

## Защита от угарного газа и пожарные извещатели СО

И.Г. Неплохов, К.Т.Н.

**Монооксид углерода СО – это ядовитый, смертельно опасный для людей газ. Он не имеет ни цвета, ни запаха, ни вкуса, что определяет сложность его обнаружения без специальных приборов. Исключительную опасность он представляет для спящих людей: длительное воздействие на человека даже сравнительно небольших концентраций может привести к серьезным последствиям. Монооксид углерода содержится в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания, может вырабатываться при нарушении работы различных нагревательных и отопительных приборов, при тлении углеродосодержащих веществ, особенно в условиях ограничения доступа кислорода.**

**Д**ля защиты людей от угарного газа используются **детекторы СО**. Эти устройства, хотя и подпадают под общие требования, предъявляемые к пожарным извещателям, имеют свою специфику: наличие монооксида углерода СО в помещении невозможно проконтролировать визуально и при отсутствии задымления сигнал извещателя СО может считаться ложной тревогой. В настоящее время на нашем рынке появляются пожарные извещатели СО, однако нормативные требования по их использованию отсутствуют. В связи с этим можно проанализировать американские требования по функционированию систем защиты от СО и недавние изменения, которые появились в последней версии стандарта NFPA 720-2009.

Практически каждое жилое или офисное помещение содержит различные горючие материалы. Могут также присутствовать калориферы и нагреватели воды, камины, грили, бытовые и промышленные электрические приборы. Если не обеспечивается требуемая вентиляция любого из этих устройств, либо возникает неисправность, может вырабатываться монооксид углерода. В выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания содержится монооксид углерода, и его концентрация повышается при недостаточных температурах сгорания углеводородного топлива, при плохой настройке системы подачи воздуха и при недостатке кислорода для окисления СО в СО<sub>2</sub>. При высоких температурах, более 400°C, при наличии углерода происходит реакция восстановления диоксида углерода в монооксид углерода. Эта реакция происходит на раскаленных углях в печи или камине, и если рано закрывают заслонку трубы, то образующийся монооксид углерода поступает в жилое помещение и вызывает отравление, так называемый «угар». Что объясняет наличие второго названия монооксида углерода - угарный газ.

Монооксид углерода СО – это высокотоксичный газ, не имеющий ни вкуса,

Таблица 1. Симптомы отравления монооксидом углерода

Концентрация СО, ppm*	Симптомы
50	Практически никакого вредного воздействия при 8 часовом воздействии
200	Умеренная головная боль после 2 – 3 часов воздействия
400	Головная боль и тошнота после 1- 2 часов воздействия
800	Головная боль, тошнота и головокружение после 45 минут воздействия; сильная слабость и бессознательное состояние после 2 часов воздействия
1000	Потеря сознания после 1 часа воздействия
1600	Головная боль, тошнота и головокружение после 20 минут воздействия
3200	Головная боль, тошнота и головокружение после 5-10 минут воздействия; сильная слабость и бессознательное состояние после 30 минут воздействия
6400	Головная боль и головокружение после 1-2 минут воздействия; потеря сознания и угроза жизни после 10-15 минут воздействия
12800 (1,28% по объему)	Немедленное физиологическое воздействие; потеря сознания и угроза жизни через 1-3 минуты воздействия

\* Концентрация 1 ppm = одна частица СО на миллион

ни запаха, ни цвета, вследствие чего он очень опасен. При вдыхании угарный газ связывается с гемоглобином крови замещая кислород, при этом блокируется процесс транспортировки кислорода клеткам, что приводит к отравлению, а в тяжелых случаях даже к смерти. Признаками отравления служат головная боль, головокружение и потеря сознания. В **Таблице 1** приведены симптомы отравления монооксидом углерода при различной концентрации и продолжительности воздействия по данным National Fire Protection Association (NFPA).

