

А.Н. Членов, Т.А. Буцынская
КОМБИНИРОВАННЫЕ ПОЖАРНЫЕ ИЗВЕЩАТЕЛИ

Представлены материалы четвертой главы монографии "Новые методы и технические средства обнаружения пожара", в которой рассмотрены различные аспекты применения видеотехнологий в системах пожарной безопасности объектов.

ГЛАВА 4

4.1. Обнаружение пожара по нескольким сопутствующим факторам

В настоящее время комбинированные извещатели завоевали прочные позиции на мировом рынке. Так, в перечень средств пожарной сигнализации, рекомендуемых к применению в 2003 г. ассоциацией немецких страховых компаний (VDS) включено 49 типов комбинированных извещателей с дымовым каналом, производимых 15-ю фирмами и соответствующих международным стандартам [4.1]. Из них выделяются такие известные фирмы, как *Bosch Sicherheitssysteme GmbH* (8 типов), *Siemens Building Technologies AG Fire & Security Products* (7 типов), *Eesser-effeff alarm GmbH* (6 типов), *Notifier Sicherheitssysteme GmbH Deutschland* (5 типов), *Bosch Telecom GmbH* (5 типов).

Успешные шаги по внедрению комбинированных извещателей делаются и в России.

Наиболее широко применяется сочетание дымового и теплового каналов обнаружения. Распространено применение в тепловом канале дифференциального метода обработки сигнала, что позволяет существенно повысить чувствительность извещателей к пламенным быстроразвивающимся пожарам.

При объединении нескольких каналов обнаружения достигаются преимущества по сравнению с обычными (одноканальными) извещателями. Такими преимуществами могут быть:

- повышение устойчивости функционирования при работе в специфических условиях и при воздействии помех;

- повышение чувствительности, приводящее к уменьшению времени обнаружения или увеличению контролируемой площади;

- расширение области применения за счет способности обнаружения пожаров с различными доминирующими факторами.

На рис. 4.1. приведена характеристика чувствительности к различным пожарам, связанная с особенностями принципа действия извещателей. Из рисунка следует, что одноканальный извещатель, использующий один метод обнаружения, не может быть использован для обнаружения всех видов

очагов загораний.

Световые извещатели хорошо обнаруживают пламенное горение, однако при большом выделении дыма их эффективность снижается. Поэтому, для обнаружения тлеющих очагов пожара без значительного выделения тепла и светового излучения их применение нецелесообразно.

Для газовых извещателей, обнаруживающих появление CO и CO₂, ограничением в применении является то, что далеко не все очаги пожара выделяют эти газы в количестве, достаточном для успешного обнаружения с низкой вероятностью ложного срабатывания.

Дымовые извещатели традиционно использовали два метода обнаружения – ионизационный с применением изотопов и оптико-электронный (оптический). Ионизационные извещатели имеют некоторые преимущества перед оптическими, прежде всего за счет более эффективного обнаружения мелких частиц, "черных" дымов. Они имеют более простую конструкцию, а, следовательно, и меньшую стоимость. Однако неудобства и ограничения, связанные с применением радиоактивных веществ, приводит к постепенному снижению интереса к этим извещателям у обычных потребителей.

Тепловой извещатель является наиболее пригодным для обнаружения пожаров с большим выделением тепла. Он может быть использован там, где из-за плохих условий среды не могут быть применены другие виды извещателей. Однако максимальный тепловой извещатель срабатывает, когда пожар будет уже развившимся и создаст высокотемпературные тепловые потоки, что снижает эффективность системы сигнализации.

Применение комбинированных извещателей позволяет объединить положительные качества отдельных видов одноканальных извещателей и в значительной степени исключить их недостатки. Так, объединение дымового оптического и теплового максимально-дифференциального методов по мнению специалистов позволяет не только создать эквивалентную замену ионизационному извещателю, но и существенно расширить возможности применения. В сочетании с ионизационным каналом или с газовым и световым, комбинированный извещатель может эффективно обнаружить практически любые виды пожаров [4.2].

