

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **035571**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.07.09**

(51) Int. Cl. **G08B 17/00** (2006.01)  
**C08F 20/56** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201890487**

(22) Дата подачи заявки  
**2016.08.10**

---

(54) **СИСТЕМА ДЛЯ СИГНАЛИЗАЦИИ ПРЕДПОЖАРНОЙ СИТУАЦИИ**

---

(31) **2015133304**

(56) US-A1-20040049983  
JP-A-2007160028  
JPH-A-0666646  
WO-A1-2016110830

(32) **2015.08.10**

(33) **RU**

(43) **2018.11.30**

(86) **PCT/RU2016/000531**

(87) **WO 2017/026922 2017.02.16**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
"ТЕРМОЭЛЕКТРИКА" (RU)**

(72) Изобретатель:  
**Лесив Алексей Валерьевич (RU)**

(74) Представитель:  
**Котлов Д.В., Черняев М.А., Яремчук  
А.А. (RU)**

---

(57) Настоящее изобретение относится к средствам контроля за предпожарными ситуациями, возникающими в результате локальных перегревов электрооборудования, и предназначено для предупреждения пожаров, возникающих из-за неисправностей электропроводки, в частности неисправностей в электроустановочных устройствах. Система состоит из газового датчика, соединенного с регистратором, который подключен к системе подачи сигнала, и полимерного сшитого композиционного материала, наносимого на склонные к нагреву участки электрической цепи, имеющего температуру вскрытия в диапазоне 80-200°C и содержащего внутри легкокипящее вещество, которое легко детектируется вышеупомянутым газовым датчиком. Техническим результатом заявленного решения является повышение вероятности обнаружения предпожарной ситуации на ранней стадии.

**B1**

**035571**

**035571**

**B1**

### Область техники изобретения

Настоящее изобретение относится к средствам контроля за предпожарными ситуациями, возникающими в результате локальных перегревов электрооборудования, и может быть использовано для предупреждения пожаров, возникающих из-за неисправностей электропроводки.

### Уровень техники

На сегодняшний день более 20% всех пожаров возникает по причине нарушений в работе электрооборудования и электрических устройств. Чаще всего возгорание возникает в области электрических контактов.

Одним из наиболее эффективных методов борьбы с пожарами является распознавание предпожарных ситуаций. Многие системы для обнаружения таких ситуаций основаны на контроле состава газовой среды, в частности на анализе содержания газов, выделяющихся на начальной стадии горения (тления).

Водород ( $H_2$ ) - основной компонент выделяемых газов на стадии тления в результате пиролиза материалов, используемых в строительстве, таких как древесина, текстиль, синтетические материалы. На начальной стадии пожара, в процессе тления концентрация водорода составляет 0,001-0,002%. В дальнейшем происходит рост содержания ароматических углеводородов на фоне присутствия недоокисленного углерода в виде оксида углерода (CO) - 0,002-0,008% (об.% в воздухе) [1].

Эксперименты показали, что порог обнаружения системы раннего предупреждения пожара в атмосферном воздухе при нормальных условиях должен находиться для большинства газов, в том числе водорода и оксида углерода, на уровне 0,002%. При этом желательно, чтобы быстрое действие системы было не хуже 10 с. Такой вывод можно рассматривать как основополагающий для разработок целого ряда предупреждающих пожарных газовых сигнализаторов [1].

Однако, как указано выше, концентрации газообразных продуктов термического разложения, образующихся на стадии тления, очень незначительны. Из-за этого все системы выявления предпожарных ситуаций, основанные на обнаружении таких продуктов в воздухе, обладают рядом общих недостатков.

1. Использование таких систем возможно только на объектах с малой степенью вентилируемости.

2. Для обнаружения низких концентраций CO и  $H_2$  необходимо использовать высокоточные селективные методы. При этом газовые сенсоры не могут обеспечить требуемой селективности, а устройства, основанные на спектрометрических измерениях, обладают высокой стоимостью и сложны в обслуживании.