Приведенные данные справедливы для здорового взрослого человека, на ослабленный организм или на ребенка воздействие будет более сильным. Причем люди, пережившие отравление угарным газом, могут умереть от сердечного приступа в течение ближайших нескольких лет из-за ущерба, которое это ядовитое вещество наносит сердечной мышце. К таким выводам пришли медики из Института Сердца Миннеаполиса, изучавшие амбулаторные карты пациентов, проходивших лечение от отравления угарным газом различной степени тяжести. По данным ученых, 37% пациентов, отравившихся монооксидом углерода СО, страдали от повреждений сердечной мышцы. Около четверти из них скончались в течение 7 лет после отравления угарным газом.

Монооксид углерода слабо поглощается активированным углем, и обычные противогазы не защищают человека от его воздействия. Для защиты от угарного газа должен применяться специальный фильтрующий элемент, который обычно является дополнительным к основному фильтру – гопкалитовый патрон. Он представляет собой катализатор, обеспечивающий окисление монооксида углерода СО до двуоксида углерода СО<sub>2</sub>. Реакция происходит с выделением тепла и происходит нагрев воздуха, что вызывает некоторое неудобство при дыхании.

Так как органы чувств человека не позволяют обнаружить появление угарного газа в помещении, для его обнаружения используются детекторы СО. За рубежом продажи детекторов СО увеличиваются наибольшими темпами. **В**

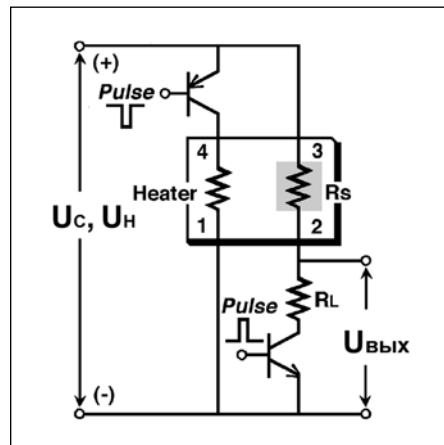


Рис. 1 Типовая схема включения полупроводникового сенсора CO в импульсном режиме

основном, используются детекторы CO трех типов: полупроводниковые на основе окислов металлов, биометрические и электрохимические.

Первыми были изобретены **металлооксидные детекторы**, особенностью которых является необходимость нагрева полупроводникового элемента до высокой температуры. Например, диоксид олова  $\text{SnO}_2$  или диоксид рутения  $\text{RuO}_2$ , должны быть нагреты по крайней мере до  $250^\circ\text{C}$ . В нагретом состоянии атомы кислорода связаны в  $\text{SnO}_2$ , а при воздействии на полупроводник смеси монооксида углерода CO с атомами кислорода высвобождаются его электроны, что приводит к увеличению протекающего через него тока. При определенном уровне тока формируется сигнал тревоги. Раздельные электрические цепи для нагревателя и чувствительного элемента определяют наличие

4-х контактов у полупроводниковых сенсоров CO.

Для снижения тока потребления полупроводниковыми детекторами CO используется импульсный нагрев чувствительного элемента, например, один раз в секунду (рис. 1). Значительное энергопотребление накладывает ограничение на максимальное число детекторов CO полупроводникового типа.

Следующий способ обнаружения монооксида углерода CO – это **биометрический способ**. В биометрическом детекторе CO инфракрасный свет проходит через мембрану из синтетического гемоглобина. В присутствии CO уровень инфракрасного излучения, проходящий через мембрану, снижается и формируется сигнал тревоги. Существенный недостаток биометрических детекторов CO – это склонность к формированию ложных тревог в процессе эксплуатации, вследствие аккумуляции CO и некоторых других примесей, содержащихся в атмосфере.

Последние разработки в данной области, наиболее совершенные в техническом плане – это **электрохимические сенсоры**, которые обеспечивают точное измерение концентрации монооксида углерода CO в ppm, т.е. в 1/1000000 частях. Они используют платина-кислотный элемент для усиления реакции между CO и кислородом в воздухе. Электроны, образованные этой комбинацией, индуцируют небольшой ток между двумя электродами, который пропорционален содержанию CO в воздухе. Электронная схема контролирует величину тока и вычисляет концентрацию монооксида углерода CO.