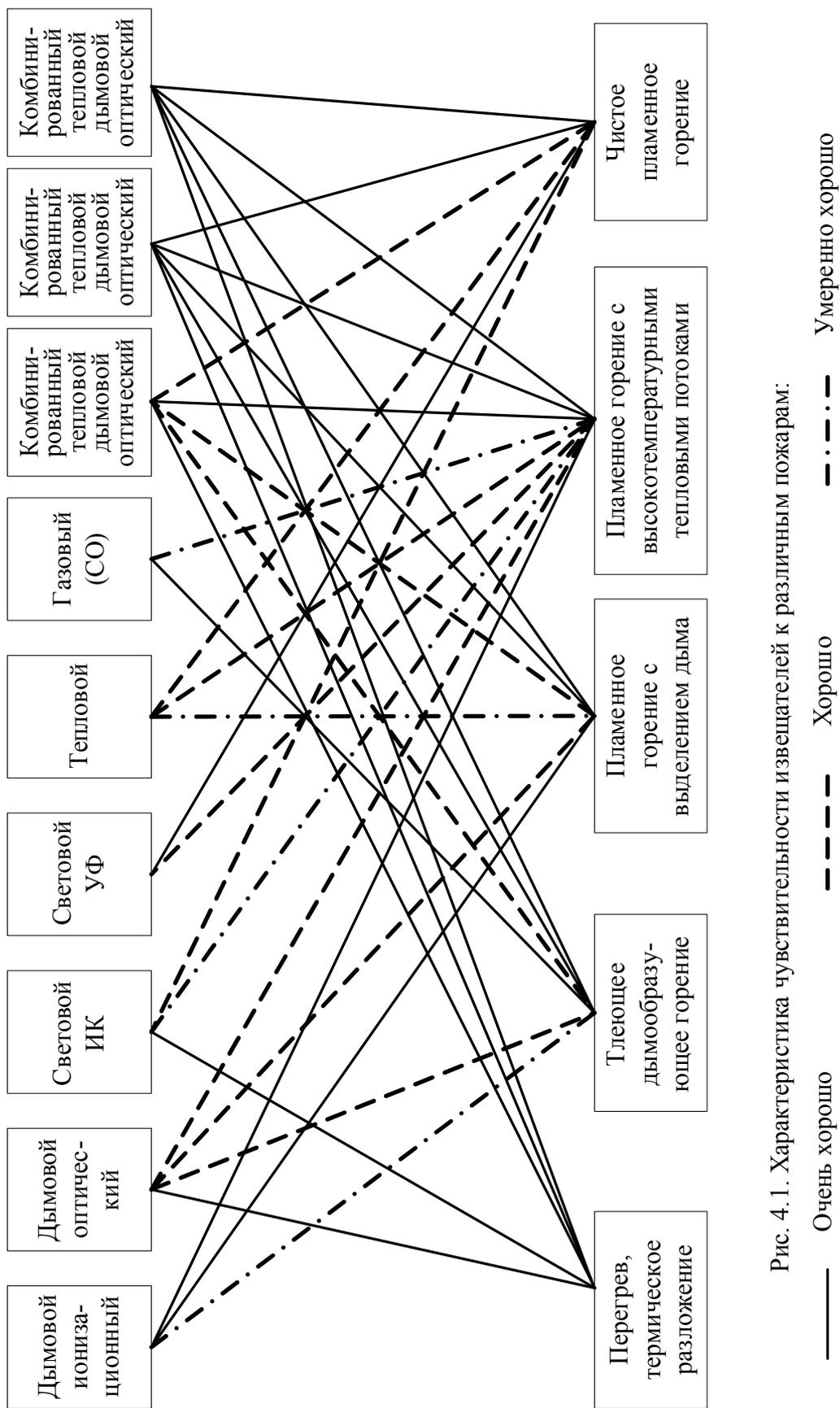


Рис. 4.1. Характеристика чувствительности извещателей к различным пожарам:

При объединении двух или более каналов обнаружения возможны различные алгоритмы анализа получаемой информации и принятия решения о появлении пожара. Самый простой и распространенный вариант, когда каналы функционируют независимо, а их выходные сигналы объединяются по логической схеме "ИЛИ". Получая выигрыш в увеличении обнаружительной способности, в этом случае несколько снижается помехоустойчивость, поскольку количество факторов, приводящих к ложным срабатываниям, увеличивается. Вместе с тем, если по какой-либо причине один из каналов теряет свою чувствительность, сохраняется способность обнаружить пожар другим каналом извещателя, что в целом повышает надежность сигнализации. Для дымо-теплого извещателя с логикой "ИЛИ" следует указать на еще один немаловажный положительный аспект комбинации. В соответствии с конструктивными особенностями дымового канала его надежное функционирование может осуществляться только в пределах установленного диапазона рабочих температур. Если температура окружающей среды начинает превышать максимально допустимое значение, работоспособность дымового канала не гарантируется. Таким образом, можно рассматривать такой комбинированный извещатель как дымовой с дополнительным каналом контроля работоспособности.

При использовании логической схемы "И" сигналы от каждого из каналов должны достичь определенного порога для срабатывания извещателя. Это повышает устойчивость к ложным тревогам, однако в данном случае определяющим является наименее чувствительный канал, что ухудшает эффективность обнаружения.

В современных извещателях на основе микропроцессоров используются более сложные алгоритмы обработки сигналов, которые обеспечивают сочетание устойчивости к ложным срабатываниям с улучшенными характеристиками обнаружения пожара.

Многообразие возможных вариантов очагов пожара, определяемое видом горючей нагрузки, нашло свое отражение в ГОСТ Р50898-96, в соответствии с которым они разделяются на 6 типов (табл. 4.1).

Тестовый очаг пожара – горение строго определенных материалов, при котором в стандартном помещении обеспечиваются заданные параметры среды. Для каждого такого очага характерно определенное сочетание сопутствующих факторов (признаков), что позволяет использовать тестовые очаги при испытаниях пожарных извещателей.

