

## Секция 5 Экология и защита окружающей среды

УДК 628 Н766

### Об оптимальном факторе пожара для построения устройств обнаружения пожароопасной ситуации

*Дашковский А.Г., Панин В.Ф., Шмойлов А.В.**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**E-mail: [vfpd@tpu.ru](mailto:vfpd@tpu.ru)*

Анализ процесса развития пожара (П) показал, что П развивается, в общем случае, в течение семи стадий. Каждой из них соответствует совокупность явлений (факторов, признаков) пожароопасного состояния, характеризуемая набором определённых параметров. Регистрация факторов высокой стадийности (высокие температура среды, содержание CO<sub>2</sub> и т.п.) означает регистрацию собственно П, низкой (газы термической деструкции материалов, дымы и т.п.) – пожароопасной ситуации (ПС).

Понижение стадийности регистрируемого фактора приводит к построению противопожарных профилактико-диагностических систем, поскольку чем ниже регистрируемая стадия, тем неопределеннее связь факта её обнаружения с П.

Решения таких систем должны анализироваться дополнительно, так как обнаружение ПС как ситуаций, описываемых определёнными наборами физико-химических параметров, традиционными системами малоэффективно.

С развитием электронной техники стадийность используемых для обнаружения ПС факторов, в целом, понижается. Для каждого объекта контроля необходим выбор (выявление) оптимального фактора. В частности, по многим характеристикам оптимальным фактором для летательных аппаратов являются дымы.

**Ключевые слова:** пожар, пожароопасная ситуация, стадии развития пожара, факторы П и ПС, оптимальные факторы, пиролизные дымы, профилактико-диагностические системы.

#### Введение

Уже к 1960 – 1970 г.г. установлено, что в общем случае развитие пожара (П) до неуправляемого состояния проходит до семи стадий [1]. Ранние стадии развития П можно определить как пожароопасную ситуацию (ПС), которая по обстоятельствам может не развиваться в П, самые поздние стадии – как собственно П.

Обычно к первой стадии развития П [1] поступление в атмосферу контролируемого помещения горючих газов – из-за неисправности газовых магистралей и т.п. При этом регистрация ПС осуществляется посредством газовых датчиков.

Вторая стадия развития П связана с повышением температуры поверхностей элементов конструкций оборудования и аппаратуры, увеличением интенсивности ИК-излучения, поступлением в атмосферу парогазовых продуктов термической деструкции неметаллических: конструкционных, электро-, тепло-, звуко- и других изоляционных, декоративных и т.п. материалов. При этом парогазовые продукты посредством конденсации могут переходить в аэрозольную форму вещества. Ввиду малых концентраций парогазовых продуктов термического разложения на данной стадии превалирует конденсационный механизм образования аэрозолей, при котором формируются частицы размером  $10^{-2}$  –  $10^{-1}$  мкм. Из-за преимущественно малых размеров частиц и малых их концентраций подобные аэрозоли большей частью визуально не наблюдаются.

Третья стадия связана с дальнейшим повышением температур прогрева неметаллических материалов, и соответствующим увеличением плотностей потоков парогазовых продуктов термического (термо-окислительного) разложения материалов. При этом наряду с конденсацией паровых продуктов термического разложения имеет место коагуляция начальных конденсационных частиц, в результате чего спектр аэрозольных частиц расширяется в сторону частиц больших размеров. Таким образом, на третьей стадии аэрозоли термической деструкции оптически активны и, как правило, наблюдаются визуально. Такие аэрозоли относятся к классу пиролизных дымов.

Последующие стадии связаны с возникновением свечения очага возгорания, формированием пламени, образованием значительных количеств углекислого газа, повышением температуры воздуха и т.д. и т.п. и, как правило, характеризуются большей вероятностью развития процесса до состояния пожара, чем указанные начальные стадии его развития. Все методы обнаружения П строятся на основе регистрации параметров физических явлений (факторов, признаков пожароопасности), сопровождающих разные стадии их развития.

