

# АСПИРАЦИЯ. ЧАСТЬ 1

## ОПЫТЫ С ХЛОПКОМ

**Неплохов Игорь Геннадьевич**

к.т.н., технический директор ООО «Пожтехника»

**А**спирационные пожарные извещатели в настоящее время широко используются для защиты атриумов, складов, центров обработки данных, информационно-вычислительных центров, и т.д. В общем случае их чувствительность на несколько порядков выше точечных дымовых извещателей (ИПДОТ). Однако эффективность обнаружения малых концентраций дыма различных очагов в значительной степени зависит от типа измерителя оптической плотности среды. В своде правил СП 5.13130 [1] п. 13.1.1 есть рекомендация: «Выбор типа точечного дымового пожарного извещателя рекомендуется производить в соответствии с его чувствительностью к различным типам дымов». В большей мере это требование относится к аспирационным пожарным извещателям, которые в ГОСТ Р 53325-2012 [2] по чувствительности разделены на классы А, В и С. Однако, как правило, информация по чувствительности аспирационных извещателей дается в общем виде, без дифференциации по типам очагов и по размерам частиц дыма. Кроме того, нет полной ясности относительно степени «старения» дыма в трубе аспирационного извещателя длиной порядка 100 м и более.

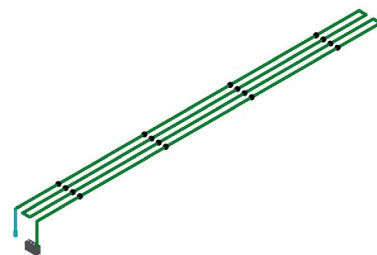
### ОБОРУДОВАНИЕ

Значительное влияние на чувствительность точечных дымовых пожарных извещателей оказывает величина аэродинамического сопротивления дымозахода. Поэтому их испытания по стандартным тестовым очагам ТП-2–ТП-5 проводятся в помещении площадью 70 м<sup>2</sup>, на расстоянии 3 м от очага [2]. Если в дымовом канале, с принудительным воздушным потоком, ИПДОТ срабатывает при удельной оптической плотности порядка 2,5 %/м (0,11 дБ/м), то на тестовых очагах при низких скоростях воздушных потоков сработка при в 10 раз большем задымлении, порядка 20 %/м (1 дБ/м), считается хорошим результатом. У аспирационных извещателей проблема аэродинамического сопротивления отсутствует, так как производится принудительный отбор проб воздуха через отверстия в трубе при использовании аспиратора. Следовательно, для определения эффективности различных измерителей оптической плотности аспирационных извещателей огневые испытания

можно проводить без использования специальных помещений. Для оценки работы аспирационного извещателя в реальных условиях большее значение имеет наличие трубы и ее длина. Считается, что дым вблизи очага состоит из частиц меньшего размера, по сравнению с дымом на большом расстоянии от очага. Со временем частицы дыма сталкиваются друг с другом, слипаются и увеличивается их размер. Если за время транспортировки по трубе частицы дыма успевают «состариться», то реакция аспирационного извещателя на дым, поступающий в начало трубы и в конец трубы, должна быть различной. Исходя из данных предпосылок, в экспериментах будут использоваться трубы различной длины с формированием очагов минимальных размеров вблизи одного воздухозаборного отверстия в трубе, преимущественно вблизи отверстия в заглушке трубы.

В первой части опытов используется труба длиной порядка 100 м, состоящая из четырех горизонтальных участков примерно по 24 м с восемью поворотами на 90° (рис. 1). В трубе имеются 16 воздухозаборных отверстий диаметром Ø3 мм, расположенных на расстоянии 6 м друг от друга и на расстоянии 3 м от поворотов. В заглушке имеется отверстие диаметром Ø6 мм. Очаг располагается вблизи отверстия в заглушке, через остальные отверстия в трубе поступает чистый воздух.

