

С.Д. Муравьев канд. техн. наук, ст. науч. сотр., (ЗАО «Специнжналадка АСУ», г.Харьков)  
А.В. Бабич, (Вооруженные силы Украины, г.Харьков)

## ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВОЗГОРАНИЙ

Приведены основополагающие требования к системе раннего обнаружения процессов термической активности. Проведен сравнительный анализ выпускаемых в Украине приборов газового контроля, которые могут быть использованы для раннего обнаружения возгораний по микроконцентрации оксида углерода. Рассмотрен вопрос защиты газочувствительных элементов от пыли и влаги (лабиринтное устройство, самоочищающийся фильтр). Приведены результаты промышленной апробации защищаемых элементов.

**Ключевые слова:** возгорание, раннее обнаружение, приборно-аппаратная база, пороги срабатывания, механизм назначения порогов, защита чувствительных элементов.

**Постановка проблемы** заключается в раннем обнаружении процессов термической активности продуктов растительного происхождения, т.е. до возгорания.

Для решения задачи предупреждения возгораний необходимо иметь ответы на ряд вопросов (**задачи исследования**):

- принцип построения системы безопасности;
- наличие приборно-аппаратной базы;
- методический аппарат эффективного использования приборно-аппаратной базы;
- возможность защиты чувствительных элементов от внешних воздействий (пыли и влаги).

**Основной материал.** В процессе нагрева любое горючее вещество выделяет газы [1, 2].

Показательным (индикаторным) газом является оксид углерода (СО).

Поэтому сигнализация может быть построена на принципе регистрации в свободной полости СО, выделяющегося в процессе термической активности [3]. В этом случае она способна выполнять функции не только пожарной, но и предупредительной сигнализации.

При этом время опережения обнаружения возгорания  $t_{on}$  в значительной мере зависит от чувствительности (номинальное значение сигнальной концентрации) газоанализатора  $r_c$  (рис. 1) [4,5].

Поэтому является естественным стремление иметь прибор газового контроля максимальной чувствительности, но с порогом срабатывания выше фонового значения СО, что обеспечит раннее обнаружение процесса термической активности.

Для реализации принципа построения системы безопасности в стране и создана приборно-аппаратная база [6].

В настоящее время в Украине имеется пять предприятий, которые выпускают сигнализаторы-анализаторы оксида углерода: АО «Укрналит» (г. Киев), Днепропетровское отделение НИИ горноспасательного дела

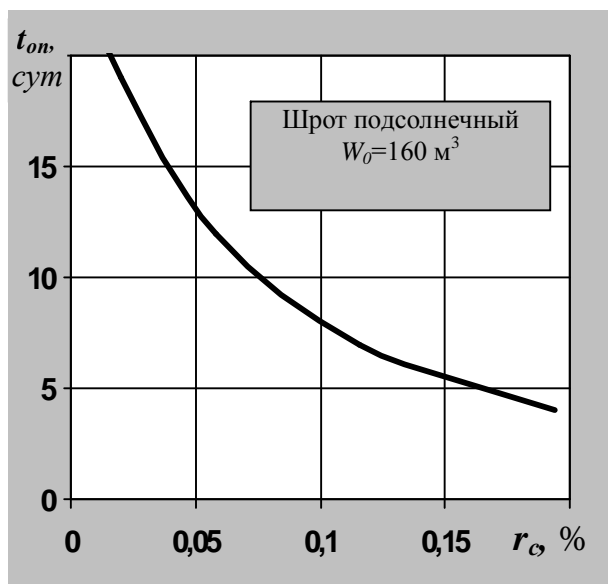


Рис. 1. Зависимость времени опережения обнаружения самовозгорания от чувствительности системы контроля

(ДО НИИГД), НПО «РОСС» (бывшее ЗАО «Харьковское ОКБА «Химавтоматика»), АО «ТЕМИО» (г. Киев) и НПП, «Орион» (г. Харьков).

Технические характеристики приборов приведены в таблице 1.

