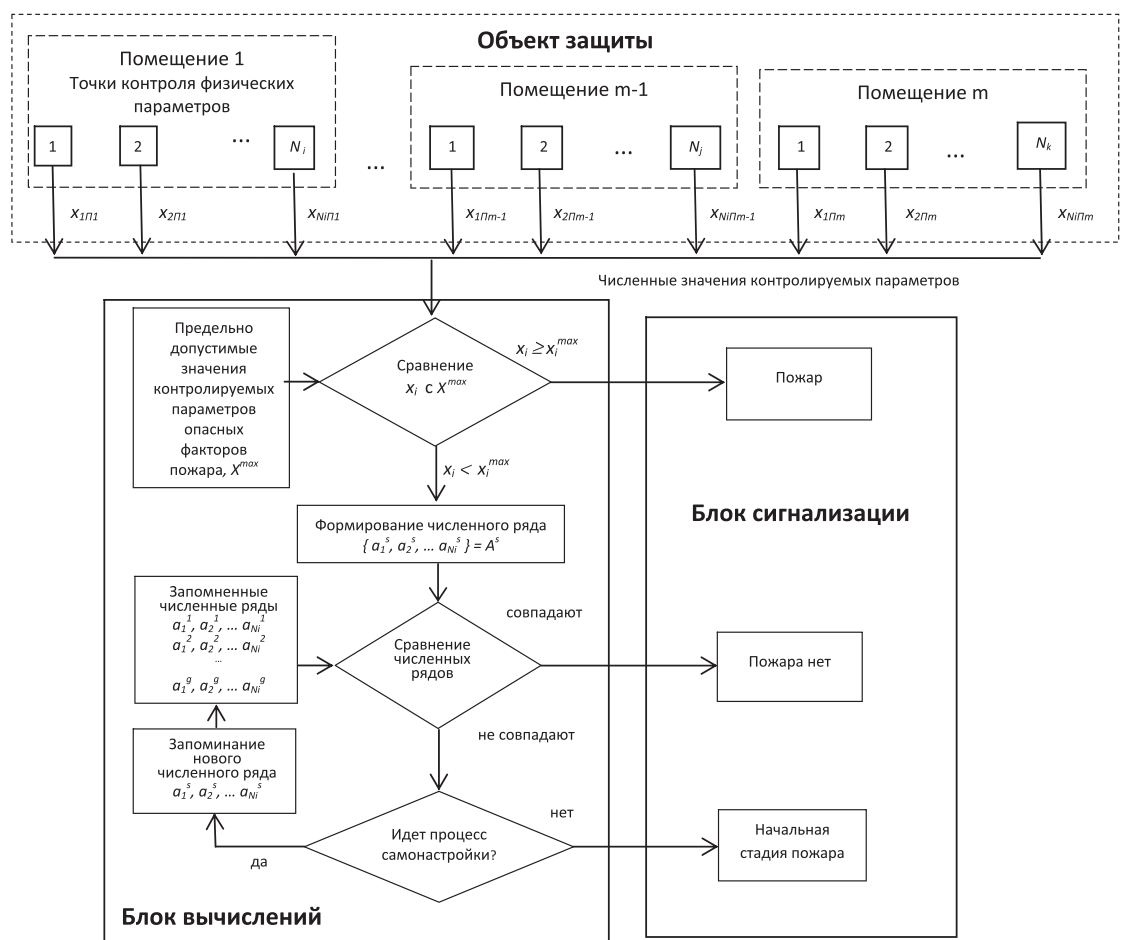


Рис. 1. Вариант реализации способа автоматического обнаружения начальных стадий пожаров

