

Вопрос надежности аппаратуры настолько же важен для нас, насколько сложен и неоднозначен. Особое значение этот вопрос приобретает в отношении технических средств безопасности, и в том числе, пожарной безопасности. Современные автоматизированные системы пожарной сигнализации достаточно сложны и в экстремальных ситуациях управляют всем инженерным оборудованием здания, обеспечивая сохранение жизни людей. Поддерживать их в постоянной готовности – чрезвычайно важная задача. В связи с этим вопрос повышения надежности систем сигнализации постепенно превращается в вопрос безусловного обеспечения надежности, который можно выразить иначе – как вопрос непрерывного поддержания работоспособности системы. Но имеет ли решение поставленная таким образом задача? Возможно ли создать систему с «непрерывной работоспособностью»? Сколько будет стоить такая система? И что такое «непрерывная работоспособность»?

Зачем нужно дублировать извещатели?

В качестве меры надежности пожарного извещателя чаще всего используют время наработки на отказ или вероятность отказа за установленное время.

При первом же взгляде на вопрос бросается в глаза то, что даже при сверхнизкой вероятности отказов мы опираемся на среднестатистические показатели, а надежность каждого конкретного извещателя остается непредсказуемой – может быть, он проработает 25 лет, а может быть – несколько месяцев. Вследствие этой непредсказуемости в свое время и было принято решение о необходимости дублирования пожарных извещателей – если вдруг выйдет из строя один, то сработает другой. Исходили из того, что вероятность выхода из строя одновременно двух извещателей намного ниже. Необходимо, однако, помнить, что дублирование не решает проблему надежности принципиально, а только улучшает количественные показатели надежности: отказы все равно будут, но немного реже.

Для обеспечения надежности при управлении пожарной автоматикой формирование сигнала пуска необходимо производить при срабатывании двух пожарных извещателей. В этом случае вопрос с дублированием извещателей ставится более жестко: согласно изменениям №1 к НПБ 88-2001 при управлении автоматикой необходимо устанавливать три или даже четыре извещателя в помещении или в защищаемой зоне.

Как видим, требование надежности пожарной сигнализации больно бьет нас по карману, а надежность все равно остается величиной вероятностной – может сработать, а может и нет.

Что такое "гарантированная надежность"?

Попробуем посмотреть на проблему с другой стороны. Надежность подразумевает способность устройства выполнять заданные функции при сохранении своих основных характеристик в течение некоторого времени, и важным параметром здесь является именно временной фактор.

Попытаемся представить себе идеально надежную систему. Это будет такая система, которая сохраняет свою работоспособность в каждый момент времени в течение срока службы.

Возможно ли создать реальную систему с такими характеристиками? Если рассматривать систему как группу пожарных извещателей, и тем более, если рассматривать извещатель отдельно от

системы сигнализации, задача не может быть решена: в действительности извещатели периодически выходят из строя. Вероятность отказа никогда не равна нулю, поэтому надежность хотя и может быть высокой, но не будет гарантированной, так как отказы все равно неизбежны.

Рассмотрим, чем реальная система отличается от представленной нами идеальной? Реальная система в процессе эксплуатации часть времени находится в работоспособном состоянии, а часть времени - в неработоспособном, причем переход в неработоспособное состояние происходит в результате отказа, а переход в состояние работоспособности – в результате восстановления системы человеком. Это простое наблюдение позволяет сделать два вывода. Во-первых, если сокращать время пребывания системы в неработоспособном состоянии, она будет приближаться к нашей идеальной модели сколь угодно близко. Если мы добьемся того, чтобы это время стало пренебрежимо мало, то получим систему с «непрерывной работоспособностью». Итак, система с «непрерывной работоспособностью», для краткости «НР-система» – это система, для которой время пребывания в неработоспособном состоянии пренебрежимо мало и не превышает времени, установленного для безопасной эксплуатации объекта. Здесь мы не претендуем на введение новых терминов, но пытаемся подобрать формулировки, наиболее полно отражающие наши ожидания в отношении надежности.