**Таблица 1**

*Перечень приборов контроля микроконцентрации СО*

Наименование прибора	Порог включения, ppm	Макс. количество каналов	Диапазон рабочих температур, °С	Изготовитель
Сигнализатор газа бытовой СГБ-1	50-100 **)	1	+1 +40	НПО «РОСС»
Сигнализатор ЗОНД-1 *)	17-50 **)	1	+1 +50	
Газосигнализатор 621 ЭХ02	17	1	-30 +40	АО «Укрналит»
Сигнализатор газа ВАРТА 1-03	50	4	+1 +40	АО "ТЕМИО"
Газочувствительный датчик *)	10	1	+1 +50	ДО НИИГД
Сигнализатор-анализатор «ДОЗОР»	10	8	-40 +50	НПП «Орион»

**Условные обозначения:**

\*) – переносные;

\*\*\*) – в зависимости от модификации.

Как следует из данных таблицы 1 приборы газового контроля подразделяются на стационарные и переносные, одно- и многоканальные. Стационарные приборы обеспечивают непрерывный контроль содержания СО в атмосфере и могут быть использованы в системах автоматической пожарной сигнализации. Переносные приборы целесообразно применять для оперативного периодического контроля газовой среды в свободном объеме помещения. Периодичность замеров определяется временем опережения обнаружения возгорания продукта.

Анализ характеристик стационарных приборов позволяет отдать предпочтение сигнализатору-анализатору «ДОЗОР»: во-первых, его чувствительность в 2-5 раз выше, чем у сигнализатора СГБ-1 и ВАРТА, во-вторых, СГБ-1 и ВАРТА предназначены для применения в коммунально-бытовых и жилых помещениях и их использование в производственных условиях без доработки проблематично. Кроме того, сигнализатор «ДОЗОР» превосходит указанные аналоги по числу каналов.

Таким образом, проведенный анализ приборов газового контроля, выпускаемых в Украине, позволяет сделать следующие выводы:

1. Предприятиями Украины освоен серийный выпуск сигнализаторов, пригодных для раннего обнаружения по микроконцентрации оксида углерода возгораний.

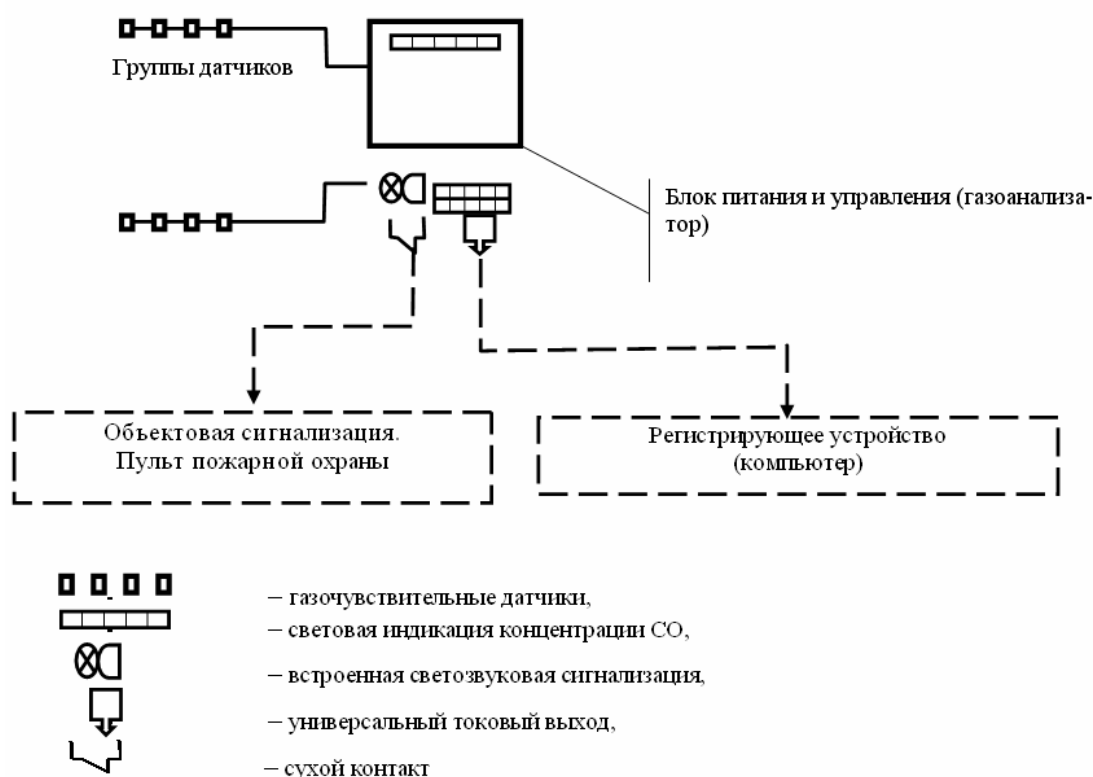
2. В наибольшей мере предъявляемым требованиям отвечают, на наш взгляд, приборы НПО «Орион»: сигнализатор-анализатор оксида углерода «ДОЗОР» (для систем автоматической пожарной сигнализации) и портативный сигнализатор СО «ДОЗОР-П» (для оперативного периодического контроля газовой среды в свободном объеме помещения).