Для данной конфигурации трубы при обеспечении аспиратором разрежения порядка 350 Па аэродинамический расчет определяет суммарную величину воздушного потока около 65 л/мин., время транспортировки порядка 86 с (класс В), величина воздушного потока через отверстие в заглушке примерно



**Рис. 1.** Конфигурация трубы аспирационного извещателя. Точками обозначены отверстия в трубе

6,6 л/мин., что составляет 10,1% суммарного воздушного потока. Соответственно дым, поступающий через отверстие в заглушке, разбавляется чистым воздухом через остальные отверстия в трубе примерно в 10 раз. При увеличении разрежения до 760 Па, по расчету суммарная величина воздушного потока возрастает до 97 л/мин. Воздушный поток через отверстие в заглушке увеличивается до 10,8 л/мин., что составляет 11,1% суммарного воздушного потока. При этом расчетное время транспортировки сокращается до 59 с (класс А). Вычисленные значения немного отличаются от полученных экспериментально, поскольку при расчете в структуре трубы не были учтены дополнительные вставки отрезков труб, в которых были просверлены отверстия, за счет этого реально труба имеет большую длину и в 2 раза большее количество муфт, что повышает турбулентность воздушно-го потока.

## ТЕСТОВЫЕ ОЧАГИ

Один из стандартных тестов по ГОСТ Р 53325-2012 для дымовых извещателей – тление хлопковых фитилей со свечением. При тлении хлопка отсутствует этап развития очага, тление фитиля происходит линейно во времени, что удобно при проведении опытов. Кроме того, наблюдается достаточно хорошая стабильность дымовыделения хлопкового фитиля, что позволяет проводить сравнение результатов экспериментальных исследований, проведенных в разное время с измерителями оптической плотности разного типа. Используется свечной хлопковый фитиль, который состоит из 10 ниток (рис. 2), что позволяет формировать различные концентрации дыма. Удельная оптическая плотность дыма при тлении фитиля, по сравнению с тлением одной нитки увеличивается примерно в 4 раза, а не в 10 раз, как, казалось бы, должно было быть на первый взгляд. Нитки в фитиле плотно скручены, за счет чего скорость тления снижается примерно в 2,5 раза, по сравнению со скоростью тления одной нитки. В результате чего, в единицу времени фитиль из 10 ниток образует пример-



Рис. 2. Хлопковый фитиль свит из 10 ниток

но в 4 раза больше дыма по сравнению с одной ниткой.

Для поступления дыма только в отверстие заглушки трубы и для исключения распространения дыма в помещении, хлопковый фитиль помещается в коробку размером 255 x 95 x 95 мм с открытой нижней стенкой (рис. 3). Заглушка трубы с воздухозаборным отверстием диаметром  $\varnothing 6$  мм соединена с верхней стенкой коробки (рис. 4). Таким образом, при тлении фитиля или нитки, весь дым поднимается в верхнюю часть коробки и затягивается в трубу.

Благодаря достаточно большому сечению коробки воздушный поток, поступающий в отверстие в заглушке, практически не оказывает влияния на режим тления фитиля и не отличается от тления в свободном пространстве. Для изменения режима тления фитиля он помещается в металлическую трубку с внутренним диаметром  $\varnothing 10$  мм длиной 90 мм (рис. 5), в которой формируется воздушный поток со скоростью около 2,5 м/с. Увеличение притока кислорода к очагу вызывает повышение его температуры, о чем говорит увеличение яркости свечения фитиля. Соответственно изменяется структура дыма, предположительно при этом выделяются частицы дыма меньшего размера. Так же за счет воздушного потока примерно на 20% повышается скорость тления фитиля и, соответственно, увеличивается дымовыделение.

После определения основных закономерностей при тлении хлопкового фитиля в различных режимах, с образованием частиц дыма различного диаметра и трубами различной длины, планируется исследование широкого спектра очагов: перегрев кабеля различной длины, резисторов, тление брусков дерева и ДСП, тление ПВХ кабель-каналов и труб из полиэтилена, поролона, паласа, линолеума и т.д. В отличие от тления хлопкового фитиля при нагреве различных материалов на электроплитке режим тления и характеристики дыма изменяются в процессе развития очага при изменении температуры нагрева. Что создает дополнительные сложности при проведении экспериментов.