Итак, регистрация факторов ранних стадий (утечка горючих газов, повышение температуры ИК- радиации поверхностей оборудования, дымообразование) относят, как отмечено выше, к обнаружению П.

При построении систем обнаружения и сигнализации о пожароопасном состоянии контролируемого объекта естественно стремление к обнаружению низких стадий развития П – к обнаружению ПС.

#### **Об оптимальном факторе пожара для построения устройств обнаружения пожароопасной ситуации**

Однако уменьшение стадийности регистрируемого фактора приводит к возрастанию неопределенности оценки степени пожароопасности. Это понятно, поскольку понижение стадийности фактора есть приближение к нормальному состоянию контролируемого объекта, а состояние, сколько угодно близкое к нормальному, характеризуется сколько угодно малой вероятностью пожароопасности (ПО). Последнее означает, что достижение каким-либо фактором низкой стадийности порогового уровня отнюдь не означает 100 % –ю вероятность развития пожара после данного события. При этом фиксируется лишь некоторая, предполагаемая, ПС, которую необходимо ещё обследовать, чтобы сделать выводы и осуществить необходимые защитные мероприятия.

Фактически понижение стадийности регистрируемого фактора приводит к возрастанию вероятности ложных действий устройства обнаружения, если любое устройство регистрации фактора рассматривать с точки зрения задач надежного обнаружения П. Под устройством обнаружения П мы понимаем традиционную систему каких-либо датчиков, в которой для «обнаружения» П достаточно превышение порога сигналом хотя бы одного из датчиков.

Скорее всего, такие устройства следует определить как устройства профилактики П или диагностики ПС.

Изложенное характеризует лишь одну сторону проблемы построения устройств раннего обнаружения П на основе регистрации факторов пониженной стадийности – уменьшается вероятность обнаружения ситуации, которая действительно пожароопасна.

Другая трудность заключается в том, что при одном и том же уровне фактора, соответствующего некоторой стадии развития П, возможны и пожароопасная, и пожаробезопасная ситуация. Эта трудность проистекает из того, что уровень (интенсивность) фактора связан с фактом реальной пожароопасности статистически, т.к. режимы работы объекта в общем случае чрезвычайно многообразны и во времени реализуются случайным образом.

Поясним последнее на примере. Пусть, положим какой-либо объект в течение длительного времени обследовался в части температур участков оборудования и приборов в различных, в том числе, в аварийных режимах работы, связанных с реальной ПС. Пусть далее, по набранной статистике определены минимальные уровни пожароопасных температур и соответствующие им пороговые уставки для температурных датчиков системы обнаружения ПС. Казалось бы, теперь система может предупредить возникновение П, сигнализируя о возникновении ПС. Однако в большом числе случаев действие (срабатывание) системы не означает возникновения ПС, т.е. оказывается ложным. Более того, в объекте, особенно сложном, возможны такие аварийные ситуации, неучтенные при обследовании, при которых ПС возникает и быстро необратимо развивается до П при температурах, меньших, чем пороговые, т.е. имеет место пропуск ПС, и П.

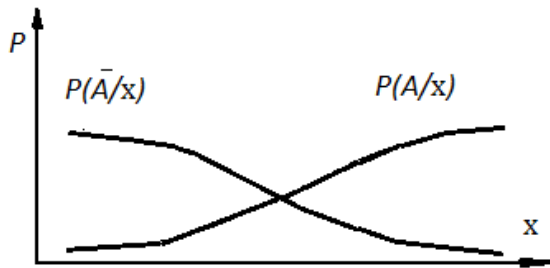
При увеличении порога системы уменьшается вероятность ложных срабатываний и возрастает вероятность пропуска ПС.

Значит, для факторов низкой стадийности в определенном интервале их значений имеет место «нахлест» пожаробезопасных и пожароопасных режимов, рис. 1. Он и предопределяет неоднозначность действия таких систем.

Ложное действие и пропуск ПС в равной мере снижают эффективность действия систем. Эффективность системы можно определить так:

$$\Theta = \frac{P(A) - Л - П_p}{P(A)}$$

где  $P(A)$  – вероятность ПС,  $L$  – вероятность ложного действия системы,  $P_p$  – вероятность пропуска ПС.