Таблица 4.1

Тестовые очаги пожара

Тип тестового пожара по ГОСТ Р 50898-96	ТП-1	ТП-2	ТП-3	ТП-4	ТП-5	ТП-6
Характеристика	Открытое горение древесины	Пиролиз древесины	Тление хлопка	Открытое горение пластмассы	Горение гептана	Горение спирта
Основные сопутствующие факторы	Дым, пламя, тепло	Дым	Дым	Дым, пламя, тепло	Дым, пламя, тепло	Пламя, тепло

Аналоговые адресные системы имеют преимущества по сравнению с адресными за счет того, что в них ПКП, располагая текущей информацией о значениях контролируемого параметра в любом месте защищаемого объекта, может принимать решение о наличии пожара, основываясь на сигналах от нескольких извещателей, расположенных в одной зоне. Это обеспечивает наиболее раннее обнаружение пожара при низкой вероятности ложных тревог. Выигрыш во времени обнаружения в зависимости от условий применения и выбора технических средств находится в пределах от нескольких секунд до десятков минут, что может оказаться определяющим для минимизации нанесенного ущерба (рис. 4.2).

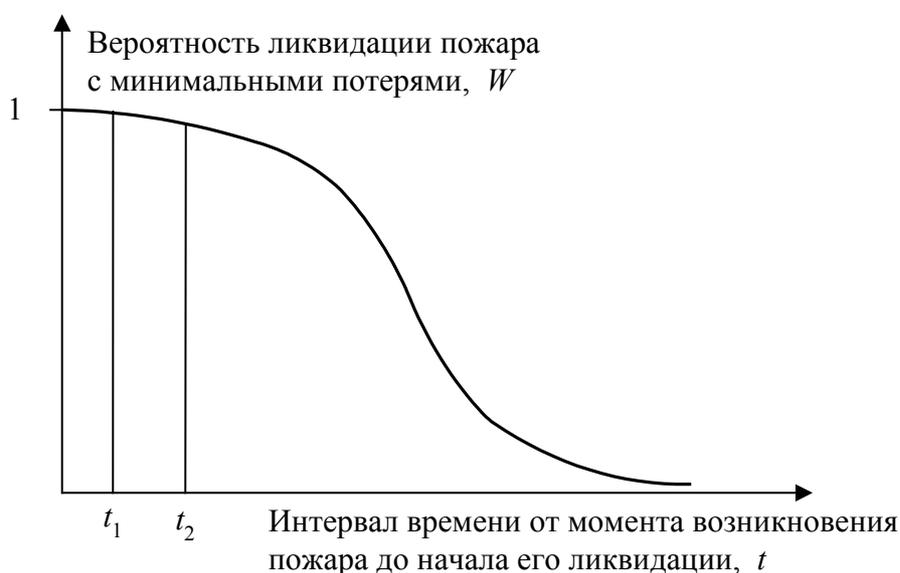


Рис. 4.2. Зависимость вероятности ликвидации пожара с минимальными потерями от эффективности систем пожарной сигнализации: t_1 – интеллектуальные системы; t_2 – традиционные системы

Основная цель системы сигнализации – обнаружить пожар на ранней стадии с высокой достоверностью за минимальное время. Многообразие условий возникновения пожара не позволяет выделить один доминирующий фактор, который бы обязательно присутствовал на начальной стадии любого пожара.

4.2. Анализ принципов построения извещателей пожарной сигнализации с использованием нескольких информационных признаков

В последние годы широкое применение в системах охранной сигнализации получили комбинированные извещатели, использующие несколько каналов обнаружения [4.3]. Анализ логических методов обработки сигналов в таких извещателях может дать дополнительную информацию о возможных направлениях совершенствования средств обнаружения пожара.

Серийно выпускаемые в нашей стране и за рубежом комбинированные охранные извещатели обычно имеют два канала обнаружения. Используются в основном следующие сочетания их принципов действия: пассивный инфракрасный (ИК) и радиоволновой (РВ), ИК и ультразвуковой (УЗ), ИК и пассивный инфразвуковой. Особенностью сигналов, формируемых в охранных извещателях, является их возможная небольшая длительность. Поэтому для обеспечения удовлетворительной вероятности обнаружения, время анализа каждого сигнала должно составлять, как правило, менее 1 с. Учитывая, что помехи такой длительности возникают довольно часто, основной целью применения нескольких каналов обнаружения является повышение помехозащищенности извещателя.

Для этого при принятии решения о наличии проникновения используются варианты логической схемы "И" (последовательное "И", почти "И"), учитывающие возможное временное несовпадение сигналов, поступающих от разных каналов. Применяются и более сложные "последовательные" алгоритмы принятия решения, при которых в течение заданных интервалов времени анализируется порядок поступления сигналов.

Рассмотрим возможность использования таких алгоритмов в комбинированных пожарных извещателях.

Вероятность $P_{по}$ правильного обнаружения цели комбинированными извещателями (проникновения или пожара) можно определить с помощью выражения:

$$P_{\text{по}} = 1 - P_{\text{лт}} - P_{\text{пц}}, \quad (4.2.1)$$

где $P_{\text{лт}}$ – вероятность ложной тревоги; $P_{\text{пц}}$ – вероятность пропуска цели.