3. Поскольку появление столь малых концентраций продуктов горения в воздухе может произойти не только в результате возгорания, увеличение чувствительности детектирующих систем приводит к увеличению количества ложных срабатываний. Так, например, сразу после появления пламени, концентрация диоксида углерода ( $CO_2$ ) возрастает до 0,1%, что, с одной стороны, соответствует сгоранию 40-50 г древесины или бумаги в закрытом помещении объемом 60 м<sup>3</sup>, с другой стороны, эквивалентно 10 выкуренным сигаретам. Такой уровень  $CO_2$  достигается также в результате присутствия в помещении двух человек в течение 1 ч [1].

4. Поскольку интенсивное выделение продуктов термического разложения начинается только при высоких температурах (>250°C), т.е. незадолго до появления пламени, такие системы не позволяют выявлять опасные ситуации на ранних стадиях.

Так, известен способ диагностики предпожарной ситуации и предотвращения возникновения пожара, включающий измерение интенсивности монохроматического излучения, испускаемого импульсным источником на частоте его поглощения продуктами термодеструкции идентифицируемых материалов, и выработку управляющего сигнала на подачу пожарной тревоги при превышении значений концентраций их допустимых величин [2].

К недостаткам известного способа можно отнести его невысокую надежность, большую вероятность ложных срабатываний, а также недостаточно раннее обнаружение возгораний, что обусловлено выработкой управляющего сигнала без учета скорости нарастания концентрации и оценкой пожароопасной ситуации по концентрациям недостаточного количества контролируемых газовых компонентов.

Известны способ и устройство для обнаружения предпожарной ситуации, основанные на инфракрасной спектроскопии. Устройство содержит оптически сопряженные источник и приемник излучения, связанный с первым усилителем, и схему обработки, которая содержит два приемника излучения, второй и третий усилители, которые вместе с первым усилителем через соответствующие блоки допустимых концентраций пожароопасных компонентов соединены с аналого-цифровым преобразователем, выход которого подсоединен через микропроцессор и цифроаналоговый преобразователь к блоку сигнализации, при этом второй выход микропроцессора подключен к монитору. Оно предназначено для обнаружения продуктов термического разложения разнообразных органических материалов, образующихся под воздействием нештатного источника тепла, который может возникать, в частности, в результате искрения или короткого замыкания в электрокоммутиационном оборудовании [3].

Недостатком известного технического решения является то, что оно реагирует на появление газов и дыма, сопутствующих уже начавшемуся возгоранию, т.е. подает сигнал непосредственно в момент начала возгорания или уже после него.

Известен способ диагностики предпожарной ситуации и предотвращения возникновения пожара, включающий измерение при помощи узла датчиков информативных параметров: концентраций газооб-

разных продуктов термодеструкции в воздухе, а именно CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl, окислителей, дыма, а также температуры, измерение времени запаздывания сигнала от каждого из датчиков с использованием имитатора возгорания, определение значений производных зависимостей изменения от времени информативных параметров, измеренных каждым датчиком, выработку управляющего сигнала на подачу пожарной тревоги и возможное при этом включение средств пожаротушения и выключение электропитания в результате анализа пожароопасности на основе измеренных, по крайней мере, при помощи двух датчиков информативных параметров, отличающийся тем, что дополнительно в качестве информативных параметров измеряют концентрации H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, O<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, HCOH, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH, восстановителей, во временном интервале 0,1-60 с определяют для каждой зависимости информативных параметров от времени по крайней мере одно значение производной, определяют приведенное значение каждого из измеренных информативных параметров как величину, равную произведению значения производной на соответствующее каждому датчику время запаздывания, и осуществляют выработку управляющего сигнала при превышении допустимых величин приведенными значениями информативных параметров, определенными по измерениям по крайней мере двух датчиков, причем время запаздывания сигнала периодически измеряют как величину временного интервала между моментами включения имитатора возгорания и достижения максимального значения сигнала от датчика [4].

Известный способ ограниченно применим в широком использовании из-за сложности измерений концентраций газообразных продуктов термодеструкции в воздухе, инерционности замеров и необходимости применения дорогостоящего оборудования.

Известно устройство контроля параметров газовой среды, содержащее газовые датчики, аналоговую измерительную часть, микропроцессорный модуль для управления режимами работы сенсоров, первичной обработки данных измерений и их хранения, а также схему питания сенсора и устройства в целом, отличающееся тем, что в состав электронной схемы устройства интегрирован программно-аппаратный интерфейс для передачи данных и команд по беспроводным сетям, а алгоритм проведения измерений и передачи данных оптимизирован с целью автономной работы устройства без замены элементов питания в течение межкалибровочного интервала. При этом устройство может использоваться в качестве предпожарного извещателя для контроля химического состава воздуха, в частности для определения содержания CO и H<sub>2</sub> [5].