В настоящее время налажен серийный выпуск трехпороговых приборов с защитой IP-65. По первому порогу (предупредительный) сигнал опасности может быть подан оператору для принятия решения; по второму – обслуживающему персоналу и оператору (для принятия решения по предотвращению аварии); по третьему (сигнал боевой тревоги) – обслуживающему персоналу, оператору, руководству предприятия и в подразделения (на пульте) МЧС.

Возможно применение и других приборов для построения систем раннего обнаружения процессов термической активности.

На рынок Украины поступают модификации газоанализаторов импортного производства, которые необходимо сертифицировать (нормативное требование), а также учитывать соотношение «технические возможности – ремонтпригодность (условия ремонта или замены) – стоимость».

Казалось бы, имеется возможность строить автоматические системы безопасности на принципе регистрации концентрации СО, применяя отечественную приборную базу. И все вроде бы просто (рис. 2, схема упрощена): берем многоканальный газоанализатор, размещаем датчики в соответствии со схемой покрытия, используем токовый выход для передачи сигнала на пульт МЧС и объектовой сигнализации и получаем общий подход по построению системы.



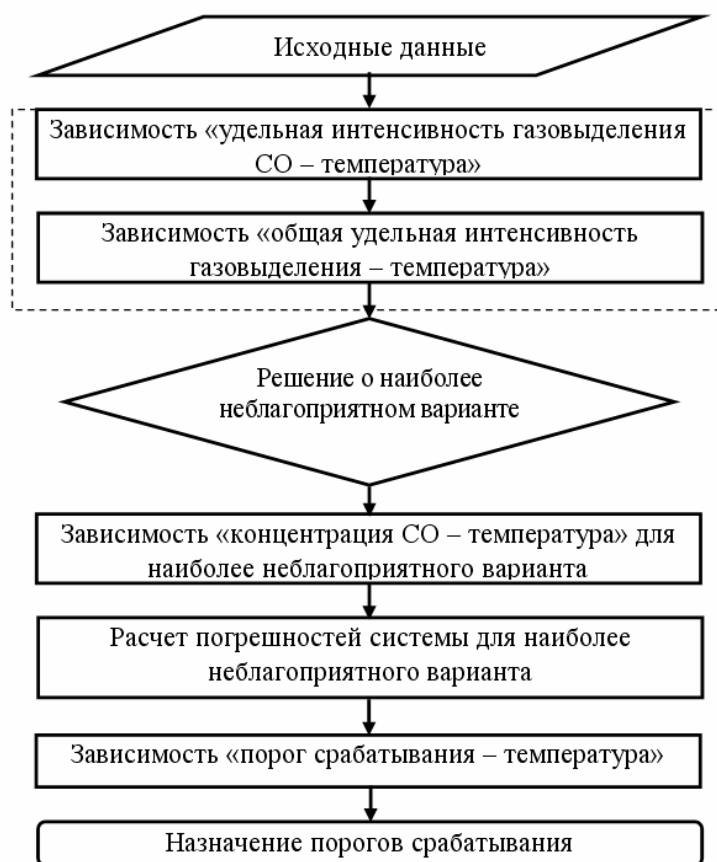
**Рис. 2.** Принципиальная схема системы безопасности