Очевидно, с учетом изложенного выше, существует оптимальное пороговое значение фактора низкой стадийности, при котором величина  $\mathcal{E}$  максимальна. Зависимость  $\mathcal{E}$  от величины порога имеет форму, представленную на рис.2, т.е. величина  $\mathcal{E}$  даже в максимуме не превосходит 23 – 24 %, а с учетом того, что она весьма критична к порогу, фактическая величина  $\mathcal{E}$  гораздо ниже, что подтверждается статистикой правильных и неправильных действий подобных систем.

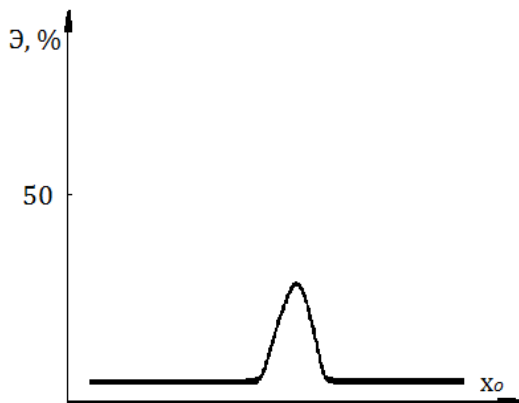


Рис.2. Зависимость эффективности обнаружения ПС традиционными системами от пороговой уставки регистрируемого фактора  $x_0$ .

Сказанное выше применительно к регистрации факторов низкой стадийности (к регистрации ПС) равным образом относится к регистрации факторов высокой стадийности (к регистрации собственно П): то же влияние величины порога на вероятность ложного действия и пропуска П, тот же характер

зависимости величины  $\mathcal{E}$  от величины порога и т.п.

Для простоты рассуждений допустим, что найдены методы и средства устранения ущерба описанных систем, и они работают со 100 % -й величиной  $\mathcal{E}$ . Это означает тогда, что система, построенная на регистрации фактора, сопутствующего некоторой стадии, со 100 % -й вероятностью обнаруживает именно данную стадию развития пожароопасного процесса. Но, как отмечалось ранее, чем ниже стадийность фактора, тем менее вероятно, что зафиксированное состояние действительно пожароопасно: действительно ли из него разовьётся П?

Поэтому чрезвычайно важно определить оптимальную стадию пожароопасного процесса и, соответственно, оптимальный фактор. Последний определяется, в частности, и характером объекта, и условиями регистрации.

Там, где ценность контролируемого объекта и особенности его эксплуатации допускают профилактико-диагностические процедуры анализа решений систем автоматического контроля ПС, по-видимому, допустимо использование факторов низкой стадийности, особенно, если характер объекта предполагает необходимость качественного контроля параметров его состояния из соображений производственной санитарии (когда сам регистрируемый фактор является одновременно и вредным производственным фактором, например, некоторые пороговые продукты термодеструкции материалов).

Если объект необитаем, то осуществление профилактико-диагностических процедур сопряжено со значительными трудностями. Эти же трудности легко предвидеть и в случае обитаемого объекта: при использовании фактора весьма низкой стадийности (начальные газовые продукты термодеструкции, температуры перегревов, ИК-излучение и т.п.) процедура анализа решений системы обнаружения ПС может занять значительное место в работе персонала. Это едва ли приемлемо: реальная ПС – исключительная, маловероятная ситуация, и значительные издержки на указанные процедуры едва ли оправданы.

Вывод: Упомянутые процедуры необходимо переводить на вычислительную технику, в алгоритм работы которой должны быть включены обращения к дополнительной информации (для анализа решения системы), которую должен был бы получить оператор при осмотре места локализации предполагаемой ПС. В алгоритме должна быть, по-видимому, отражена и возможность оценки качества развития ситуации после фиксации предполагаемой ПС.

Как видно, использование факторов низкой стадийности влечет за собой усложнение систем обнаружения ПС, которые также не всегда могут быть приемлемы.