Вероятность ложной тревоги $P_{\text{лт}}$ для извещателя с количеством используемых каналов I и логикой "И" за время T будет

$$P_{\text{лт}} = \frac{\Delta t \prod_{i=1}^I P_{\text{лт}i}}{T}, \quad (4.2.2)$$

где i – номер канала обнаружения; $P_{\text{лт},i}$ – вероятность ложного срабатывания i -го канала обнаружения; Δt – интервал времени, в течение которого должны сработать все каналы для регистрации извещателем тревоги, $\Delta t \leq T$.

Аналогично вероятность пропуска цели:

$$P_{\text{пц}} = \frac{\Delta t \prod_{i=1}^I P_{\text{пц}i}}{T}, \quad (4.2.3)$$

где $P_{\text{пц},i}$ – вероятность пропуска цели i -м каналом обнаружения.

Если обозначить P_{ji} – вероятность появления в течение времени T дестабилизирующего фактора ji , способного вызвать срабатывание i -го канала, то вероятность $P_{\text{лт}}$ определится выражением:

$$P_{\text{лт}} = \frac{\Delta t \prod_{i=1}^I \left[1 - \prod_{ji=1}^{Ji} (1 - P_{ji}) \right]}{T}, \quad (4.2.4)$$

где Ji – общее количество дестабилизирующих факторов.

В табл. 4.2 приведены основные дестабилизирующие факторы по данным нормативных документов для пожарных извещателей. Символом "+" обозначены факторы, приводящие к ложным срабатываниям соответствующих одноканальных извещателей.

Из приведенных формул и табл. 4.2 следует, что при использовании логической схемы "И" обработки сигналов в комбинированном пожарном извещателе можно значительно повысить его помехозащищенность. Например, при комбинации теплового и дымового оптического каналов извещатель становится устойчивым ко всем перечисленным дестабилизирующим факторам.

Вместе с тем вероятность пропуска цели может увеличиться при на-

личии неопределенности в характеристиках горючей нагрузке. Если обнаруживаемые признаки обязательно присутствуют, то выигрыш в помехозащищенности дает увеличение вероятности правильного обнаружения пожара.

Таким образом, применение описанной "жесткой" логики в комбинированных пожарных извещателях целесообразно в тех случаях, когда время обнаружения должно быть небольшим (например, во взрывоопасных условиях, для обнаружения быстроразвивающихся пожаров), а также при сложной помеховой обстановке.

Таблица 4.2

Дестабилизирующие факторы	Каналы обнаружения					
	Газо- вый	Пла- мени	Дымовой иониза- ционный	Дымовой оптический точечный	Дымовой оптический линейный	Тепло- вой
Тепловые флуктуации	+	+	-	-	-	+
Фоновая освещенность	-	+	-	+	+	-
Воздушные потoki	-	-	-	+	+	-
Воздействия солнечных лучей		+	-	+	+	-
Воздействие аэрозолей (пыль, туман)	+	-	+	+	+	-

При малой вероятности появления одного или большего количества признаков в случае применения жесткой логики "И" вероятность обнаружения цели может оказаться неудовлетворительной. Для улучшения характеристик обнаружения при анализе параметров сигнала в извещателе может быть использована мажоритарная логика. При независимом появлении и анализе вероятность того, что за время $\Delta t \leq T$ в сигнале будет присутствовать не менее k из n анализируемых признаков, может быть определена как сумма несовместных событий появления признаков от k до n . При этом соответствующая вероятность $P_n(k)$ равна коэффициенту при U^k в разложении производящей функции $\varphi(u)$ и может быть определена как значение дифференциала функции $\varphi(u)$ при $u = 0$.

$$P_{\text{ц}}(m \geq k) = \sum_{m=k}^n \frac{1}{m!} \left[\frac{d^m \varphi_n(u)}{du^m} \right]_{u=0} = \sum_{m=k}^n \frac{1}{m!} \left\{ \frac{d^m \left[\prod_{i=1}^n (p_i u - p_i + 1) \right]}{du^m} \right\}_{u=0}. \quad (4.2.5)$$

Аналогичное выражение может быть получено для вероятности ложного сигнала тревоги, формируемого в случае, когда в сигнале помехи из n анализируемых признаков присутствует также не менее k .

Анализ выражений (4.2.4), (4.2.5) показывает, что в случае применения мажоритарной логики за счет увеличения количества анализируемых признаков может быть достигнут существенный эффект увеличения обнаруживающей способности и(или) снижения вероятности ложного сигнала тревоги.

В табл. 4.3 в качестве примера приведены расчетные значения вероятности обнаружения цели и вероятность ложного срабатывания для различного количества признаков в случае равенства вероятностей присутствия каждого из признаков в сигнале цели $p_{ic} = 0,9$ и в сигнале помехи $p_{ip} = 0,1$; $\Delta t = T$.

Таблица 4.3

Количество признаков	Вид логики	Вероятность обнаружения	Вероятность ложного срабатывания
2	2 из 2	0,81	10^{-2}
3	3 из 3	0,729	10^{-3}
4	4 из 4	0,6561	10^{-4}
4	3 из 4	0,952	$3,7 \cdot 10^{-3}$

Таким образом, целесообразность практического использования в извещателе рассмотренного метода анализа должна определяться конкретными значениями вероятностных характеристик параметров сигналов цели и помехи.