Электрохимический сенсор CO, в отличие от полупроводникового сенсора, не требует нагрева чувствительного элемента и, соответственно, имеет малый ток потребления. Электрохимические детекторы позволяют измерять незначительные уровни CO, которые могут быть опасны при длительном воздействии на человека и высокие концентрации CO, которые определяют непосредственную опасность для человека.

Достаточно полно специфика использования пожарных извещателей монооксида углерода CO проработана в американских стандартах. Недавно вышла очередная редакция Стандарта по установке детекторов монооксида углерода (CO) и совместимого оборудования NFPA 720-2009, которая существенно отличается от предыдущей редакции.

По данным NFPA, в США детекторы CO имеются только примерно в 15% жилых домов, хотя дымовыми детекторами защищены 96% жилых домов. Новый стандарт NFPA 720-2009 должен коренным образом изменить стратегию в защите от угарного газа и обеспечить прорыв в этом направлении. Прежде всего, значительно расширился перечень объектов, которые должны быть защищены детекторами CO. Если требования стандарта NFPA 720 2005 года относились только к жилым домам, то теперь в ряде штатов требуется установка детекторов CO в отелях, в школах, в общежитиях, в поликлиниках, больницах, частных лечебницах и т.д. Одновременно были уточнены требования по установке детекторов CO: в жилых зданиях (коттеджах) детекторы CO должны устанавливаться на каждом этаже включая подвал, в центральной части, в непосредственной близости от спальных помещений, вне каждой конкретной спальни (рис. 2), с учетом рекомендаций производителя детектора CO.

Необходимо отметить, что одни производители рекомендуют установку датчиков CO на потолок, другие на стены. Основываясь на исследованиях, проведенных Fire Protection Research Foundation (FPRF), в стандарте NFPA 720-2009 были введены различные требования по установке детекторов CO. В коммерческих зданиях детекторы CO должны устанавливаться на потолке в комнатах, где установлены приборы, использующие какое-либо горючее и конечно размещены на каждом обитаемом этаже и в каждой зоне вентиляции нагревания и кондиционирования воздуха.

В предыдущей версии стандарта было необходимо обеспечить контроль только линий связи детектора с контрольной панелью, в новой редакции NFPA 720-2009 требуется также обеспечить формирование сигнала «Неисправность» при нарушении работоспособности детектора и по истечении срока службы сенсора CO. Так как в отличие от дымовых и тепловых пожарных извещателей, срок службы сенсора CO обычно менее 10 лет.

В стандарте NFPA 720-2009 введены дополнительные требования по времени питания системы обнаружения CO по сравнению с обычной противопожарной системой. В дежурном режиме система контроля CO должна работать при отключении сети от источника бесперебойного питания по крайней мере в течение 24 часов. После этого времени должна быть обеспечена работа в режиме «Пожар» в течение 12 часов, если система является автономной. Этот промежуток времени может быть сокращен до 60 минут, если система обнаружения CO контролируется панелью центрального наблюдения. Хотя для обычных

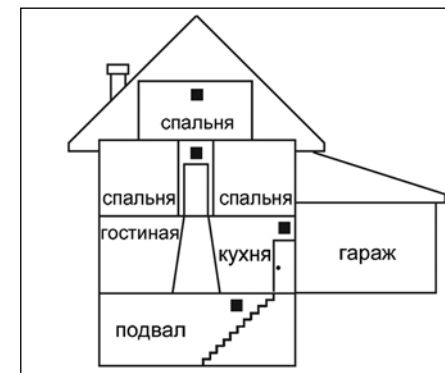


Рис. 2 Пример расположения извещателей CO в жилом здании





Рис. 3 Проведение функционального теста

противопожарных систем время работы в режиме «Пожар» может не превышать 5 минут.

12-часовое требование, не смотря на то, что оно кажется излишним и слишком затратным, вполне оправдано в данном случае. Действительно, появление угарного газа возможно при отсутствии людей и если сигнал тревоги выключится до их возвращения, они могут не подозревать о наличии опасной концентрации СО. Причем, сигнал тревоги при активизации детектора СО должен отличаться от сигналов пожарной тревоги и неисправности.