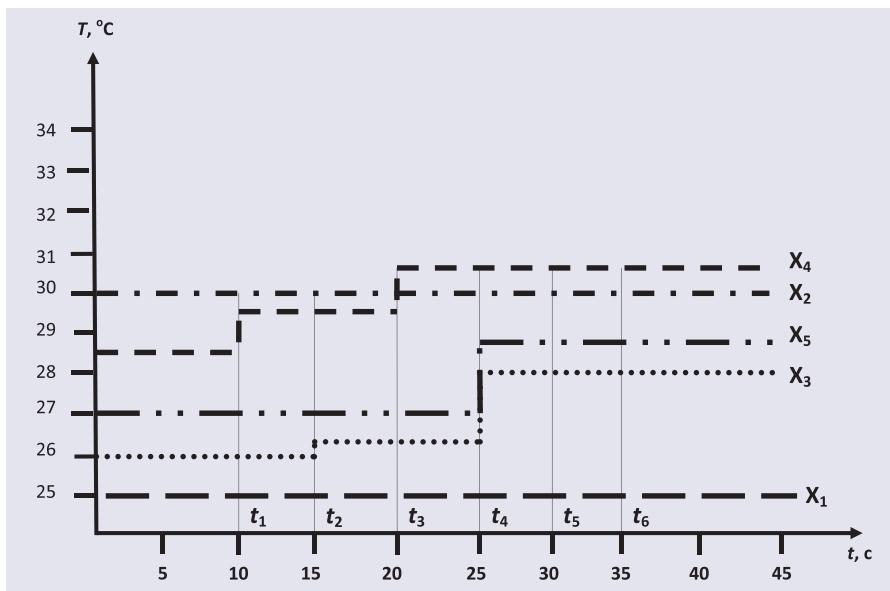


Рис. 2. Результаты измерения температуры в точках контроля

Каждая группа характеризует процессы возникновения и развития пожара в конкретном помещении, при этом каждому контролируемому параметру в группе присваивают порядковый номер. Структурная схема, представленная на рис. 1, отражает возможный вариант реализации предлагаемого способа и поясняет последовательность действий.

В каждом цикле контроля из полученных значений параметров  $(x_1, x_2, \dots, x_N) \in X$  в соответствии с их порядковыми номерами формируют численные ряды  $X \rightarrow \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$ . Каждый численный ряд по сути отражает ситуацию  $A$ , сложившуюся в помещении и выраженную через численные значения контролируемых физических параметров  $x_1, x_2, \dots, x_N$ . К примеру, для цикла контроля  $s$  в любом помещении ситуацию  $A_s$  можно представить как  $A_s \equiv X_s$ , где  $X_s \rightarrow \{a_1^s, a_2^s, \dots, a_N^s\}$ , так как  $(x_1^s = a_1^s; x_2^s = a_2^s; \dots; x_N^s = a_N^s) \in X_s$ . Полученные по каждому помещению численные ряды запоминают в том случае, если контролируемые параметры не превысили предельно допустимых значений  $x_i < x_i^{max}$ ,  $(x_1^{max}, \dots, x_N^{max}) \in X_{max}$ , и на последующих циклах контроля их сравнивают с вновь сформированным численным рядом, который в случае несовпадения также запоминают для последующего сравнения.

Запоминание новых численных рядов, к примеру численного ряда  $a_1^s, a_2^s, \dots, a_N^s$ , указанного на рис. 1, автоматически формирует и пополняет базу данных, содержащую информацию обо всех ситуациях в каждом помещении. Запомненные численные ряды для каждого помещения образуют прямоугольную матри-

цу размерностью  $z \times v$ , где  $z$  – количество запомненных численных рядов, а  $v$  – количество точек контроля в помещении.

Процесс запоминания новых численных рядов является процессом обучения и фактически самонастройкой системы. Численные ряды целесообразно запоминать сразу после установки систем пожарной и температурно-тревожной сигнализации на защищаемом объекте в течение того периода, за который изменения контролируемых параметров достигали максимально возможных значений, но не превысили предельно допустимых значений. Дополнительное пополнение или корректировку запомненных численных рядов можно также проводить периодически при эксплуатации систем в случае значительных изменений условий эксплуатации защищаемого объекта.

Новые численные ряды можно запоминать и затем сравнивать с вновь сформированным численным рядом для каждого помещения отдельно. Это позволяет ускорить процесс вычислений, сделав его параллельным.

Алгоритм, показанный на рис. 1 в рамках блока вычислений, можно также использовать при обработке информации в мультисенсорных пожарных извещателях.

По окончании периода обучения и самонастройки системы появление численного ряда, отличающегося от запомненных численных рядов, будет означать, что в помещении сложилась нештатная ситуация, характерная для начальной стадии пожара.

Изменение установившихся значе-

ний температуры в контролируемых судовых помещениях может происходить при изменении погодных условий, режима работы штатных источников тепла или при появлении нештатных источников тепла. Факт появления нештатного источника тепла означает, что в помещении судна сложилась пожароопасная ситуация, развитие которой может привести к пожару.