Второй вывод заключается в том, что достижение малого времени пребывания системы в неработоспособном состоянии невозможно без учета процесса восстановления работоспособности системы.

Чем определяется этот процесс? Безусловно, на него большое влияние оказывает человеческий фактор, и именно человек является тем самым гарантом надежной и непрерывной работы системы. Однако огромное значение имеют и конструктивные особенности аппаратуры, облегчающие человеку выполнение его функций по восстановлению системы. Быстрому восстановлению, конечно, способствуют конструктивные решения, облегчающие ремонт аппаратуры, такие как блочная или модульная конструкция и т.п., но вопрос не сводится только к ним. Для того чтобы определить, какие именно должны быть эти конструктивные особенности, необходимо рассмотреть систему не механистически – как группу извещателей, для которой надежность определяется простой суммой вероятностей отказов, а учесть влияние на надежность взаимодействия частей системы.

Критерии "непрерывной работоспособности"

Как было показано выше, малое время пребывания системы в неработоспособном состоянии достигается за счет ее быстрого восстановления путем совместных действий человека и системы.

При описанном подходе, учитывающем взаимодействие человека и техники, на первый план выходят критерии надежности системы, определяющие восстановление ее работоспособности, а именно: время восстановления системы. Это время складывается из времени обнаружения неисправности и времени ее устранения.

Основная задача аппаратуры для обеспечения условий «непрерывной работоспособности» – обеспечить требуемое время обнаружения неисправности, т.е. время получения дежурным оператором информации о возникшей неисправности. Время устранения неисправности в большей степени зависит от человека, хотя конструктивные особенности аппаратуры тоже оказывают на него влияние. Так, например, необходимость перепрограммирования системы при замене адресно-аналогового извещателя может значительно увеличить время устранения неисправности, в том числе за счет времени ожидания визита специалиста.

Сокращение времени обнаружения неисправности достигается путем взаимодействия частей системы – извещателя и приемно-контрольного прибора. Если каждый элемент системы не имеет

специальных функций, связанных с диагностикой, время обнаружения неисправности не определено, и «непрерывная работоспособность» обеспечена быть не может. Требованию обнаружения неисправности за установленное время будут соответствовать системы, которые имеют следующие специальные функции:

- извещатели должны быть снабжены системой автоматического контроля работоспособности (системой самотестирования);
- извещатели должны быть способны передать на ПКП сигнал, подтверждающий их исправность, т.е. выполнение ими своих функций.

Сигнал, подтверждающий исправность (не путать с сигналом о неисправности!), извещатель может передавать в ответ на запрос прибора либо формировать самостоятельно (периодически или непрерывно) – в зависимости от конструктивного решения, выбранного разработчиком. Таким образом, запрос прибора не является обязательным требованием для обеспечения «непрерывной работоспособности», и продвигаемое в последнее время понятие «опросных» систем отражает всего лишь одно из возможных конструктивных решений, напрямую не влияющих на достижение конечного результата – обеспечение надежности.

Основным результатом применения указанных специальных функций является то, что время обнаружения неисправности становится определенным. Сама его величина, как правило, не имеет решающего значения, так как она обычно не превышает нескольких десятков минут, и это приемлемо для подавляющего большинства объектов. Конечно, это заключение не распространяется на объекты, где время восстановления системы жестко задано.

Необходимо, однако, иметь в виду, что важно обеспечить именно малое время восстановления в целом, а не только отдельных составляющих этого времени. Так, если быстро обнаружить неисправность, но не быть достаточно подготовленным к ее устранению, обеспечить условия «непрерывной работоспособности» невозможно. С другой стороны, при возникновении неисправности время ее регистрации и формирования сигнала о неисправности в самом извещателе достигает 20-30 минут (например, время определения извещателем своей запыленности), и бессмысленно требовать более быстрой идентификации неисправного извещателя, так как на общий результат это не повлияет.