Однако, построение системы раннего обнаружения процесса возгорания по контролю газовой среды в помещении или свободном объеме (микрконцентрация оксида углерода) предопределяет назначение порогов ее срабатывания. Вопрос непростой и далеко не праздный, поскольку от этого зависит работоспособность и эффективность системы: при неправильном назначении порогов возможны либо ложные срабатывания, либо запоздалое обнаружение процесса.

Назначения порогов срабатывания системы АПС состоит из нескольких основных этапов процедуры их расчета, представленных на рис. 3 [7].

Исходными данными для проведения расчетов порогов срабатывания являются: краткое описание конструкции помещения и технологического процесса, виды находящихся материалов и оборудования, их физико-механические характеристики и показатели пожарной

опасности, расчетный коэффициент загрузки, диапазон температур в районе расположения объекта, характеристики приборов газового контроля.



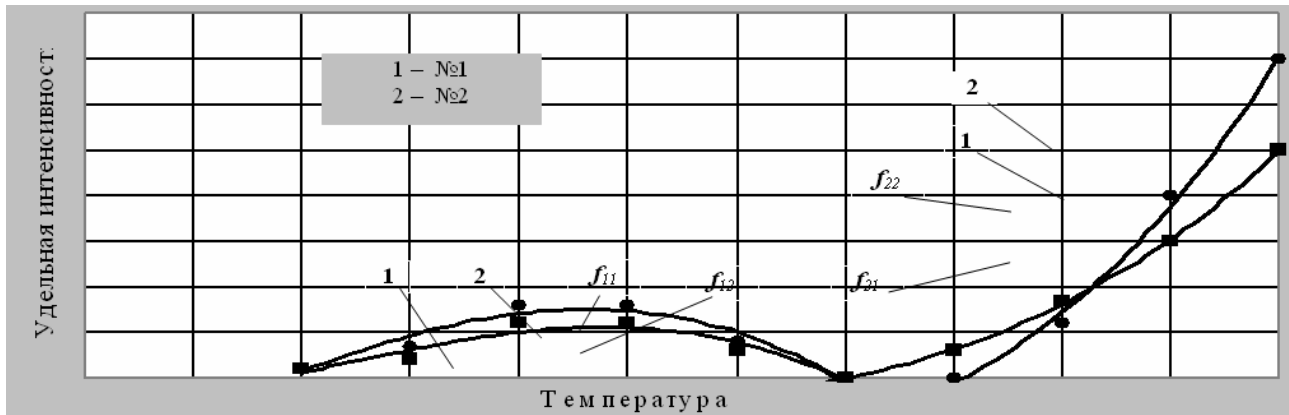
**Рис. 3.** Порядок расчета порогов срабатывания

Ключевым моментом расчета порогов срабатывания системы АПС является получение зависимостей «удельная интенсивность газовыделения СО – температура» и «общая удельная интенсивность газовыделения – температура». Такие зависимости необходимо иметь для всех видов материалов, в т.ч. для термоокислительной (с избытком кислорода воздуха) и термической (с недостатком кислорода) деструкции.

Если диапазон влажности колеблется (превышает 3 %), то необходимо иметь кривые для максимальной и минимальной влажности. Таким образом, в общем случае, для каждого вида продукта необходимо получить 4 кривых «удельная интенсивность газовыделения СО – температура» и столько же для – «общая удельная интенсивность газовыделения – температура».