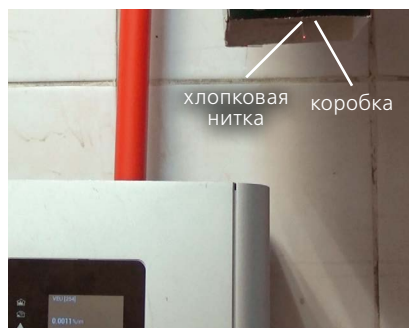


Рис. 3. Тление хлопковой нитки в коробке

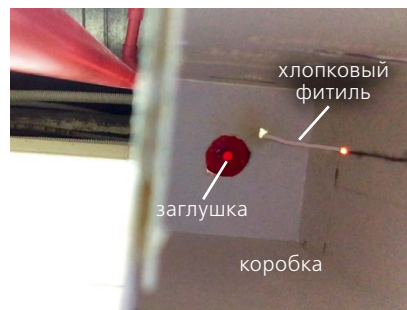


Рис. 4. Тление хлопкового фитиля в коробке (вид снизу)



Рис. 5. Тление хлопкового фитиля в трубке  $\varnothing 10$  мм

## СЕРИЯ ОПЫТОВ 1

Первая серия опытов проводится с использованием измерителя удельной оптической плотности среды с коротковолновым лазером, с длиной волны не более 460 нм (0,46 мкн).. На рисунке 6 приведен график изменения удельной оптической плотности при тлении одной хлопковой нитки. Несмотря на то, что при тлении хлопка развития очага нет, т.е. с начала до конца тления нитки в трубу через отверстие в заглушке поступает постоянное количество дыма, на выходе трубы наблюдается не скачкообразное, а плавное нарастание концентрации дыма. Происходит это из-за того, что скорость воздушного потока в сечении трубы не постоянная. В трубе аспирационного извещателя, так же как в воздуховодах, воздушный поток, проходящий по центру, имеет максимальную скорость, а ближе к стенкам скорость снижается. Соответственно, дым в трубе «растягивается», сначала в аспирационный извещатель поступает тонкая струйка дыма, протянутая аспиратором по центру трубы. Затем постепенно подтягиваются слои дыма, двигающиеся с меньшими скоростями вблизи стенок трубы, и происходит плавное увеличение концентрации дыма. Одновременно из-за движения дыма с различными скоростями происходит перемешивание дыма по всей длине трубы, в результате чего значительно снижается эффект «клубления» дыма, который всегда присутствует при развитии стандартных тестовых очагов в помещении.

Концентрация дыма в дежурном режиме до начала испытаний была на уровне 0,0012–0,0015 %/м, первые признаки



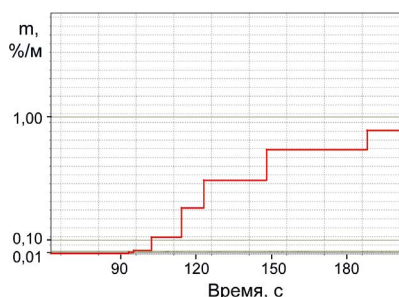


Рис. 6. Оптическая плотность дыма при тлении хлопковой нитки

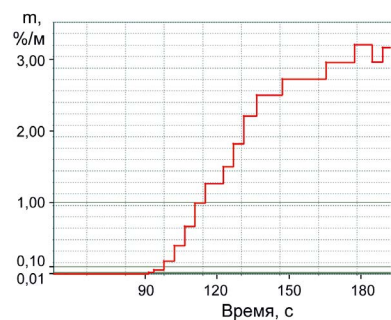


Рис. 7. Оптическая плотность дыма при тлении хлопкового фитиля

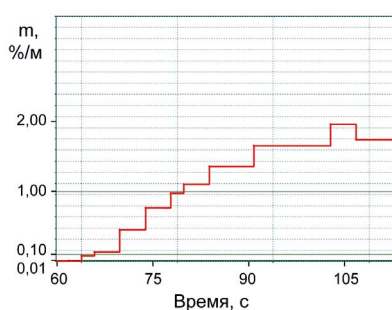


Рис. 8. Оптическая плотность дыма при тлении хлопкового фитиля с повышенной мощностью aspirатора

дыма на уровне 0,0058 %/м появляются через 90 с от размещения тлеющей нитки в коробке, время транспортировки до срабатки порога «Внимание» на уровне 0,01 %/м равно 93 с. Через 60 с после появления дыма удельная оптическая плотность достигает уровня 0,8 %/м.