В большинстве случаев считается достаточным оповещение посредством встроенного в детектор СО оповещателя. Аудиосигнал СО тревоги должен быть циклическим: каждый цикл состо-

ит из 4-х однотоновых звуковых импульсов длительностью  $100 \text{ мс} \pm 10\%$  со  $100 \text{ мс} \pm 10\%$  промежутками, после которых должна следовать пауза длительностью  $5 \text{ с} \pm 10\%$ . После формирования сигнала тревоги в течение первых 4 минут, 5-ти секундные паузы могут быть заменены на 60 секундные  $\pm 10\%$ . Сигналы тревоги должны повторяться до сброса режима «Тревога» или ручного отключения аудио сигнала синхронно в пределах зоны оповещения.

В NFPA 720-2009 нет обязательного требования формирования сигналов СО тревоги посредством сирен и стробов во всем здании, что позволяет ограничиться оповещением в зоне, охватывающей площади, где возникла угроза отравления угарным газом, при условии трансляции сигнала СО тревоги на пост, внутри или вне защищаемого здания, где обеспечивается круглосуточное дежурство.

Также определена специфика надписей на аудио/видео устройствах оповещения, если они установлены. Устройства оповещения о СО тревоги, которые расположены в общедоступных местах не могут содержать слов «Пожар», а также каких-либо пожарных символов. Используемые для СО тревоги стробы должны иметь прозрачные, либо белые светофильтры, или они могут быть другого цвета в соответствии с требованиями плана обеспечения безопасности, в пределах зоны оповещения или здания. Сила света не должна превышать 1000 кд.

В стандарте NFPA 720-2009 приведены требования по обеспечению функционального тестирования извещателей СО, т.е. должен обеспечиваться не только контроль электроники, но и тест при непосредственном воздействии газа СО (рис. 3). Это важное требование, т.к. только функциональный тест обеспечивает достоверный результат тестирования. Для этого теста обычно используется «консервированный» монооксид углерода СО. Производителям детекторов СО дано время для введения необходимых конструктивных и схмотехнических изменений. Требование функционального тестирования должно выполняться в системах, которые будут устанавливаться после 1 января 2012 года. С этого

времени требуется проведение ежегодного тестирования посредством воздействия газа СО на чувствительный элемент детектора СО. Никакие электронные тесты с использованием кнопок, магнитов, аналоговой величины контролируемого параметра и т.п. не будут отвечать этому требованию и не смогут заменить функциональный тест.

Кроме того, в NFPA 720-2009 введено требование контроля чувствительности каждого детектора СО в процессе эксплуатации, которое вступит в силу с 1 января 2015 года. Этот тест должен будет обязательно проводиться в течение первого года после установки извещателей и далее раз в два года. Если результат второго тестирования детектора СО, т.е. на третьем году эксплуатации, удовлетворяет действующим требованиям и не выходит за пределы диапазона, указанного производителем, то следующий контроль чувствительности может проводиться через 5 лет.

Таким образом, извещатели СО и системы обнаружения угарного газа в США отделены от противопожарных систем. При этом досконально учтена опасность воздействия монооксида углерода СО на человека в сочетании с отсутствием возможности его обнаружения визуально или по запаху, в отличие от очага загорания. Необходимо также отметить, что детекторы СО не рассматриваются в качестве пожарных извещателей. Это объясняется тем, что в большинстве случаев даже значительные концентрации СО возникают при отсутствии пожароопасной ситуации. В этом случае пожарная тревога будет считаться ложной, а угроза здоровью и жизни людей не будет устранена. Необходимость использования детекторов именно для защиты людей детекторы СО подтверждается большим числом жертв в результате отравления угарным газом.

С другой стороны, при использовании детектора СО в качестве газового пожарного извещателя необходимо также учитывать, что СО образуется только в процессе тления материалов, основу которых составляет углерод и при ограничении доступа кислорода – именно эти условия обычно воспроизводятся для демонстрации высокой эффективности извещателей СО.