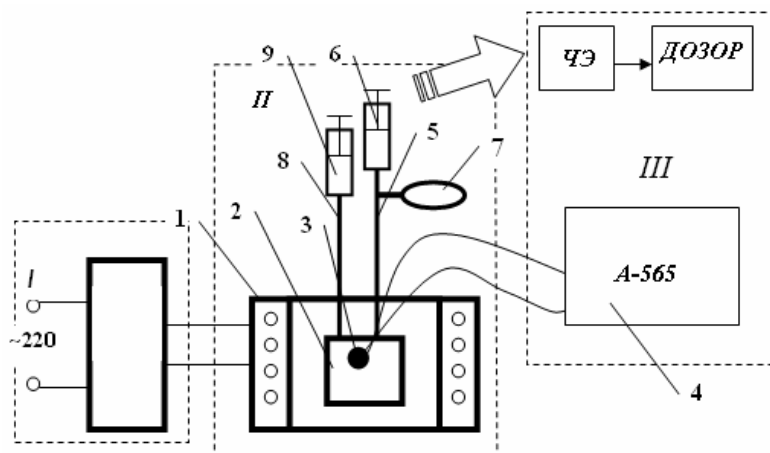
Исследование газовыделения можно произвести на экспериментальной установке [8], вариант которой приведен на рис. 4, позволяющей получить достоверный результат.

Не описывая методику проведения эксперимента, отметим, что в результате строится график зависимостей (по участкам) «удельная интенсивность газовыделения СО – температура» для каждого вида сырья –  $f_{ij}(T)$  (первый индекс – номер участка, второй – номер продукта) (рис. 4).



**Рис. 4.** Схематичный график зависимостей «удельная интенсивность газовыделения CO – температура» для двух видов РС

Аналогичным образом экспериментально получают зависимости «общая удельная интенсивность газовыделения – температура»  $f_{ij\Sigma}(T)$ . Зависимости  $f_{ij}(T)$  и  $f_{ij\Sigma}(T)$  являются необходимыми для дальнейших расчетов, но по ним нельзя принять решение о наиболее неблагоприятных, с точки зрения обнаружения, видах продукта. Например, на первом участке интенсивность газовыделения продукта №2 выше, чем №1, однако, если пожароопасный рост температуры второго продукта больше (примем такую версию), то при достижении определенной температуры количество генерируемого продуктом №1 оксида углерода может оказаться большим. Поэтому необходимо иметь для всех видов зависимости «концентрация CO – температура» при самых неблагоприятных условиях, что позволит обнаружить процесс нагревания при любых других. Далее для каждого вида технологического процесса (условно-герметичное помещение, периодически проветриваемое, постоянно вентилируемое) строится математическая модель газовой воздухообмена, исходя из которой получают зависимости «концентрация CO – температура» (рис. 6), анализируя которые принимается решение о виде продукта, который является определяющим при назначении порогов срабатывания системы. В рассматриваемом случае, от температуры начала генерации до некоторой температуры  $T$ , следует пользоваться данными второго продукта, а далее – первого.



**Рис. 5.** Схема экспериментальной установки:

**I – узел питания, II – узел деструкции, III – блок контроля и регистрации,**  
 1 – печь, 2 – капсула, 3 – термопара, 4 – прибор А 565, 5 – трубка для отбора проб, 6 – пробоотборник, 7 – накопитель, 8 – трубка для принудительной подачи воздуха, 9 – устройство для подачи воздуха

Избранную компилированную кривую 1 (рис. 7), для исключения запоздалого срабатывания, следует сместить вниз на величину погрешности системы обнаружения (кривая 2) и ограничить область выбора порогов срабатывания величиной чувствительности (линия 3), скорректированной вверх на величину погрешности аппаратной базы (линия 4) для исключения ложного срабатывания.

При определении погрешности системы контроля должны быть учтены и основная погрешность, и дополнительная, вызванные изменением температуры окружающей среды.