На рисунке 7 приведен график изменения удельной оптической плотности во времени при тлении хлопкового фитиля. Концентрация дыма в дежурном режиме до начала испытаний была на уровне 0,0013–0,0017 %/м. Здесь также наблюдается плавное нарастание концентрации дыма, первые признаки дыма на уровне 0,0062 %/м появляются через 90 с, время транспортировки до срабатки порога «Внимание» на уровне 0,01 %/м равно 91 с. Примерно через 60 с после появления дыма удельная оптическая плотность достигает уровня 2,8 %/м, что в 3,5 раза больше по сравнению с тлением нитки.

Ниже приведены результаты испытаний с тлением хлопкового фитиля (рис. 8)

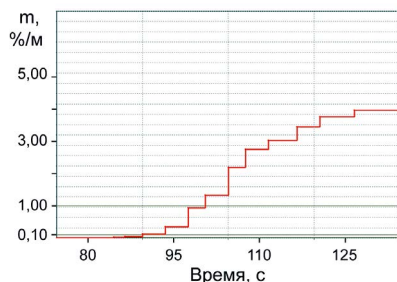


Рис. 9. Оптическая плотность дыма при тлении хлопкового фитиля в трубке

при увеличении разрежения aspirатора до 760 Па. Это позволяет реально сократить время транспортировки до 64 с. Расчетная величина воздушного потока через отверстие в заглушке увеличивается до 10,8 л/мин. Измеренный воздушный поток aspirатора повышается в 1,4 раза, с 66,4 л/мин. до 94,6 л/мин. При этом скорость тления фитиля остается прежней, и прохождение большего воздушного потока через отверстие в заглушке приводит к пропорциональному снижению концентрации дыма.

На рисунке 9 приведен график изменения удельной оптической плотности при тлении хлопкового фитиля в трубке с внутренним диаметром  $\varnothing 10$  мм при разрежении aspirатора 350 Па. Первые признаки дыма на уровне 0,0075 %/м появляются через 80 с, время транспортировки до срабатки порога «Внимание» на уровне 0,01 %/м равно 86 с.

Можно отметить повышение измеренной величины концентрации дыма примерно до 3,9 %/м, что почти в 1,4 раза больше по сравнению с тлением хлопкового фитиля в коробке. Это объясняется увеличением скорости тления фитиля и, соответственно, выделением большего объема дыма при наличии воздушного потока в трубке порядка 2,5 м/с. Необходимо отметить, что в случае использования измерителя с синим лазером, с длиной волны не более 460 нм, воздействие дыма с частицами меньшего размера не приводит к снижению чувствительности.

## СЕРИЯ ОПЫТОВ 2

Вторая серия опытов проводилась с измерителем оптической плотности среды, выполненным на базе точечного дымового пожарного извещателя со свето- и фотодиодами инфракрасного диапазона. Кроме того, имеется полупроводниковый сенсор монооксида углерода CO, что позволяет определить соотношение аэрозолей и газов при движении дыма по трубе aspirационного извещателя. Длина трубы, количество отверстий и диаметры отверстий остаются без изменений.