При открытых очагах наблюдаются незначительные концентрации монооксида углерода СО. Например, в европейском стандарте LPS 1265 по испытаниям пожарных извещателей СО, отмечается, что монооксид углерода СО не может выделяться в количестве достаточном для обнаружения, когда в основном происходит пиролиз материалов, например, перегрев кабеля, или на ранних стадиях горения легко воспламеняющихся жидкостей. Соответственно, газовые пожарные извещатели СО не могут использоваться в зонах, где возможно возникновение открытых очагов. Это значительно ограничивает применение извещателей СО по сравнению с дымовыми пожарными извещателями, которые эффективно обнаруживают и тлеющие очаги и открытое горение.

Все дымовые пожарные извещатели – точечные, линейные и аспирационные проходят испытания по EN54-7, по EN54-12 и по EN54-20 соответственно по четырем типам тестовых очагов: TF2 – тление дерева и TF3 – тление хлопковых фитилей, TF4 – горение полиуретана и TF5 – горение гептана. Эти испытания также приведены в ГОСТ Р 50898-96 «Извещатели пожарные. Огневые испытания». Соответственно пожарные извещатели СО по стандарту LPS 1265 испытываются только по тлеющим очагам TF2 и TF3.

Испытания извещателей проводятся в помещении длиной 9 - 11 м, шириной 6 - 8 м и высотой 3,8 - 4,2 м, в центре которого на полу устанавливаются различ-