Точка пересечения линий 2 и 4 определяет первый порог срабатывания  $P_{min}$  и соответствующую ему температуру в очаге нагревания  $T_{min}$ , а величина максимально допустимой температуры  $T_{max}$  – второй (третий) порог срабатывания  $P_{max}$ .

Если по условиям технологического процесса в контролируемой полости может содержаться концентрация CO, превышающая чувствительность системы, то первый порог срабатывания следует повысить на величину их разности.

Так решается задача при назначении порогов срабатывания системы безопасности.

Одним из сдерживающих факторов в реализации метода защиты по концентрации оксида углерода – необходимость исключения попадания пыли на чувствительные элементы приборов газового контроля, т.к. они могут быть расположены либо в интенсивном пылегазовоздушном потоке (выхлопной тракт мельниц, зерносушильные агрегаты), либо в помещениях с постоянным (мельничные цеха), или периодическим наличием пыли в состоянии аэрозвеси [9].

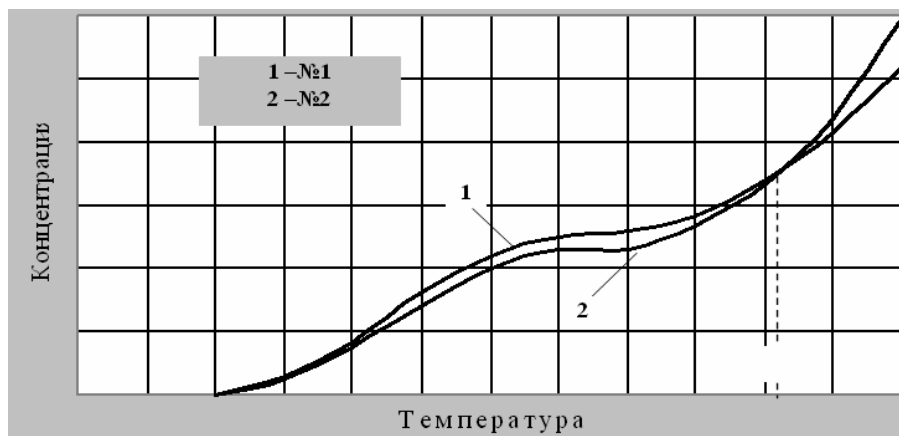


Рис. 6. Схематичный график зависимостей

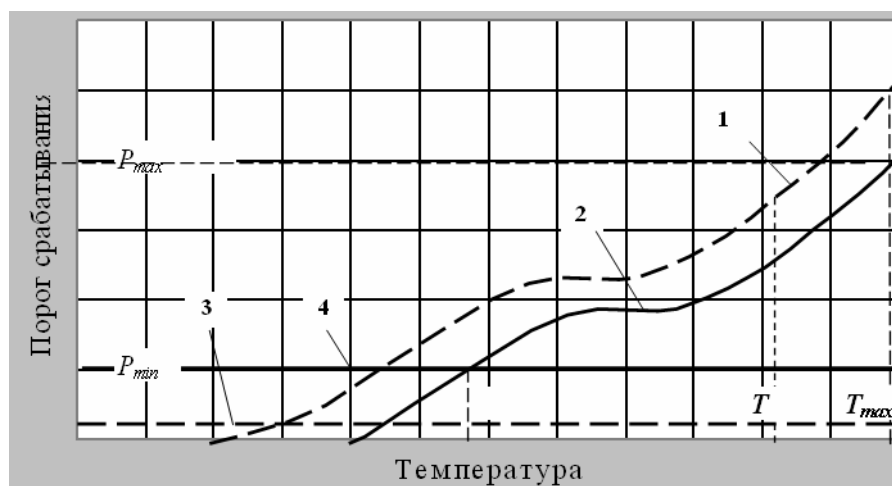
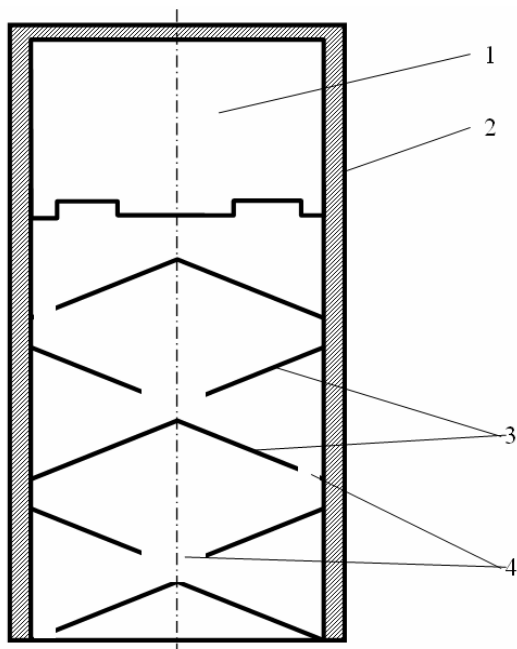
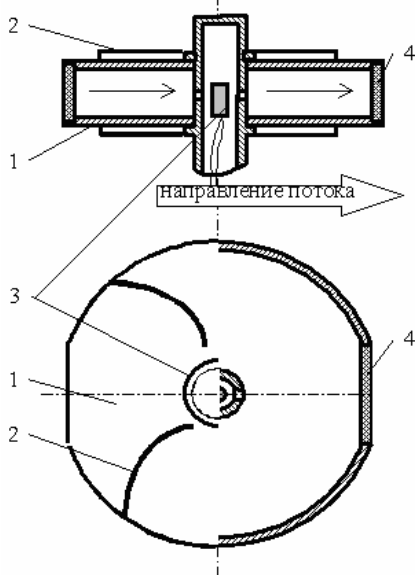


Рис. 7. Схематичный график зависимостей



**Рис. 8.** Схема лабиринтной защиты:

1 – датчик, 2 – корпус, 3 – конические пластины, 4 – отверстия в пластинах



**Рис. 9.** Схема самоочищающегося фильтра:

1 – корпус, 2 – лопасть, 3 – известь, 4 – окна