На рисунке 10 приведен график изменения оптической плотности и концентрации CO при тлении одной хлопковой

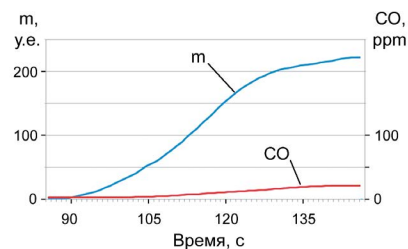


Рис. 10. Оптическая плотность дыма и концентрация CO при тлении хлопковой нитки

нитки в коробке. Как и в первом опыте, наблюдается исключительно плавное нарастание концентрации дыма и монооксида углерода на выходе трубы длиной 100 м. Отсутствие дискретизации объясняется значительно меньшим дискретом измерений, порядка 1 с. Концентрация дыма в дежурном режиме до начала испытаний равна 0 условных единиц, концентрация монооксида углерода на уровне 3,3–3,5 ppm. Первые признаки появления дыма, на уровне 2–4 условных единиц, наблюдаются примерно через 90 с от размещения тлеющей нитки в коробке. Время транспортировки по уровню вероятности пожара 10% около 97 с, а минимальные изменения концентрации CO, до 4–5 ppm, появляются только через 105–107 с, т.е. с задержкой на 15–17 с относительно появления дыма (рис. 10). Совершенно очевидно, что продукты тления хлопка со свечением в виде твердых частиц, аэрозолей и газов поступают в трубу aspirационного извещателя одновременно. При движении в трубе дым «растягивается», и минимальные концентрации эти составляющих одновременно достигают измерителя оптической плотности и измерителя концентрации CO. Однако за счет более низкого фона и большей чувствительности измерителя оптической плотности изменения концентрации дыма фиксируются значительно раньше. Таким образом, мультикритериальные возможности при совместной обработке этих двух факторов могут быть реализованы только при значительных концентрациях дыма.

На рисунке 11 приведен график изменения оптической плотности и концентрации CO при тлении хлопкового фитиля в

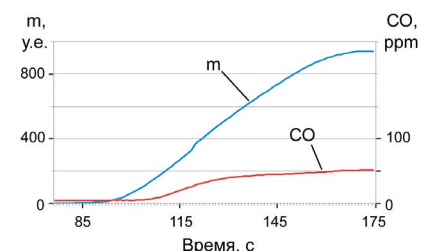


Рис. 11. Оптическая плотность дыма и концентрация CO при тлении хлопкового фитиля

коробке. Концентрация дыма в дежурном режиме на уровне 0 – 1 условных единиц, концентрация монооксида углерода 4,2 – 4,7 ppm. Первые признаки появления дыма, на уровне 3 – 5 условных единиц, наблюдаются примерно на 5 с раньше по сравнению с предыдущим тестом за счет большей концентрации дыма в отверстии в заглушке. Время транспортировки по уровню 10% около 93 с. Уровни концентрации CO порядка 5–7 ppm появляются только через 101–105 с, т.е. с задержкой на 16–20 с относительно появления дыма (рис. 11). К этому времени оптическая плотность дыма увеличивается до 92–143 условных единиц. Через 175 с рост концентрации дыма прекращается, достигнув оптической плотности, равной 943 условным единицам, и концентрации CO, равной 51,6 ppm.

Увеличить мощность данного аспиратора не представляется возможным ввиду технических ограничений, по этой причине в отличие от опыта 1 сразу переходим к тлению фитиля в трубке.

На рисунке 12 приведен график изменения удельной оптической плотности и концентрации CO при тлении хлопкового фитиля в трубке с внутренним диаметром Ø10 мм. Концентрация дыма в дежурном режиме до начала испытаний равна 0 условных единиц, концентрация монооксида углерода на уровне 2,4 – 2,6 ppm. Первые признаки появления дыма, на уровне 3–5 условных единиц, наблюдаются примерно через 96 с от начала теста, что объясняется зна-

чительно более низким уровнем измеренной оптической плотности. Время транспортировки по уровню 10% около 102 с. Концентрация CO возрастает до 5 – 7 ppm через 108 с, т.е. с задержкой на 12 с относительно появления дыма (рис. 12), к этому времени оптическая плотность дыма увеличивается до 48 – 52 условных единиц.