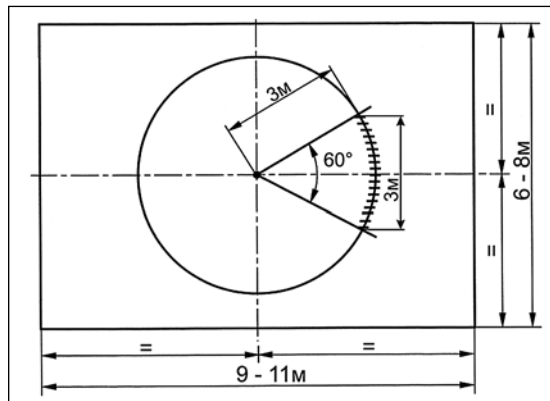


Рис. 4 План тестового помещения

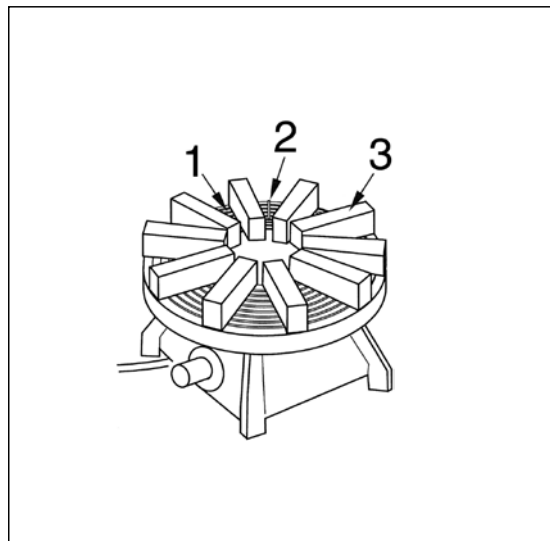


Рис. 5 Вид тестового очага TF2 – тление дерева

ные тестовые очаги. Четыре детектора с минимальной чувствительностью, по испытаниям в аэродинамическом канале СО или дымовом канале, располагаются на перекрытии по окружности на расстоянии 3 м от его центра в секторе 60° (рис. 4). В этой же области размещается труба аспирационного извещателя с одним воздухозаборная отверстием, а остальные отверстия находятся вне тестового помещения. Дымовой линейный извещатель располагается вдоль помещения так, чтобы его оптическая ось находилась на расстоянии 3 м от центра в горизонтальной проекции. Здесь же устанавливаются измерители концентрации СО (ppm), оптической плотности среды  $\tau$  (дБ/м) и температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Очаг TF-2 состоит из 10 сухих буковых брусков (влажность ~5%) размерами 75 x 25 x 20 мм (меньше половины карандаша), расположенных на поверхности электрической плитки диаметром 220 мм, имеющей 8 концентрических пазов глубиной 2 мм и шириной 5 мм (рис. 5). Мощность плитки должна быть примерно 2 кВт, температура 600 $^{\circ}\text{C}$  должна достигаться примерно за 11 мин. Очаг TF-3 состоит из примерно из 90 хлопковых фитилей длиной 800 мм и массой примерно 3 г каждый, подвешенных на проволоочном кольце диаметром 100 мм, закрепленном на штативе на высоте 1 метра над основанием из негорючего материала (рис. 6). Нижние концы фитилей поджигают, чтобы появилось тление со свечением. Открытое пламя должно быть немедленно задано. Дымовые извещатели при сертификационных испытаниях должны активизироваться при удельной оптической плотности  $\tau$  менее 2 дБ/м. По LPS 1265 детекторы СО также должны активизироваться при удельной оптической плотности  $\tau$  менее 2 дБ/м и при концентрации СО для тестового очага TF2 равной 100 ppm, при концентрации СО для тестового очага TF3 равной 150 ppm.

С другой стороны, максимальная чувствительность дымовых извещателей ограничена величиной 0,05 дБ/м, а извещателей СО – величиной 30 ppm по

LPS 1265, чтобы обеспечить отсутствие ложных сигналов при эксплуатации. По НПБ 71-98 «Извещатели пожарные газовые. Общие технические требования. Методы испытаний», чувствительность газовых пожарных извещателей СО должна находиться в пределах от 20 ppm до 80 ppm.

Необходимо отметить сравнительно небольшие концентрации СО, не более 100 и 150 ppm даже при тлеющих тестовых очагах, следовательно, время обнаружения подобных очагов газовыми извещателями СО и дымовыми извещателями практически одинаковы. Оптические дымовые извещатели с чувствительностью в дымовом канале 0,1-0,12 дБ/м при тестовых очагах TF2, TF3 активизируются на уровне порядка 0,6 – 0,8 дБ/м. Этой удельной оптической плотности при тлении дерева (TF2) соответствует концентрация СО порядка 25 ppm (рис. 7), при тлении хлопка (TF3) - порядка 40 - 50 ppm (рис. 8).

Специально для детекторов СО в стандарте LPS 1265 был сконструирован очаг скрытое тление хлопка (рис. 9), который не используется для тестирования дымовых детекторов. Так как номер ему еще не присвоен, назовем его условно TFX. Он состоит из 100% хлопкового полотенца размером 100 см x 50 см, плотностью 540 г/м<sup>2</sup>, которое предварительно высушивается при температуре +40 $^{\circ}\text{C}$  в течение не менее 12 часов. На нем раскладывается оголенный проводник с удельным сопротивлением 4 Ом/м, длиной 2 м, как показано на рис. 5. Полотенце складывается сначала пополам по длинной стороне, затем - по левой и правой сторонам. В результате его размеры составят примерно 30 см x 25 см. При этом внутри полотенца не должны образовываться воздушные прослойки, а концы электрического нагревателя не должны выходить наружу. Высокоомный проводник, вложенный