Полученные выше выражения предполагали независимость случайных событий появления признаков цели и помехи. Однако в ряде случаев можно указать на связь между признаками. Например, при определенном характере пожарной нагрузки повышение температуры вызывает появление дыма. В этом случае в качестве дополнительного критерия для принятия решения о пожаре можно рассматривать степень коррелированности анализируемых признаков.

Статистической характеристикой связи между случайными величинами может быть коэффициент их взаимной корреляции. Рассмотрим возможное применение данного положения для обнаружения пожара при совместном появлении дыма и повышению температуры.

Значение коэффициента взаимной корреляции R вычисляется по формуле

$$R = \frac{S_{XY}}{\sqrt{S_X S_Y}}, \quad (4.2.6)$$

$$S_X = \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2; \quad (4.2.7)$$

$$S_Y = \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2; \quad (4.2.8)$$

$$S_{XY} = \left[\sum_{i=1}^N (X_i Y_i) \right] - N \bar{X} \bar{Y}, \quad (4.2.9)$$

где X_i, Y_i - измеренные значения уровня задымленности и температуры соответственно в i -ый момент времени; \bar{X} , \bar{Y} - средние значения уровня задымленности и температуры соответственно; N – количество измерений.

Извещения о пожаре может быть сформировано при условии, что коэффициент взаимной корреляции достигнет установленного порогового значения.

Таким образом, если наблюдается устойчивое совместное увеличение контролируемых факторов, возможно уменьшение времени обнаружения пожара. Следует, однако, отметить, что в соответствии с математической теорией, использование коэффициента корреляции в качестве меры зависимости оправдано лишь тогда, когда совместное вероятностное распределение пары используемых факторов нормально или приближенно нормально. В противном случае коэффициент корреляции может равняться нулю, даже когда факторы связаны строгой функциональной зависимостью (отличной от линейной). Поскольку горячая нагрузка на реальном объекте, как правило, распределена неравномерно и отдельные её виды отличаются способностью дымообразования и выделения тепловой энергии, в процессе развития пожара возможны существенные нелинейные флуктуации этих факторов [4.4].

4.3. Комбинированный тепло-дымовой пожарный извещатель

В пожарных извещателях, обнаруживающие пожар по нескольким сопутствующим факторам, объединение каналов, например, обнаружения дыма и тепла может осуществляться по логической схеме "ИЛИ-ИЛИ". При этом формирование извещения "Пожар" будет происходить при достижении любого контролируемого параметра (концентрации частиц дыма или температуры) установленного соответствующего высокого порога, а также при совместном достижении обоих контролируемых параметров других фиксированных пороговых значений. Такое построение извещателя позволяет повысить вероятность обнаружения как пожара, при котором доминирующим является один из обнаруживаемых факторов – дым или тепло, так и пожара, при котором оба этих фактора присутствуют.

Недостатком такого извещателя является то, что применение независимых фиксированных порогов не позволяет на практике учитывать многообразие условий, при которых возникает и развивается пожар, и связанные с этим особенности в динамике изменения сопутствующих факторов. Это приводит к увеличению вероятности ложного срабатывания, так как при этом увеличивается влияние помех, которые могут вызвать ложное обнаружение извещателем пожара. Таким образом, надежность обнаружения пожара на ранней стадии развития таким извещателем является недостаточной.

Уменьшение времени обнаружения в комбинированном пожарном извещателе может быть достигнуто взаимным снижением порогов при появлении двух факторов пожара, то есть совместном учете этих факторов при принятии решения о формировании извещения о пожаре [4.5, 4.6]. Функциональная схема такого разработанного комбинированного пожарного извещателя изображена на рис. 4.3. Диаграммы напряжений, характеризующие его работу, приведены на рис. 4.4, 4.5.

Извещатель работает следующим образом. При нормальных условиях окружающей среды после включения электропитания генератор установочного импульса 18 приводит счетчик 19 в исходное состояние, при котором на его выходе формируется сигнал логического нуля, свидетельствующий об отсутствии пожара.

Генератор 20 формирует на своих выходах импульсы напряжения, которые поступают в первый 1 и второй 2 датчики. В первом датчике 1 импульс усиливается в усилителе 7 и приводит к излучению преобразователем 8 светового импульса в оптическую камеру в инфракрасном диапазоне частот. Если частиц дыма в камере нет, на фотоприемник 9 отраженный

свет не попадает, и амплитуда сигнала U_{C2} на выходе усилителя 10 невелика. При этом второй формирователь опорного напряжения 14 формирует установленное максимальное пороговое напряжение $U_{ПЗ}$, поступающее на вход компаратора 16.