Приведенный выше перечень специальных функций является исчерпывающим. Никакие другие условия для обеспечения установленного времени обнаружения неисправности не требуются, как, например, требование к извещателю быть аналоговым по принципу работы и т.д.

Извещатели с подтверждением исправности

Рассмотрим, какие из известных извещателей в состоянии обеспечить функцию подтверждения исправности, что позволит создавать системы сигнализации с «непрерывной работоспособностью». Конечно, обычные пороговые извещатели не в состоянии это сделать, так как они не оборудованы системой самотестирования.

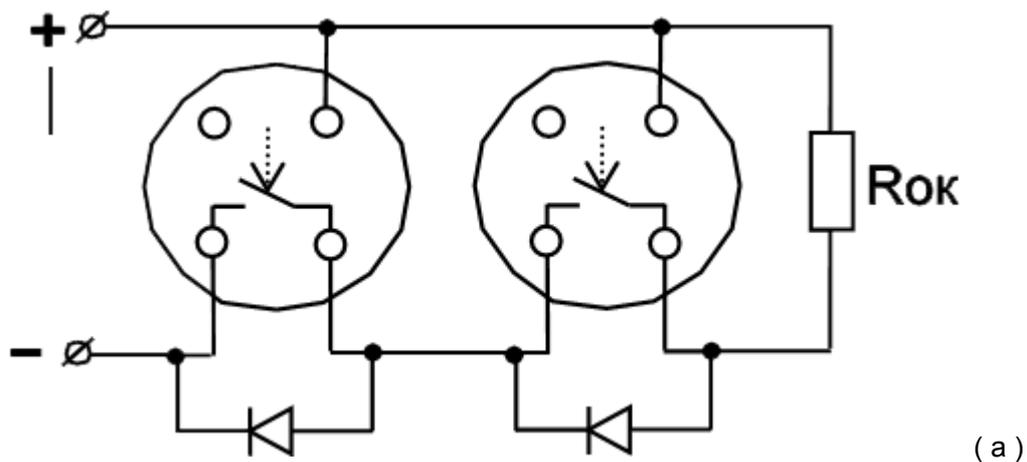
Сегодня на рынке появилось большое количество «интеллектуальных» извещателей. Эти извещатели, как правило, имеют систему самодиагностики, но выдают информацию только с помощью собственного оптического индикатора и не передают сигнал о своей исправности на ПКП. Надежность такой системы мало отличается от надежности традиционных пороговых систем сигнализации, так как время обнаружения неисправности для этих извещателей не определено.

Перечисленным требованиям при определенных условиях могут удовлетворять аналоговые системы пожарной сигнализации. В извещателях этих систем заложены возможности для создания системы самотестирования. Если эти возможности реализованы, и если организована передача на

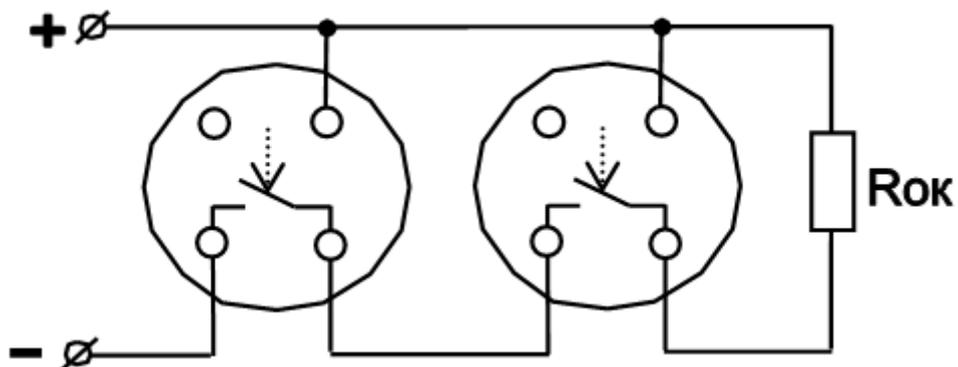
ПКП информации, подтверждающей исправность извещателя, условия «непрерывной работоспособности» можно считать выполненными. Как видим, сама по себе «аналоговость» лишь создает предпосылки и не обеспечивает условий «непрерывной работоспособности», то есть является всего лишь одним из возможных конструктивных решений. В связи с этим деление извещателей на аналоговые и не аналоговые имеет больше теоретическое, чем практическое значение, тем более что сегодня большое количество технических решений (например, «интерактивные» извещатели многих известных зарубежных фирм) не очень-то вписывается в такую классификацию, в результате ее границы становятся размытыми. Недаром разработчикам норм пожарной безопасности НПБ 88-2001* не потребовалось слово «аналоговый», в том числе при формулировании требований к надежности систем сигнализации и управления, а также требований к системам, для которых не требуется дублирование извещателей.