Примерно через 150 с от начала теста, или через 45 с от появления первых признаков дыма, рост оптической плотности и концентрации CO замедляется, достигнув уровней 147 условных единиц и 77,7 ppm соответственно. По сравнению с тлением фитиля в коробке концентрация CO увеличилась примерно в 1,5 раза, что может быть объяснено более интенсивным тлением хлопка. Но при этом измеренная оптическая плотность снизилась более чем в 6 раз, несмотря на повышение интенсивности тления фитиля. Этот эффект требует более тщательного рассмотрения в дальнейшем. Вероятно, здесь наблюдается резкое падение чувствительности оптико-электронного измерителя инфракрасного диапазона с длиной волны порядка 950 нм (0,95 мкм) по дымам с размерами частиц менее 0,5 – 1 мкм. При сравнении чувствительности точечных дымовых извещателей различных диапазонов отмечалось, что на частицах дыма диаметром менее 0,2 мкм интенсивность рассеяния инфракрасного света в 15 раз ниже интенсивности рассеяния синего света [3].

В следующих частях статьи будут изложены результаты проведения аналогичных опытов с хлопком при использовании измерителей оптической плотности других типов. Также будет развиваться тема с различными режимами тления хлопкового фитиля, при различных скоростях воздушных потоков, с трубками различного диаметра. Для исключения из рассмотрения эффекта «старения» дыма в трубах длиной 50 – 100 м с временем транспортировки 60–120 с будет проведено сравнение с результатами испытаний с длиной трубы порядка 7 м, с временем транспортировки около 10 с.

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Дым в трубе аспирационного извещателя «растягивается». При скачкообразном повышении оптической плотности среды на входе трубы, на входе трубы наблюдается постепенное увеличение концентрации дыма. Время нарастания концентрации дыма сравнимо с временем транспортировки дыма.

2. Время транспортировки проб воздуха по трубе аспирационного извещателя сокращается при повышении чувствительности измерителя оптической плотности среды и при воздействии большей концентрации дыма.

3. При прохождении дыма через трубу аспирационного извещателя происходит перемешивание объемов дыма, поступающих в трубу в различные интервалы времени, что снижает до минимума эффект «клубления» дыма.

4. Высокая чувствительность измерителя оптической плотности среды в аспирационном извещателе определяет задержку обнаружения изменения концентрации монооксида углерода при тлении хлопка на 15 – 20 с, что значительно снижает эффективность использования мультикритериальных алгоритмов.

5. Тление хлопкового фитиля при разных скоростях воздушного потока обеспечивает формирование дымов с различными диаметрами частиц, что позволяет проводить сравнение эффективности измерителей оптической плотности различного типа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Свод правил СП 5.13130 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования».
2. ГОСТ Р 53325-2012 «Техника пожарной. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний».
3. Неплохов Игорь. Развитие дымовых извещателей // Грани безопасности. 2008. № 5 (53).

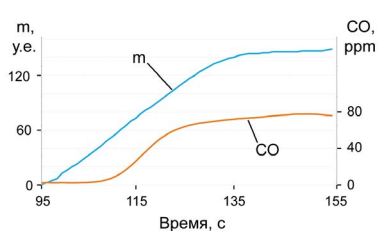


Рис. 12. Оптическая плотность и концентрация CO при тлении хлопкового фитиля в трубке

## НОВОСТИ

Axis Communications объявила о том, что самые популярные линейки камер компании для транспортной сферы получили сертификат ФКУ НПО «СТИС» МВД России. Сертификация регламентирует список продукции, которая соответствует требованиям и стандартам качества Постановления Правительства Российской Федерации № 969 от 26.09.2016 по обеспечению транспортной безопасности. Продукты серий Axis M11, M20, P12, P14, Q16, M30, M31, P31, P33, P39,

получившие сертификацию, способны решить все задачи с которыми сталкиваются службы безопасности на государственных и коммерческих объектах транспортной инфраструктуры. Большой спектр технологий видеоналитики дает возможность настроить камеры в зависимости от задачи: от фиксации номера автомобиля при пересечении им пешеходного перехода на красный свет и до распознавания лиц в больших залах аэропортов.