Можно сказать, что технический прогресс позволяет реализовать естественную тенденцию к использованию факторов низкой стадийности, причем каждому этапу развития преобразовательной техники соответствует оптимальный фактор или группа факторов.

Ретроспективный взгляд на развитие средств пожарообнаружения и сигнализации в целом подтверждает изложенную трактовку направления их развития.

Достаточно сказать, что первые пожарные датчики (извещатели П) строились на элементах, чувствительных к фактору поздних стадий – на повышение температуры контролируемой среды (легкоплавкие сплавы, биметаллические пластины и т.п.). С развитием полупроводниковых приемников оптического излучения появились датчики, реагирующие на свечение пламени. Развитие средств газоаналитического приборостроения поставило в повестку дня использование газоанализаторов CO<sub>2</sub>. В настоящее время интенсивно осваивается «очередная» стадия развития ПС – стадия дымообразования. Известны также примеры построения или попытки построения систем обнаружения ПС на основе регистрации факторов второй стадии развития П: относительно небольших перегревов, увеличение интенсивности ИК-излучения, поступление в атмосферу небольших концентраций газов термодеструкции.

Принципы построения, конструкции и характеристики элементов, чувствительных к разным факторам, устройств и систем обнаружения П и ПС описаны в большом числе источников, начиная с работ 1960-х г.г. прошлого столетия [2-5], кончая такими работами, как [6, 7].

Для специфических объектов транспорта, таких как летательные аппараты (ЛА), регистрация П неприемлема: слишком запоздалой будет регистрация заметного повышения температуры среды, наличия значительных количеств CO<sub>2</sub>, пламени, светящегося очага. Надежная же регистрация дымов, субмикронного аэрозоля или газов термодеструкционного происхождения, ненормального возрастания температур и тепловой радиации на отдельных участках оборудования и аппаратуры означает, как отмечалось выше, обнаружение ПС, в которой пожароопасный процесс еще управляем.

В указанном спектре факторов дым, будучи фактором ПС, ближе других к П и, следовательно, определеннее связан с П. С учетом изложенного выше использование фактора дыма предполагает наименьший, по сравнению с другими факторами, объем дополнительных профилактико-диагностических процедур и уже потому представляется предпочтительным из всех факторов низкой стадийности. Кроме того, фактор дыма применительно к ЛА обладает существенным достоинством: его можно регистрировать относительно небольшим числом датчиков, поскольку дым циркулирует по всему объёму ЛА в вентиляционном потоке (как и аэрозоли и газы термодеструкции). Для контроля же радиации и температур поверхностей и аппаратуры, даже на самых ответственных участках, требуется неизмеримо большее число температурных и радиационных датчиков.

Изложенное предопределяет преимущественный интерес к регистрации дымов как основе построения устройств надежного обнаружения ПС.

#### **Выводы**

1. Пожароопасный процесс – от рабочего режима объекта до П – развивается в несколько стадий.
2. Каждой стадии соответствует совокупность физико-химических явлений, или факторов (признаков) пожароопасного состояния, характеризуемая набором определённых параметров.
3. Регистрация факторов высокой стадийности означает регистрацию П, низкой – ПС.
4. Понижение стадийности регистрируемого фактора приводит к построению, в сущности, противопожарных профилактико-диагностических систем, поскольку чем ниже регистрируемая стадия, тем неопределеннее связь факта её обнаружения с П.
5. Решения таких систем должны анализироваться дополнительно.
6. Обнаружение самих ПС, как ситуаций, описываемых определёнными наборами физико-химических параметров, традиционными системами осуществляется малоэффективно.
7. С развитием техники стадийность факторов, используемых для обнаружения ПС, в целом, понижается.
8. Необходим выбор (выявление) оптимального фактора для условий ЛА.
9. По многим характеристикам оптимальным фактором для ЛА представляется дым.

#### **Список литературы:**

1. Leworthy L. R. Automatic fire detection // Workes Engneering and factory service – Part 1, 1970, В,65, 766, Р.20-21; Part 2, 1970, В,65, 767, Р.35-39; Part 3, 1970, В,65, 768, Р.34-36.