Итак, главным преимуществом адресно-аналоговых систем сигнализации (по сравнению с обычными адресными) является возможность передачи сигнала от извещателя о своей исправности на ПКП, и те системы, в которых это реализовано, соответствуют критериям «непрерывной работоспособности». Однако адресно-аналоговые системы применяются, как правило, на относительно крупных объектах вследствие их высокой стоимости. А как нам обеспечить надежность систем сигнализации, установленных на малых объектах?

На небольших объектах нет смысла устанавливать адресные системы, их, как правило, оборудуют обычными лучевыми приборами. Для таких приборов на нашей фирме разработан простой протокол обмена, а также извещатель, который его поддерживает и передает на ПКП сигнал, подтверждающий свою исправность. Извещатель позволяет создавать дешевые НР-системы (системы с «непрерывной работоспособностью») на любых сколь угодно малых объектах, оснащенных обычными недорогими ПКП. Результат в плане обеспечения надежности работы аппаратуры (поддержания непрерывной работоспособности) оказывается ничуть не хуже, чем в дорогих адресно-аналоговых системах.



(а)



(б)

Рис.1. Схема включения извещателя «с подтверждением исправности»:
 а – в знакопеременный шлейф сигнализации (диод включен в состав извещателя);
 б – в однополярный шлейф сигнализации.

Извещатель устанавливают в шлейф сигнализации традиционным способом (см. рис. 1), и два его контакта, как обычно, включаются в разрыв шлейфа для контроля изъятия извещателя. Исправный извещатель замыкает контакты и поддерживает целостность шлейфа, а сигнал о неисправности передает путем имитации обрыва шлейфа. При полном отказе извещателя он перестает управлять своими контактами, и они размыкаются, также передавая сигнал о неисправности. Сигнал об обрыве шлейфа в состоянии принять любой прибор пожарной сигнализации, некоторые даже отдельно выдают сигналы о неисправности извещателя и об обрыве шлейфа. В приборах со знакопеременным шлейфом сигнализации, таких как Минитроник, ППК-2, извещатель производит обрыв шлейфа только на обратной полярности, и при отказе одного извещателя другие извещатели в шлейфе сохраняют свою работоспособность. Показанный на схеме диод входит в состав извещателя. Необходимо, однако, учитывать, что в простых приборах с однополярным шлейфом неисправность одного извещателя в результате обрыва шлейфа приводит к неработоспособности других извещателей в этом шлейфе. Но является ли этот недостаток столь принципиальным с точки зрения концепции «непрерывной работоспособности»? Ведь он не влияет на время восстановления системы. Разве лучше иметь неисправный извещатель в шлейфе и не знать об этом? И правильно ли требовать полноценную работу от шлейфа, выдавшего сигнал о неисправности? Не надо забывать и про роль человека, который согласно концепции «непрерывной работоспособности» должен в кратчайший срок устранить неисправность. Давайте выбирать из двух зол меньшее: лучше иметь информацию о неисправности, даже если это вызывает дополнительные неисправности в том же месте. К тому же появления дополнительных

неисправностей можно избежать, если использовать приборы со знакопеременным шлейфом – традиционные для России. Тем не менее извещатели «с подтверждением исправности» целесообразно применять и с приборами с однополярными шлейфами, так как они и в этом случае способны обеспечить условия «непрерывной работоспособности».