Для защиты датчиков от воздействия пылевоздушного облака предложено устройство лабиринтного типа (рис. 8). Натурные испытания устройства показали его способность защищать газочувствительный элемент не только от пыли, но и от струй воды.

Обеспечение работоспособности чувствительного элемента в интенсивном пылегазовоздушном потоке предложено осуществлять с помощью самоочищающегося фильтра (рис. 9). Осуществление очистки фильтрующих элементов производится за счет центробежной силы и напора газовой среды, проходящей через фильтр.

Модель фильтра была установлена в одном из выхлопов мельницы на Винницком комбинате хлебопродуктов № 2. После месячной эксплуатации, несмотря на загрязненность мучной пылью корпуса, прозрачность по воздуху фильтрующих элементов была сохранена.

#### **Выводы (научная новизна).**

1. Предложен вариант решения проблемы раннего обнаружения процессов термической активности (до возгорания или возгорание на начальной стадии).
2. Внедрение на предприятиях метода регистрации микроконцентрации CO, показало его обоснованное «право на жизнь».
3. Проанализирована приборно-аппаратная база, позволяющая реализовать на практике метод раннего обнаружения аварийных ситуаций по контролю состояния газовой среды.
4. Предложена процедура принятия решения (определение порогов срабатывания системы безопасности.)
5. Предложены апробированные устройства для защиты исполнительных элементов систем безопасности от воздействия пыли и влаги.
6. Результаты исследования могут быть распространены не только на предприятия хранения и переработки растительного сырья, но и на предприятия смежных отраслей.