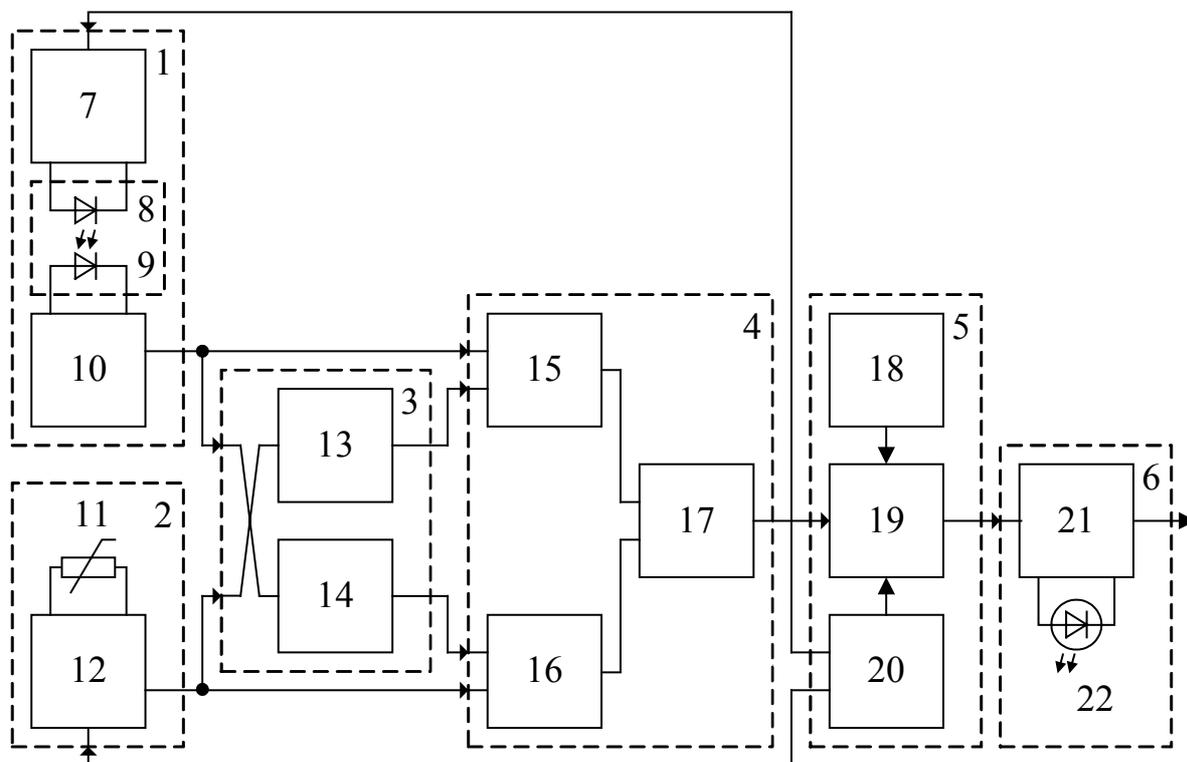


Рис. 4.3. Функциональная схема комбинированного пожарного извещателя:

- | | |
|---|--|
| – первый датчик задымленности; | – усилитель сигнала; |
| – второй датчик температуры; | – терморезистор; |
| – блок формирования опорного напряжения; | – усилитель; |
| – блок компараторов; | – первый и второй формирователи опорного напряжения; |
| – блок обработки сигнала; | – первый и второй компараторы напряжения; |
| – формирователь тревожного извещения; | – элемент логический "ИЛИ"; |
| – усилитель мощности; | – генератор установочного импульса; |
| – излучающий светодиод; | – датчик импульсов; |
| – приемник световой энергии в виде фотодиода; | – генератор импульсов |

Импульс напряжения с генератора 20 открывает усилитель 12, с выхода которого нормированный сигнал, соответствующий нормальной температуре окружающей среды, поступает на вход компаратора 16

U_{C4} , и вход второго формирователя опорного напряжения 13. При нормальной температуре окружающей среды формирователь 13 формирует установленное максимальное пороговое напряжение $U_{П1}$, поступающее на вход компаратора 15.

В отсутствие пожара сигналы, поступающие с выходов первого 1 и второго 2 датчиков на соответствующие входы компараторов 15, 16, имеют амплитуду, гораздо меньшую, чем пороговые напряжения, подаваемые с выходов формирователей опорного напряжения 13, 14. Поэтому на выходах компараторов 15, 16 постоянно присутствуют сигналы логического нуля, поступающие на соответствующие входы логического элемента "ИЛИ" 17. В результате на выходе логического элемента "ИЛИ" 17 формируется сигнал логического нуля, который, поступая на первый вход счетчика 19, блокирует его для счета импульсов от генератора 20. Формируемый при этом на выходе счетчика 19 сигнал логического нуля приводит к формированию блоком 6 извещения "Норма", при котором световой индикатор 22 не светится, а включаемый в шлейф пожарной сигнализации электронный ключ 21 закрыт.

При пожаре с наличием только одного фактора, например дыма при тлении хлопка, появление частиц дыма в оптической камере первого датчика 1 вызовет возрастание сигнала на выходе усилителя 10 (кривая U_{C1} на рис. 4.4). Так как температура среды в месте установки извещателя при этом практически не изменяется, напряжение порога компаратора 15, подаваемое с формирователя 13, остается максимальным (кривая $U_{П1}$ на рис. 4.4). После достижения в момент t_2 напряжения U_{C1} порогового значения, на выходе компаратора 15 появляются импульсы логической единицы, которые поступают на вход логического элемента "ИЛИ" 17 и вызывают появление на его выходе также импульсов логической единицы. После накопления определенного количества этих импульсов счетчиком 19 за определенное время, составляющее задержку срабатывания, на выходе счетчика 19 появляется сигнал логической единицы, который поступает на вход блока 6 и вызывает формирование извещения "Пожар". При этом световой индикатор включается в непрерывный режим свечения, электронный ключ открывается и замыкает линию шлейфа пожарной сигнализации. После уменьшения концентрации дыма импульсы логической единицы с выхода элемента "ИЛИ" 17 прекращаются, и через определенное время извещатель вновь переходит в дежурный режим работы.