Если сравнить возможности неадресных и адресных аналоговых систем сигнализации в плане выполнения требования минимального времени восстановления системы, то мы увидим, что время обнаружения неисправности у них практически совпадает, а время ее устранения может отличаться. Замена неадресного извещателя производится за минимальное время, а замена адресно-аналогового во многих случаях требует перепрограммирования системы и весьма значительных затрат времени. Простота замены неадресных аналоговых извещателей сохраняется даже в случае, если в шлейфе сигнализации установлено несколько извещателей, размещенных в разных помещениях. Дополнительная информация о том, какой именно извещатель в данном шлейфе подал сигнал "SOS", индицируется светодиодом извещателя, а при необходимости – выносным индикатором. По характеру индикации можно даже определить, надо ли извещатель заменить или просто очистить от пыли.

Часто высказывается мнение о том, что обязательным условием высокой надежности и достоверности информации в аналоговых системах сигнализации является принятие решения о пожаре не в извещателе, а в ПКП, который обычно расположен в наиболее защищенном месте. Однако наиболее уязвимой частью извещателя является детектор, который в любом случае необходимо располагать на объекте, а логическое устройство достаточно устойчиво к воздействиям со стороны окружающей среды. К тому же наиболее ответственную часть логического устройства, связанную с оцифровыванием и передачей сигнала, все равно размещают в извещателе.

Решение о пожаре принимается извещателями во многих известных адресно-аналоговых системах сигнализации, таких как Esser, Algorex и др. Вопрос о том, где принимается решение о пожаре, характеризует лишь конструктивные особенности аппаратуры, никак не связан с приведенными выше критериями оценки надежности, и поэтому не имеет практического значения. Единственное преимущество, которое можно было бы получить, принимая решение в ПКП – это возможность совокупного анализа информации, полученной от нескольких извещателей. Как образно выразился автор одной из статей, посмотреть фильм, полученный из отдельных фотографий, сделанных каждым извещателем. Хочу сразу заметить, что каждый современный извещатель снимает свой фильм в точке его установки, отслеживая всю предысторию события. Речь идет о совокупном фильме.

Такой совокупный фильм – это чисто декларируемое преимущество. Посудите сами. Для того чтобы его реализовать, необходимо в каждом помещении установить большое количество извещателей (даже не два, и уж вовсе не один), на основании их данных производить расчет эпюр направлений и скоростей движения фронта задымленности (с учетом воздушных потоков в помещении, изменяющихся при включении обогревателей, кондиционеров, открытии окон и т.д), и при превышении некоторых (каких?) критериев давать команды на управление пожарной автоматикой.

Нет необходимости говорить, что этот механизм не реализован ни в одной системе сигнализации, а если бы и был реализован, кто и где сможет им воспользоваться? Более того, такой способ управления пожарной автоматикой не предусмотрен нормами пожарной безопасности, где указано, что автоматика должна включаться по первому или второму срабатыванию. Или после второго срабатывания мы будем нарушать нормы и ждать данных от других извещателей для вычисления эпюр задымленности? Так что совокупного фильма все равно не получается, тогда зачем искусственно усложнять систему и перегружать ПКП, а ведь любое усложнение сопровождается удорожанием и снижением надежности? Давайте лучше делать надежные и недорогие системы, в основе которых лежат простые и эффективные решения.

Применение одного пожарного извещателя вместо двух

На заре развития этой техники, когда она была несовершенной, решение о необходимости дублирования извещателей было очень важным. Создание адресно-аналоговых и неадресных «извещателей с подтверждением исправности», оснащенных системой самодиагностики и передачи сигнала подтверждения на ПКП, позволяет отказаться от дублирования (при выполнении требований по защищаемой одним извещателем площади), и для систем сигнализации это закреплено в НПБ 88-2001*, п. 12.17.