Недостатком известного устройства является возможность ложных срабатываний при обнаружении предпожарных ситуаций, а также низкая надежность работы в процессе эксплуатации из-за высокой чувствительности к помехам.

Несколько иной подход к распознаванию предпожарных ситуаций описывается в патентном документе [6], где раскрывается устройство для раннего обнаружения перегрева в труднодоступных местах электрического и механического оборудования, которое основано на использовании герметизированного в термоплавкой композиции одоранта 1, установленного возле теплогенерирующей детали устройства 2, для которого осуществляется контроль перегрева. Ниже по течению газа от этого одоранта установлен датчик запаха 3 (см. фиг. 1). В качестве одоранта 1 могут использоваться микрокапсулы термоплавкой композиции, содержащие ароматизаторы. Также можно использовать ароматизаторы, смешанные с воском или иными жирными кислотами. Данное устройство рассматривается авторами изобретения в качестве наиболее близкого аналога известного уровня техники (прототипа).

Недостатком решения, известного из [6], является использование термоплавких полимеров. При разогреве теплогенерирующей детали выше температуры размягчения или плавления термоплавкого полимера возможно его отслоение или стекание на части электрооборудования, например на изоляцию проводки, нарушение которой может привести к короткому замыканию. Кроме того, в описании патентного документа [6] указывается, что выделение одоранта из предлагаемых полимерных композиций происходит вследствие плавления материала. Это обстоятельство может сопровождаться неблагоприятными для электрики последствиями, такими как пенообразование и разбрызгивание полимерной массы выделяющимся газом. Попадание горячей вспененной массы, капель полимера или расплава полимера, стекающего с наклейки, на соседние контакты, электрооборудование, вентиляторы, датчики может привести в неисправности или даже воспламенению.

Кроме того, для регистрации предпожарных ситуаций одним из наиболее значимых критериев является скорость срабатывания системы в целом. Для этого газ должен выделяться в значительном количестве при достижении критической температуры и быстро распределяться по объему. Вскрытие пор, происходящее вследствие плавления полимера в [6], может сопровождаться переходом одоранта в термоплавкую композицию (например, растворение) или создавать пенный слой. При этом испарение газа с поверхности будет протекать медленно и не будет приводить к разовому переходу основного количества газа, заключенного в изделии, в газовую фазу.

#### **Описание изобретения**

Целью изобретения является повышение вероятности обнаружения предпожарной ситуации на ранней стадии и минимизация количества ложных срабатываний.

Система сигнализации о предпожарной ситуации состоит из газового датчика, соединенного с регистратором, который подключен к системе подачи сигнала, и наносимого на склонные к нагреву участки

электрической цепи полимерного композиционного материала, имеющего температуру вскрытия в диапазоне 80-200°C и содержащего непрерывную фазу, которая образована термореактивным полимером, и заключенное внутри непрерывной фазы легкокипящее вещество, которое легко детектируется вышеупомянутым газовым датчиком.

При нагревании указанного полимерного композиционного материала до температуры вскрытия большое избыточное давление газа внутри капсулы или пор приводит взрывному вскрытию (разрушению) композиционного материала. В результате газ практически мгновенно выходит из материала, не сорбируется на нем и достигает датчика за минимальное время.

Таким образом, обеспечивается технический результат заявленного решения, а именно повышение вероятности обнаружения предпожарной ситуации на ранней стадии.

#### **Краткое описание чертежей**

На фиг. 1 показано известное устройство для раннего обнаружения перегрева в труднодоступных местах электрического и механического оборудования (согласно патентному документу [6]).

На фиг. 2 приведены результаты термогравиметрического анализа микрокапсулированного композиционного материала по изобретению, полученного согласно примеру 1.

На фиг. 3 схематично изображен общий вид устройства сигнализации.

На фиг. 4 изображен общий вид изделия из композиционного материала, устанавливаемого на токоведущие детали.