Для обнаружения нештатного источника тепла в судовом помещении, где установлено тепловыделяющее оборудование, в период самонастройки систем при каждом нарушении установившегося теплового режима запоминают последовательность начала роста температуры в точках контроля. Последовательность номеров точек контроля образует отличный цифровой ряд, позволяющий однозначно идентифицировать сложившуюся ситуацию. Если в какой-либо точке контроля значение параметра не изменяется, то ей присваивают цифру ноль. Иными словами, идентификационный цифровой ряд, характеризующий установившийся режим, будет содержать одни нули. Для каждой ситуации определяют длительность отрезков времени между началом роста температуры в каждой последующей паре точек контроля и запоминают минимально достигнутые значения; максимально достигнутые значения разницы температуры в точках контроля; максимально достигнутые значения скорости изменения разницы температуры в точках контроля; максимально достигнутые значения скорости роста температуры. Далее, в период пожарного контроля, идентифицировав ситуацию, определяют длительность отрезков времени между началом роста температуры в каждой следующей точке контроля и значения разницы температуры и скорости ее роста для каждой пары точек контроля, полученные результаты сравнивают с соответствующими запомненными значениями. В тех случаях, когда ситуация не была идентифицирована или длительность отрезка времени между началом роста температуры в следующей точке контроля оказалась меньше запомненного значения, если было обнаружено превышение запомненных численных значений показателей над текущими значениями, сигнализируют о наличии в помещении нештатного источника тепла.

Для пояснения сказанного на рис.2 в графической форме представлены

Промежуток времени, с	Скорость изменения разницы температур, °С/с	
	в точках контроля 4–3	в точках контроля 3–5
$Dt_{13}$	-0,05	0,05
$Dt_{24}$	0,05	0
$Dt_{35}$	-0,05	0
$Dt_{46}$	0	0

гипотетические результаты измерения температуры  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  в пяти точках контроля в одном помещении. На графике по оси абсцисс отложено время  $t$  (секунды). Вместо времени можно использовать количество циклов контроля. В представленном примере цикл контроля повторяется каждые 5 с. По оси ординат отложена температура  $T$  (градусы Цельсия). Условимся, что в помещении установившийся температурный режим наступает тогда, когда в течение 20 с во всех пяти точках контроля температура не изменялась. На графике видно, что установившийся температурный режим в помещении, когда температура во всех пяти точках контроля оставалась неизменной ( $x_1 = \text{const}, x_2 = \text{const}, x_3 = \text{const}, x_4 = \text{const}, x_5 = \text{const}$ ), был до момента времени  $t_1$ . С момента времени  $t_1$  по момент  $t_4$  происходили изменения в точках контроля 4, 3 и 5. В точках контроля 1 и 2 температура не изменялась. С момента времени  $t_6$  можно считать, что вновь наступил установившийся режим. Отличительный цифровой ряд, идентифицирующий ситуацию в помещении, для рассмотренного случая будет 43 500.

Длительность отрезков времени между началом роста температуры в каждой последующей паре точек контроля будет определена следующим образом:  $Dt_{21}=t_2 - t_1 = 5$  с для точек контроля 4–3;  $Dt_{42}=t_4 - t_2 = 10$  с для точек контроля 3–5.

Значения разницы температуры в точках контроля в различные моменты времени будут определены как:

- в момент времени  $t_1$ :  $x_5 - x_1 = 2$ ;  $x_4 - x_1 = 4,5$ ;  $x_3 - x_1 = 1$ ;  $x_5 - x_2 = -3$ ;  $x_4 - x_2 = -0,5$ ;  $x_3 - x_2 = -4$ ;  $x_5 - x_3 = 1$ ;  $x_4 - x_3 = 3,5$ ;  $x_1 - x_2 = -5$ ;  $x_5 - x_4 = -2,5$ ;

- в момент времени  $t_2$ :  $x_5 - x_1 = 2$ ;  $x_4 - x_1 = 4,5$ ;  $x_3 - x_1 = 1,5$ ;  $x_5 - x_2 = -3$ ;  $x_4 - x_2 = -0,5$ ;  $x_3 - x_2 = -3,5$ ;  $x_5 - x_3 = 0,5$ ;  $x_4 - x_3 = 3$ ;  $x_1 - x_2 = -5$ ;  $x_5 - x_4 = -2,5$ ;

- в момент времени  $t_3$ :  $x_5 - x_1 = 2$ ;  $x_4 - x_1 = 5,5$ ;  $x_3 - x_1 = 1,5$ ;  $x_5 - x_2 = -3$ ;  $x_4 - x_2 = 0,5$ ;  $x_3 - x_2 = -3,5$ ;  $x_5 - x_3 = 0,5$ ;  $x_4 - x_3 = 4$ ;  $x_1 - x_2 = -5$ ;  $x_5 - x_4 = -3,5$ ;

- в момент времени  $t_4$ :  $x_5 - x_1 = 3,5$ ;  $x_4 - x_1 = 5,5$ ;  $x_3 - x_1 = 3$ ;  $x_5 - x_2 = -1,5$ ;  $x_4 - x_2 = 0,5$ ;

$x_3 - x_2 = -2$ ;  $x_5 - x_3 = -0,5$ ;  $x_4 - x_3 = 2,5$ ;  $x_1 - x_2 = -5$ ;  $x_5 - x_4 = -2$ .