Рассмотрим некоторые особенности применения неадресных извещателей «с подтверждением исправности». В случае если несколько помещений охраняется одним шлейфом сигнализации с такими извещателями, помимо требований п.12.17 необходимо учитывать также требования п.12.13.

В п.12.13 изложены требования к расположению этих помещений в здании, необходимые для быстрой идентификации извещателя, выдавшего сигнал «Пожар». Эти же требования распространяются и на идентификацию извещателя, выдавшего сигнал «Неисправность» – не станем же мы требовать, чтобы идентификация сигнала «Неисправность» осуществлялась быстрее, чем идентификация сигнала «Пожар». К тому же время обнаружения неисправности, т.е. промежуток времени между возникновением неисправности и получением информации о ней дежурным оператором, складывается не только из времени идентификации неисправного извещателя, но и из времени формирования сигнала о неисправности в самом извещателе. Это время, как отмечалось выше, может составлять 20-30 минут и более, и поэтому время идентификации неисправного извещателя, скажем, длительностью 10-15 минут, необходимое для обследования помещений, в большинстве случаев вполне приемлемо, так как незначительно изменяет общий результат. Если сравнить эти временные параметры с аналогичными для адресно-аналоговых извещателей, то мы увидим, что идентификация неисправного извещателя здесь происходит быстро, но значительные затраты времени (часто даже более 10-15 мин., необходимых для обследования помещений в предыдущем случае) требуются на перепрограммирование системы, связанное с заменой неисправного извещателя. В то же время замена неадресного извещателя производится за минимальное время. Таким образом, возможности неадресных и адресных аналоговых извещателей в отношении обеспечения малого времени восстановления системы близки по величине, главным является сам факт выдачи извещателем сигнала, подтверждающего его исправность.

Итак, по п.12.13 идентификация пожара осуществляется ПКП с учетом индикации извещателя. Точно так же определяется и неисправность. Другими словами, никаких дополнительных мер по идентификации неисправности не требуется.

Установка одного извещателя в помещении согласно НПБ 88-2001* возможна только для систем сигнализации и оповещения (кроме 5-го типа). Формирование сигналов управления оповещением 5-го типа, дымоудалением, пожаротушением требуется производить не менее чем от двух пожарных извещателей. Однако необходимо учитывать, что только некоторые извещатели в здании задействованы в системах управления. Например, если здание оборудовано системой дымоудаления, то в большинстве случаев необходимо производить дымоудаление на путях эвакуации (вопрос регулируется СНиП 2.04.05-91*), а сигнал пуска формировать от двух извещателей, расположенных на этих путях. В то же время другие помещения можно оборудовать системой сигнализации, т.е. без дублирования.

Заключение

Временной подход к вопросу надежности позволяет сформулировать требования к оборудованию пожарной сигнализации, обеспечивающему непрерывное поддержание своей работоспособности. Прикладное значение концепции «непрерывной работоспособности» заключается в том, что она предоставляет инструмент обеспечения надежности более эффективный, чем простое дублирование извещателей, и в то же время менее дорогостоящий, так как позволяет отказаться от принципа дублирования. Этот вывод в целом соответствует действующим нормам пожарной безопасности (при соблюдении других установленных нормами требований), и позволяет создавать пожарные извещатели нового типа, соответствующие требованию непрерывной работоспособности системы сигнализации – извещатели «с подтверждением исправности» (СПИ-извещатели).

Хочу также обратить внимание на тот факт, что концепция «непрерывной работоспособности» в значительной степени примиряет требования противопожарной службы и потребителей, предоставляя каждому выигрыш и в уровне качества обеспечения защиты от пожара, и в снижении затрат.

*Кандидат технических наук
В. В. Овчинников*