На фиг. 5 показаны временные зависимости концентрации газа (кривая 1) и температуры нагревательной пластины (кривая 2) в случае срабатывания системы при мгновенном нагреве композитного полимерного материала в шкафу большого объема.

На фиг. 6 показаны временные зависимости концентрации газа (кривая 1) и температуры нагревательной пластины (кривая 2) в случае срабатывания системы при плавном нагреве композитного полимерного материала в шкафу большого объема.

На фиг. 7 показаны временные зависимости концентрации газа (кривая 1) и температуры нагревательной пластины (кривая 2) в случае срабатывания системы при мгновенном нагреве композитного полимерного материала в открытом шкафу небольшого объема.

На фиг. 8 показаны временные зависимости концентрации газа (кривая 1) и температуры нагревательной пластины (кривая 2) в случае многократного срабатывания системы.

#### **Подробное описание изобретения**

Заявляемая система предназначена для раннего выявления предпожарных ситуаций, когда нагрев проводов или электрических контактов превышает допустимые эксплуатационные параметры (>100°C), но еще не достигает того уровня, при котором происходит термодеструкция материалов, способных к возгоранию (>250°C).

В качестве термоактивируемых (в данном случае под термоактивируемостью понимается свойство взрывного вскрытия материала при нагреве до определенной температуры) полимерных композиционных материалов могут использоваться следующие материалы, содержащие термореактивные полимеры: микрокапсулированные материалы или пористые материалы с порами закрытого типа, содержащие наполнители.

Легкокипящие вещества, содержащиеся внутри полимерного композиционного материала, могут включать (но не ограничиваться) галогенуглеводороды, например 1,1,1,3,3-пентафторбутан (хладон 365), 1,1,1,2,2,4,5,5,5-нонафтор-4-(трифторметил)пентан-3-он (Novac 1230). Данные соединения относятся к 4 классу опасности, т.е. не являются опасными для человека. Они не содержатся в воздухе помещений при обычных обстоятельствах, поэтому их можно детектировать при минимальных концентрациях, не опасаясь ложных срабатываний.

Важным преимуществом фторсодержащих галогенуглеводородов перед используемыми в патентном документе [6] одорантами или ароматизаторами является то, что они не имеют выраженного запаха, легко ощущаемого человеком, и относятся к малотоксичным соединениям. Это обстоятельство позволяет использовать предлагаемую систему вблизи массового скопления людей, например на объектах транспорта и даже в помещениях, в которых могут постоянно находиться люди. Выделение 1,1,1,3,3-пентафторбутана (хладон 365), 1,1,1,2,2,4,5,5,5-нонафтор-4-(трифторметил)пентан-3-она (Novac 1230) вместо одорантов не приведет к панике и не скажется на превышении ПДК внутри защищаемого объекта.

Помимо этого, фреоны, в отличие от ароматизаторов, не могут присутствовать в воздухе при нормальной эксплуатации, что существенно снижает риск ложных срабатываний. Наконец, фторсодержащие галогенводороды являются классом веществ, которые могут селективно детектироваться датчиком в сверхнизких концентрациях (менее 0,001 ppm) [7].

В качестве легкокипящего вещества, альтернативно или дополнительно, могут также использоваться одоранты, такие как низшие меркаптаны, диалкилсульфиды, диалкилдисульфиды или их растворы. Преимуществом такого решения является то, что в этом случае определение точного места перегрева возможно посредством человеческого обоняния.

Одорантом может являться метилмеркаптан, этилмеркаптан, н-пропилмеркаптан, изопропилмеркаптан, н-бутилмеркаптан, втор-бутилмеркаптан, изобутилмеркаптан, трет-бутилмеркаптан, амилмер-

каптан, изоамилмеркаптан, гексилмеркаптан, диметилсульфид, диэтилсульфид, диаллилдисульфид, аллилметилсульфид, метилэтилсульфид, диизопропилсульфид, диметилдисульфид, диэтилдисульфид, дипропилдисульфид, диизопропилдисульфид.

В некоторых вариантах изобретения легкокипящее вещество, содержащееся внутри полимерного композиционного материала, представляет собой одорант в смеси с растворителями. Использование растворителей позволяет достигать меньших температур и более узких температурных диапазонов вскрытия композиционного материала при сохранении его механических характеристик.