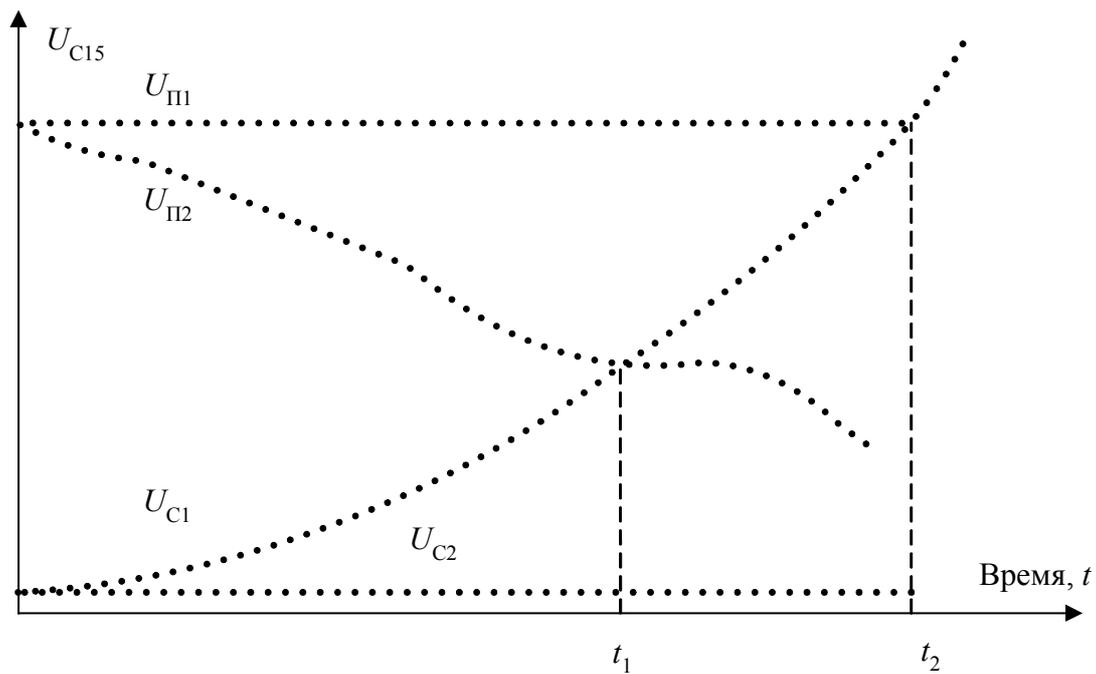


Рис. 4.4. Временные зависимости напряжения на входах первого компаратора 15

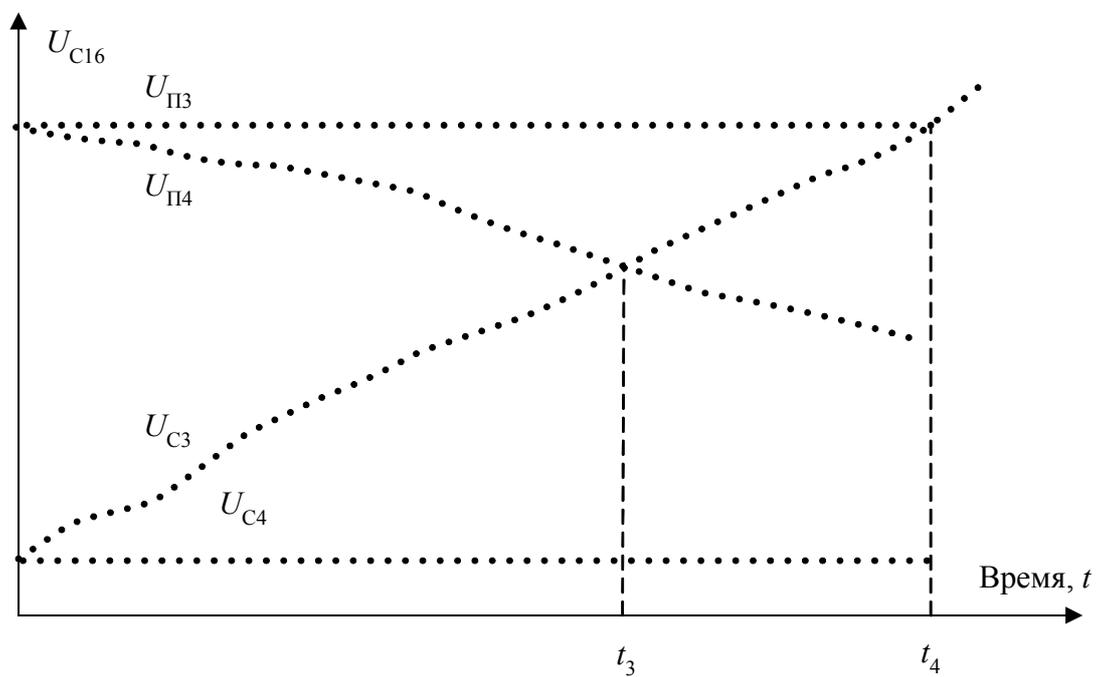


Рис. 4.5. Временные зависимости напряжения на входах второго компаратора 16

При пожаре с наличием только тепловыделения, например, при горении спирта, повышения температуры вызовет возрастание сигнала на выходе усилителя 12. Так как дыма при этом практически не образуется, напряжение порога компаратора 16, подаваемое с формирователя 14, остается максимальным. После достижения в момент t_4 напряжения U_{C3} порогового значения, на выходе компаратора 16 появляются импульсы логической единицы, которые проходя через логический элемент "ИЛИ" 17 и накапливаются счетчиком 19, что вызывает срабатывание извещателя аналогично описанному выше.

Реальный, практически наиболее часто встречающийся пожар, связанный с горением различных материалов, например целлюлозосодержащих, сопровождается как образованием дыма, так и повышением температуры. В этом случае, напряжения на входах компаратора 15 будут соответствовать кривым $U_{П2}$ и U_{C1} на рис. 4.4, а напряжения на входах компаратора 16 - кривым $U_{П4}$ и U_{C3} . В зависимости от характера горючей нагрузки и особенностей пожара, достижение контрольным сигналом порогового значения может быть достигнуто либо на первом 15, либо на втором 16 компараторе. Однако в любом случае, поскольку $t_1 < t_2$, а $t_3 < t_4$ в разработанном извещателе достигается существенное уменьшение времени обнаружения реального пожара.

Повышение надежности обнаружения в разработанном извещателе обеспечивается тем, что снижение порогов соответствующего канала обнаружения (повышения температуры или появления дыма) связано с увеличением вероятности пожароопасной ситуации, возникающей при появлении сопутствующего фактора (соответственно дыма или температуры).

Например, в частном случае простого вида закона распределения вероятности пожароопасной ситуации – равномерного, может быть использована следующая зависимость изменения порогов формирователями пороговых напряжений 13, 14.

Для формирователя 13:

$$U_{П2} = U_{П1} - (U_{П1} - U_{C2}) P_1(U_{C3}) = U_{П1} - (U_{П1} - U_{C2}) U_{C3} / U_{П3}. \quad (4.3.1)$$

Для формирователя 14:

$$U_{П4} = U_{П3} - (U_{П3} - U_{C1}) P_2(U_{C1}) = U_{П3} - (U_{П3} - U_{C1}) U_{C1} / U_{П1}, \quad (4.3.2)$$

где $P_1(U_{C3})$ – вероятность пожароопасной ситуации при увеличении температуры выше нормальной; $P_2(U_{C1})$ – вероятность пожароопасной ситуации при увеличении задымленности выше нормальной.

Может быть использована и иная зависимость изменения порогов, связанная с другим, более предпочтительным, законом распределения ве-

роятности пожароопасной ситуации. Однако обязательным является уменьшение значения порога одного контролируемого фактора при увеличении интенсивности другого сопутствующего фактора.

Исполнение термопреобразователя 11 в датчике 2 температуры может быть выполнено по схеме, при которой выходной сигнал будет пропорционален не только максимальной температуре окружающей среды, но и скорости ее изменения (например, аналогично извещателю ИП 101-2). В этом случае тепловой канал обнаружения будет максимально-дифференциальным, что дополнительно повысит надежность обнаружения пожара разработанным комбинированным пожарным извещателем.

Литература

Глава 4

4.1. **Членов А.Н., Землянухин М.В.** Автоматические пороговые комбинированные пожарные извещатели // Системы безопасности, № 5 (59), октябрь-ноябрь. –М.: Гротек, 2004. –С.36-40.

4.2. **Землянухин М.В., Членов А.Н.** Удачная комбинация // Системы безопасности, №3 (51), июнь-июль. –М.: Гротек, 2003. –С.38-42.

4.3. **Членов А.Н., Землянухин М.В.** О применении методов обработки сигнала в комбинированных охранных извещателях для пожарной сигнализации // Материалы двенадцатой межвузовской конференции "Системы безопасности" – СБ-2003. –М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. –С.102-104.

4.4. **Членов А.Н., Землянухин М.В.** Комбинированный пожарный извещатель / Материалы XIX научно-практической конференции "Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков". –М.: ВНИИПО МЧС России, 2003. –С.88-90.

4.5. **Буцынская Т.А., Землянухин М.В.** Принцип построения комбинированного пожарного извещателя // Вестник Академии Государственной противопожарной службы МЧС России, № 2. –М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. –С .145-149.

4.6. Патент на изобретение РФ № 2275687. "Комбинированный пожарный извещатель" (**Членов А.Н., Буцынская Т.А., Землянухин М.В.**) кл. МКИ G 08 B 17/00 от 30.01.2004.