Максимально достигнутые значения разницы температур в точках контроля за период времени от  $t_1$  до  $t_4$  для рассмотренной ситуации с идентифицирующим цифровым рядом 43 500 будут следующими:  $|x_5 - x_1| = 3,5$ ;  $|x_4 - x_1| = 5,5$ ;  $|x_3 - x_1| = 3$ ;  $|x_5 - x_2| = 3$ ;  $|x_4 - x_2| = 0,5$ ;  $|x_3 - x_2| = 4$ ;  $|x_5 - x_3| = 1$ ;  $|x_4 - x_3| = 4$ ;  $|x_1 - x_2| = 5$ ;  $|x_5 - x_4| = 3,5$ .

Максимально достигнутые значения скорости изменения разницы температур в точках контроля определяют за установленный промежуток времени, кратный периодам между циклами контроля, например за 10 с. Тогда для точек контроля 4–3 в промежуток времени  $Dt_{13}=t_3 - t_1 = 10$  с значение скорости изменения разницы температур будет определено как

$$\frac{(x_4 - x_3)_{t_1} - (x_4 - x_3)_{t_3}}{\Delta t_{13}} = -0,05 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}};$$

в промежуток времени  $Dt_{24}=t_4 - t_2 = 10$  с

$$\frac{(x_4 - x_3)_{t_2} - (x_4 - x_3)_{t_4}}{\Delta t_{24}} = 0,05 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}};$$

в промежуток времени  $Dt_{35}=t_5 - t_3 = 10$  с

$$\frac{(x_4 - x_3)_{t_3} - (x_4 - x_3)_{t_5}}{\Delta t_{35}} = -0,05 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}};$$

в промежуток времени  $Dt_{46}=t_6 - t_4 = 10$  с

$$\frac{(x_4 - x_3)_{t_4} - (x_4 - x_3)_{t_6}}{\Delta t_{46}} = 0.$$

В таблице представлены значения скорости изменения разницы температур в точках контроля 4–3 и 3–5.

Достигнутые численные значения скорости роста температуры для точек контроля 1 и 2 за период времени от  $t_1$  до  $t_4$ , который можно обозначить как  $Dt_{14}$ , будут равны 0, т. е.  $\frac{dx_1}{\Delta t_{14}} = \frac{dx_2}{\Delta t_{14}} = 0$ .

Для точки контроля 3

$$\frac{dx_3}{\Delta t_{14}} = \frac{28 - 26}{25 - 15} = 0,2 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Для точки контроля 4

$$\frac{dx_4}{\Delta t_{14}} = \frac{31 - 28,5}{20 - 10} = 0,25 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Для точки контроля 5

$$\frac{dx_5}{\Delta t_{14}} = \frac{28,5 - 27}{25 - 20} = 0,3 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Видно, что в точке контроля 5 в период времени  $Dt_{14}$  наблюдался наиболее интенсивный рост температуры.

По окончании периода обучения и самонастройки при осуществлении пожарного контроля последовательно выполняют следующие действия:

- 1) идентифицируют ситуацию;
- 2) определяют длительность отрезков времени между началом роста температуры в каждой следующей точке контроля и значения разницы температуры и скорости ее роста для каждой пары точек контроля;
- 3) сравнивают полученные данные с соответствующими запомненными значениями;
- 4) сигнализируют о возникновении в помещении начальной стадии пожара в случаях, если:

- ситуация не была идентифицирована;
- длительность отрезка времени между началом роста температуры в следующей точке контроля оказалась меньше запомненного значения;
- обнаружено превышение запомненных численных значений показателей (разницы температур, скорости изменения разницы температур, скорости роста температуры в точках контроля) над текущими значениями.

Дополнительный технический результат применения рассмотренного способа в судовых системах пожарной сигнализации состоит в возможности обнаружения пожара на самом раннем этапе его развития, когда складываются лишь условия его возникновения, а опасные факторы пожара себя не проявляют [2]. Незамедлительное принятие соответствующих мер по устранению причин, способствовавших возникновению пожароопасной ситуации, позволяет не допустить ее дальнейшего развития, т. е. предупредить пожар. ■

#### Литература

1. Штумф Э. П., Штелинг В. Н. Настройка судовых систем пожарной сигнализации. Л.: Судостроение, 1988.
2. Круглеевский В. Н. Пути решения проблемы автоматизации контроля пожарной опасности в судовых помещениях // Судостроение. 2005. № 2 (759).

Редакция журнала «Транспорт Российской Федерации» предлагает обсудить тему, предложенную авторами, на страницах нашего издания.