Растворители для одоранта включают, но не ограничиваются только этим перечнем, гидрофторхлоруглероды, гидрофторуглероды, фторуглероды, хлоруглероды, хлорфторуглероды, алканы, простые эфиры или их смеси.

В некоторых вариантах изобретения полимерный композиционный материал представляет собой микрокапсулы с ядром из легкокипящего вещества, заключенного в связующем. Микрокапсулы имеют двухслойную полимерную оболочку, внутренний слой которой состоит из желатина или его производного, а внешний усиливающий слой - из сшитых полимеров, карбамидных смол, резорциновых смол, меламиновых смол, фенольных смол или поливинилацетатных смол. Средний наружный диаметр микрокапсул составляет 1-5000 мкм, средняя толщина полимерной оболочки составляет 0,01-1 мкм. Полимерным связующим может быть акриловая смола, и/или эпоксидная смола, и/или полиамид, и/или поливинилацетат, и/или полиэфир, и/или полимочевина, и/или поливиниловый спирт, и/или полиуретан.

В других вариантах изобретения полимерный композиционный материал представляет собой полимерный гель, образованный частицами сшитого полимера, набухшими в растворе легкокипящего вещества, помещенный в термореактивную полимерную матрицу. Сшитым полимером является полиакриламид, сшитый N,N'-метиленбисакриламидом, поливиниловый спирт, сшитый эпихлоргидрином, или поливиниловый спирт, сшитый глутаровым альдегидом. Средний размер частиц сшитого полимера составляет 50-500 мкм. Полимерной матрицей является полиорганосилоксаны, поливинилацетат, эпоксидные смолы.

В других вариантах изобретения полимерный композиционный материал представляет собой частицы силикагеля или цеолита с сорбированным на них одорантом, помещенные в термореактивную полимерную матрицу. Средний размер частиц составляет предпочтительно 10-2000 мкм. Полимерная матрица, входящая в состав композиционного материала, включает, но не ограничивается только этим перечнем, полиуретан, полимочевину.

В других вариантах изобретения полимерный композиционный материал представляет собой частицы пористого полимера с порами закрытого типа или каналами, заполненными одорантом или раствором одоранта, помещенные в термореактивную полимерную матрицу. Средний размер частиц составляет предпочтительно 200-5000 мкм. Средний диаметр пор составляет предпочтительно 10-100 мкм. В качестве пористого полимера предлагаются сшитый полистирол, полиорганосилоксаны, полиуретан, полимочевина. Полимерная матрица, входящая в состав композиционного материала, включает, но не ограничивается только этим перечнем, поливинилацетат, эпоксидные смолы.

Использование термореактивных (в частности, сшитых) полимеров позволяет избежать недостатков термопластичных полимерных композиций, упомянутых в документе [6], таких как вспенивание материала при газовыделении, стекание материала на электрооборудование при высоких температурах, медленное выделение газа.

При использовании термореактивных сшитых полимеров вскрытие пор происходит за счет разрыва материала перегретым сжиженным газом, находящимся под большим избыточным давлением. Это приводит к "взрывному" выделению газа из материала, за счет чего достигается единовременное достижение высокой концентрации сигнального газа и максимально быстрое срабатывание системы. Высокая скорость выхода сигнального вещества выгодно отличает использование сшитых термореактивных полимеров от термопластичных материалов, указанных в патентном документе [6]. Для термопластичных материалов скорость выхода одоранта ограничивается его скоростью диффузии через полимер, а также другими процессами, которые могут сопровождать плавление материала, например пенообразованием.

Другим достоинством сшитых полимеров является то, что вскрытие пор в предлагаемых термореактивных полимерах происходит не в узком диапазоне температур, соответствующем плавлению полимера (переход в вязкотекучее состояние), а в широком. В сшитых полимерах вскрытие (взрывное разрушение) оболочки происходит при достижении газом внутри поры давления, соответствующего прочности оболочки. Поскольку в силу особенностей синтеза таких полимеров поры отличаются друг от друга как размерами, так и толщиной оболочки, их вскрытие происходит при различном давлении, а соответственно и температурах. Диапазон температур, в котором происходит взрывное вскрытие термореактивного композиционного материала, составляет 103-163°C, как иллюстрируется термогравиметрической кривой, показанной на фиг. 2.