#### **Список литературы:**

1. Вогман Л.П. Пожаровзрывобезопасность процессов хранения сельскохозяйственной продукции: Дис. на соиск. уч. степени докт. техн. наук: 05.26.01. – М., 1993. – 461 с.
2. Вогман Л.П., Зуйков В.А., Легкобыт В.К. Продукты термоокислительной деструкции в силосах и бункерах комбикормового сырья // Пожарная профилактика технологических процессов в промышленности. – М.: 1987. – С. 35-45.
3. Муравьев С., Крайнюк О. К вопросу создания пожарной сигнализации в хранилищах растительного сырья // Пожежна безпека (Бюлетень пожежної безпеки). – № 5 (10). – К.: ГДПО МВС України, 2001. – С. 11-12.

4. С.Д. Муравьев, В.А. Данильченко Автоматическая пожарная сигнализация для хранилищ растительного сырья // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. – Вып. 9. – Харьков: Фолио, 2001. – С. 133-136.
5. Муравьев С.Д., Барчан А.А., Соколов С.Ю. построение и эффективность системы безопасности для предприятий зерновой индустрии // Хранение и переработка зерна. Ежемесячный научно-практический журнал. – № 3 (105). – ООО ИА "АПК-Зерно", 2008. – С. 50-52.
6. С.Д. Муравьев, С.Ю. Соколов, М.С. Муравьева Приборная база Украины для обнаружения самовозгорания растительного сырья // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. – Вып. 12. – Харьков: Фолио, 2002. – С. 140-143.
7. Муравьев С.Д., Барчан А.А. Эх, пороги... // Хранение и переработка зерна. Ежемесячный научно-практический журнал. – № 2 (104). – ООО ИА "АПК-Зерно", 2008. – С. 59-61.
8. А.М. Борисов, А.В. Мизяк, С.Д. Муравьев Лабораторная установка для определения интенсивности газовыделения при деструкции // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. – Вып. 14. – Харьков: Фолио, 2003. – С. 48-50.
9. С.Д. Муравйов, О.В. Бабіч Захист газочутливих датчиків систем АПС від пилу // Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів, студентів та слухачів «Сучасні засоби захисту людини та виробництва від пожеж» 5-6 травня 2009 р., Черкаси, АПБ, 2009. – С. 42-43.

*С.Д. Муравйов, канд. техн. наук, ст. наук. співр. (ЗАТ «Спецінжналадка», м. Харків)  
О.В. Бабіч (Збройні сили України, м. Харків)*

#### **ОДИН З ВАРИАНТІВ РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАГОРЯННЯ**

На основі аналізу показана можливість раннього виявлення (попередження) загоряння. Наведені основоположні вимоги до системи раннього виявлення процесів термічної активності. Здійснено порівняльний аналіз пристроїв газового контролю, які можуть бути використані для раннього виявлення загорянь по мікроконцентрації оксиду вуглецю, що виробляються в Україні. Розглянуто питання захисту газочутливих елементів від пилу та вологи (лабіринтний пристрій, фільтр, що самоочищується). Приведені результати промислової апробації елементів, що захищаються.

**Ключові слова:** загоряння, раннє виявлення, приладно-апаратна база, пороги спрацьовування, механізм призначення порогів, захист чутливих елементів.

*S.D. Muravyov, Candidate of Sciences (Engineering), Sen. Sn. Sc., (closed joint-stock company of «Spetsinzhnaladka», Kharkiv), O.V. Babich, (Armed Forces of Ukraine, Kharkiv)*

#### **ONE OF VARIANTS OF DECISION OF PROBLEM WARNING OF COMBUSTIONS**

The article deals with basic requirements for the system of detection on the early stage of thermic processes of activities. The comparative analysis of Ukrainian devices of gas control which can be used for early detection of ignition of trace concentration of carbon monoxide is realized. The problem of gas pick-offs defence from the dust and moisture (labyrinth device, self-purifying filter) is examined. The results of industrial approbation of protective elements are suggested.

**Key words:** combustion, detection on the early stage, device and hardware-controlled base, plates of wearing-out, the mechanism of appointment of plates, defence of pick-offs