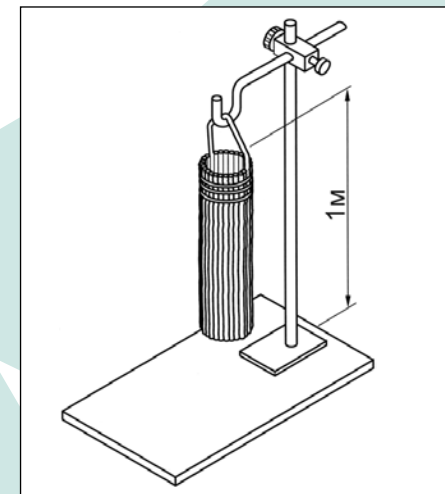


Рис. 6 Вид тестового очага TF3 – тление хлопка

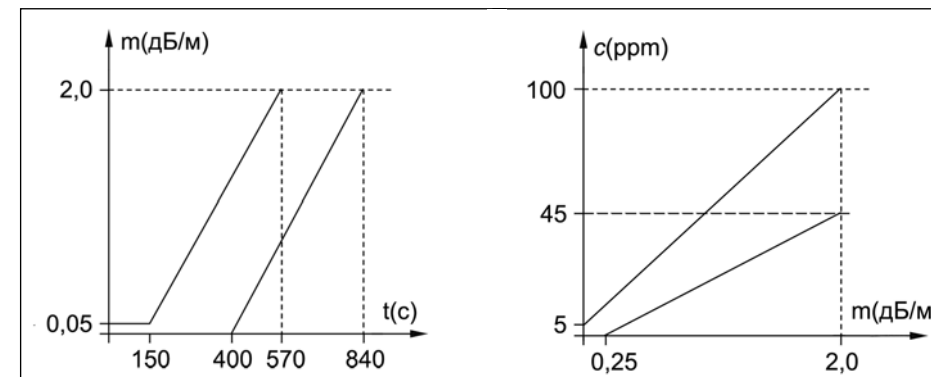


Рис. 7 Удельная оптическая плотность и концентрация СО при испытаниях с очагом TF2

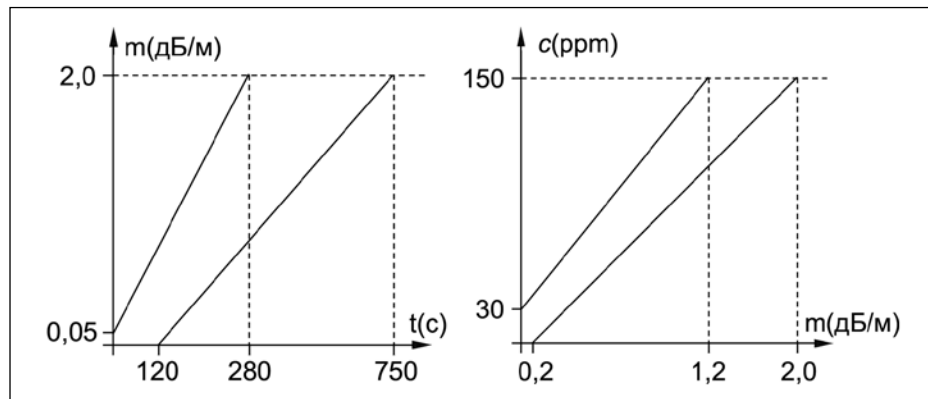


Рис. 8 Удельная оптическая плотность и концентрация  $CO$  при испытаниях с очагом TF3

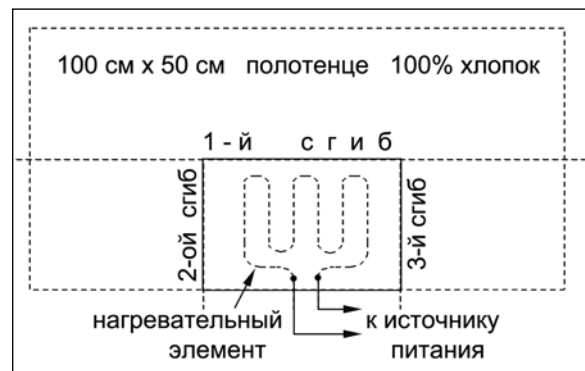


Рис. 9 Тестовый очаг TFX (скрытое тление хлопка)

в полотенце, подключается к источнику питания с постоянным напряжением 20 В и током не менее 5 А. При общем сопротивлении проводника равном 8 Ом, ток будет равен 2,5 А и мощность данного нагревателя примерно составит 50 Вт.