Последнее обстоятельство обуславливает еще одно важное отличие предлагаемого изобретения. Поскольку вскрытие полимера происходит в широком диапазоне температур и разрушение части пор при более низкой температуре вскрытия не нарушает герметичности других пор, то система может срабатывать многократно. Иными словами, если предлагаемый полимерный композиционный материал нагреть

до температуры вскрытия в заданном диапазоне температур вскрытия, затем охладить до температуры, более низкой, чем указанный диапазон температур вскрытия, например до температуры, соответствующей допустимым эксплуатационным параметрам оборудования, а затем снова нагреть до температуры вскрытия в заданном диапазоне температур вскрытия, более высокой, чем предыдущая температура вскрытия, то при повторном нагреве также произойдет достаточное для формирования сигнала о перегреве выделение газа и срабатывание системы (см. пример 5).

Сущность изобретения поясняется графическими материалами, где на фиг. 3 схематично изображен общий вид устройства сигнализации, а на фиг. 4 изображен общий вид изделия из композиционного материала, устанавливаемого на токоведущие детали.

Устройство для сигнализации о предпожарной ситуации, представленное на фиг. 3, состоит из пластины 9, выполненной из сшитого полимерного композиционного материала, содержащего внутри полостей 18 легкокипящее вещество, газового сенсора 10, соединенного через регистратор 11 с системой подачи сигнала 12. Пластина 9 приклеена к основе 14, которая имеет с обратной стороны клеевой слой 15, при помощи которого пластина 9 закрепляется на токоведущей детали 13. До установки на электроустановочное изделие клеевой слой 15 закрыт легко отделяемой защитной пленкой 17. При нагреве выше определенной температуры пластина 9 выделяет газ 16, детектируемый при помощи газового сенсора 10.

На фиг. 4 показана пластина 9, выполненная из сшитого полимерного композиционного материала, содержащего внутри полостей 18 легкокипящее вещество. До установки на электроустановочное изделие клеевой слой 15 закрыт легко отделяемой защитной пленкой 17.

Использование описанных полимерных материалов позволяет получить герметичные оболочки, позволяющие хранить заключенное в них легкокипящее вещество в течение длительного времени без существенных потерь. При достижении определенной температуры происходит увеличение давления наполнителя - легкокипящего вещества - внутри непрерывной фазы полимера, что приводит к разрыву композиционного материала и выпуску газообразных продуктов, детектируемых сенсором, в атмосферу. Изменение состава наполнителя и полимерной матрицы позволяет варьировать температуру вскрытия материала.

Поскольку газообразные вещества, выделяемые при нагревании композиционного материала, не содержатся при обычных условиях в атмосфере, а также в связи с тем, что они выделяются при относительно низких температурах (до начала термического разложения материалов, из которых изготавливаются провода и электроустановочные устройства), предложенная система позволяет обнаруживать потенциально пожароопасные ситуации задолго до появления дыма или открытого огня.

Таким образом, настоящее изобретение позволяет обнаруживать предпожарные ситуации значительно раньше существующих аналогов. Предложенная система рассчитана на многократные срабатывания, так как для обнаружения перегрева достаточно выхода лишь малой доли заключенного в композиционном материале легкокипящего вещества, так что после охлаждения композиционного материала ниже температур в интервале температуры вскрытия в нем остается достаточно легкокипящего вещества для повторных срабатываний в случае повторного нагрева до температур в интервале температуры вскрытия. За счет непосредственного контакта полимерного композиционного материала с нагреваемым участком электрической цепи обеспечивается высокая скорость срабатывания системы.

Пример 1. Методика изготовления полимерного композиционного материала.

Фреон 365 промыли раствором тиосульфата натрия, высушили пятиокисью фосфора и перегнали. 720 г полиизоцианата смешали с 9 кг фреона и энергично перемешали 2 раза по 2 мин с периодичностью 10 мин. Полученную смесь отстаивали 30 мин и фильтровали через вату. Фильтрат поместили в аппарат, добавили 10 л 1% раствора поливинилового спирта в воде. Полученную смесь перемешивали до получения стойкой эмульсии и затем к ней добавили 1% раствор полиэтиленполиамин в 10 л воды в течение 3 ч. Перемешивали 7 суток при комнатной температуре.