2. Ильинская Л.А. Элементы противопожарной автоматики. – М.: Энергия, 1969. – 72 с.
3. Автоматические средства обнаружения и тушения пожаров/. Ю.Н. Герловин, Е.Н. Иванов, Г.В. Климов и др. – М.: Стройизд., 1975. – с. 42-84.
4. Пожарная автоматика /. Н.Ф. Бубырь. – М.: Редакционно-издательский отдел, 1977. – С. 30-65.
5. Шаровар Ф.И. Устройства и системы пожарной сигнализации. – М.: Стройизд., 1979. – С. 22 – 170.
6. Шаровар Ф.И. Принципы построения устройств и систем автоматической пожарной сигнализации. – М.: Стройизд., 1983. – С. 47 – 194.
7. Членов А.Н. и др. Новые методы и технические средства обнаружения пожара: Монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 175 с.
8. Федоров А.В., Членов А.Н., Лукьянченко А.А., Буцынская Т.А., Денехин В.Ф. Системы и технические средства раннего обнаружения пожара: Монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 160 с.

### Геофизические методы при оценке радиоактивного загрязнения территорий

*До Тхи Зунг*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В конце 1895 г профессор Вильгельм Конрад Рентген открыл лучи проходящие сквозь дерево, картон и другие предметы, не прозрачные для видимого света. Впоследствии эти лучи получили название рентгеновских лучей. В 1896 г французский ученый Анри Беккерель открыл явление радиоактивности. На заседании Академии наук он сообщил, что наблюдавшиеся им лучи, проникавшие подобно рентгеновским лучам через непрозрачные для света предметы излучаются некоторыми веществами. Так было установлено, что новые лучи излучаются веществами, в состав которых входит уран. Вновь открытые лучи Беккерель назвал урановыми лучами. Дальнейшая история новооткрытых лучей тесно связано с именами польского физика Марии Склодовской и ее мужа – француза Пьера Кюри, которые подробно изучили эти открытия и назвали их радиоактивностью[1].

Мониторинг радиационной обстановки необходим для предупреждения вредного воздействия радиации на организм человека и различные объекты природной среды. Оценка радиационно-экологической обстановки территорий и участков местности предопределяет характеристика естественного уровня внешнего гамма-излучения от природных и техногенных источников, которая, в свою очередь, зависит от содержания природных и искусственных радионуклидов в объектах природной среды.

Метод мониторинга радиационной обстановки – геофизический. Мониторинг радиационной обстановки на предприятиях комплекса выполняется в соответствии с требованиями федерального закона «О радиационной безопасности населения» и ведомственными нормативно-методическими и инструктивными документами в соответствии с нормами радиационной безопасности НРБ-99 (СП 2.6.1.758-99), основными правилами обеспечения радиационной безопасности [5].

При расположении пунктов наблюдения за радиационной обстановкой учитывают рельеф местности, преобладающее направление розы ветров в районе проведения работ и размещение основных техногенных объектов, влияющих на состояние радиационного фона территории. Необходимо также провести измерения в месте не подверженном воздействию промышленного объекта, чтобы определить естественный радиационный фон данной местности. Мониторинг радиационной обстановки следует повторять с периодичностью 1 раз в год, поскольку радиационная обстановка может изменяться в процессе эксплуатации месторождения (Рекомендации по нормализации экологической обстановки) [7]. Съёмка проводится с помощью приборов РКП-305 (спектрометр) и СРП-68-01 (радиометр).

Контролируемыми показателями при радиационном исследовании являются:

- МЭД (мощность эквивалентной дозы) внешнего гамма-излучения;
- Удельная активность естественных и искусственных радионуклидов в объектах природной среды и строительных материалах.

Основным контролируемым показателем при радиационном исследовании территорий и участков местности служит характеристика естественного уровня внешнего гамма-излучения, которую определяют путем измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (МЭД-D), мкЗв/ч.