Таким образом, при нагревании проводника происходит тление хлопка при ограничении доступа кислорода, что создает идеальные условия для образования угарного газа  $CO$ . Для этого

тестового очага окончание испытаний фиксируется при концентрации  $CO$  равной 60 ppm. Т.е. все четыре тестируемых детектора должны активизироваться до уровня  $CO$  60 ppm. Испытание длится в течение 12 – 21 мин., за это время удельная оптическая плотность среды достигает величины 0,12 – 0,22 дБ/м (рис. 10).

Эффективное обнаружение очагов такого типа по оптической плотности среды возможно при использовании адресно-аналоговых дымовых извещателей на уровне предварительной тревоги, ультравысокочувствительных аспирационных извещателей класса А по EN54-20, которые активизируются при удельной оптической плотности менее 0,05 дБ/м (табл. 2), когда концентрация  $CO$  еще не достигает 30 ppm, или высокочувствительных аспирационных извещателей класса В, которые активизируются при удельной менее 0,15 дБ/м, что соответствует концентрации  $CO$  порядка 60 ppm.

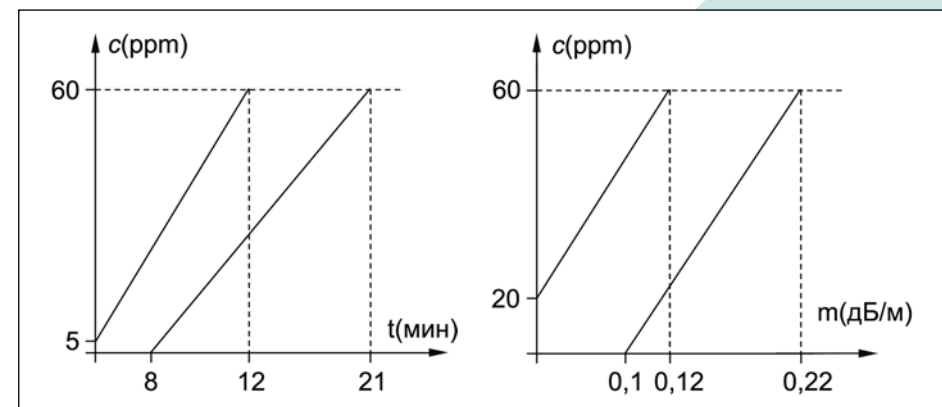


Рис. 10 Тестовый очаг TFX (скрытое тление хлопка)

Таблица 2

Тип	Класс А м, дБ/м	Класс В м, дБ/м	Класс С м, дБ/м
TF2	$\leq 0,05$	$\leq 0,15$	$\leq 2$
TF3	$\leq 0,05$	$\leq 0,15$	$\leq 2$
TF4	-	-	1,27 – 1,73 (фактически, $y \leq 6$ )
TF5	$\leq 0,1$	$\leq 0,3$	0,92 – 1,24 (фактически, $y \leq 6$ )

По действующим в настоящее время НПБ 88-2001\* п. 12.7., «Газовые пожарные извещатели рекомендуется применять, если в зоне контроля в случае возникновения пожара на его начальной стадии предполагается выделение определенного вида газов в концентрациях, которые могут вызвать срабатывание извещателей. Газовые пожарные извещатели не следует применять в помещениях, в которых в отсутствие пожара могут появляться газы в концентрациях, вызывающих срабатывание извещателей». По п. 12.44., «Газовые пожарные извещатели следует устанавливать в помещениях на потолке, стенах и других строительных конструкциях зданий и сооружений в соответствии с инструкцией по эксплуатации этих извещателей и рекомендациями специализированных организаций». В приложении 12 к НПБ 88-2001\* «Выбор типов пожарных извещателей в зависимости от назначения защищаемого помещения и вида горючей нагрузки» отсутствуют рекомендации по применению газовых пожарных извещателей, в том числе и извещателей  $CO$ .

**Вывод: отсутствие в нормативных документах подробных рекомендаций по использованию пожарных извещателей  $CO$  сдерживает их применение для защиты людей от угарного газа. С другой стороны применение извещателей  $CO$  вместо дымовых пожарных извещателей может значительно снизить уровень пожарной защиты.**