Полученные микрокапсулы промыли водой 5 раз до нейтральной реакции, смешали с ПВА в соотношении 1:1 и нанесли тонким слоем на силиконовую подложку. После первой сушки нанесли еще один слой капсул с ПВА и так далее, до получения листа толщиной 1,25 мм.

По окончании описанной процедуры получили 10,7 кг пластичного материала.

Пример 2. Срабатывание системы при мгновенном нагреве в шкафу большого объема. Методика испытаний.

Изготовленное в соответствии с примером 1 изделие из полимерного композиционного материала массой 1,5 г и толщиной 1,25 мм было наклеено на нагревательную пластину, температура которой поддерживалась в диапазоне от 130 до 135°C. Пластина помещалась в геометрический центр шкафа объемом 1 м<sup>3</sup> (высота шкафа составляла 2,0 м, ширина - 1,0 м, а глубина - 0,5 м). Температура пластины контролировалась термпарой, закрепленной между изделием из композиционного полимерного материала и нагревательной пластиной. Концентрация сигнального газа, выделяющегося композиционным полимерным материалом, регистрировалась полупроводниковым газовым сенсором SP-42A-00 (производства компании FIS Inc.), расположенным на расстоянии 1 см от геометрического центра верхней грани шкафа. На фиг. 5 показаны временные зависимости концентрации газа (кривая 1) и температуры нагревательной пластины (кривая 2).

Как видно из фиг. 5, срабатывание системы и регистрация перегрева с помощью газового датчика происходит за время менее 1 мин.

Пример 3. Срабатывание системы при плавном нагреве в шкафу большого объема. Методика испытаний.

Изготовленное в соответствии с примером 1 изделие из полимерного композиционного материала весом 1,5 г и толщиной 1,25 мм было наклеено на нагревательную пластину при нормальных условиях. Пластина помещалась в центр шкафа объемом 1 м<sup>3</sup> (высота шкафа составляла 2,0 м, ширина - 1,0 м, а глубина - 0,5 м). Температура пластины плавно увеличивалась до 135°C, что контролировалось термопарой, закрепленной между изделием из композиционного полимерного материала и нагревательной пластиной. Концентрация сигнального газа, выделяющегося композиционным полимерным материалом, регистрировалась полупроводниковым газовым сенсором SP-42A-00 (производства компании FIS Inc.), расположенным на расстоянии 1 см от геометрического центра верхней грани шкафа. На фиг. 6 показаны временные зависимости концентрации газа (кривая 1) и температуры нагревательной пластины (кривая 2).

Как видно из фиг. 6 срабатывание системы происходит после достижения пластиной температуры, равной 93°C.

Пример 4. Срабатывание системы в открытом шкафу небольшого объема. Методика испытаний.

Изготовленное в соответствии с примером 1 изделие из полимерного композиционного материала массой 0,5 г с толщиной 1,25 мм было наклеено на нагревательную пластину, температура которой поддерживалась в диапазоне от 130 до 135°C. Пластина помещалась на расстоянии 1 см от геометрического центра нижней грани шкафа (см. фиг. 3а), имеющего объем, равный 50 л (высота шкафа составляла 70 см, ширина - 40 см, а глубина - 18 см). Дверца шкафа (передняя грань) в эксперименте оставалась настежь открытой. Температура пластины контролировалась термопарой, закрепленной между изделием из композиционного полимерного материала и нагревательной пластиной. Концентрация сигнального газа, выделяющегося композиционным полимерным материалом, регистрировалась полупроводниковым газовым сенсором SP-42A-00 (производства компании FIS Inc.), расположенным на расстоянии 1 см от геометрического центра верхней грани шкафа. На фиг. 7 показаны временные зависимости концентрации газа (кривая 1) и температуры нагревательной пластины (кривая 2).

В данном примере (см. фиг. 7) срабатывание системы происходило практически сразу после наклеивания изделия на нагреватель, и уверенная регистрация перегрева оказывалась возможной уже менее чем через 10 с.

Пример 5 Многократное срабатывание системы. Методика испытаний.

Изготовленное в соответствии с примером 1 изделие из полимерного композиционного материала массой 1,5 г и толщиной 1,25 мм было наклеено на нагревательную пластину при нормальных условиях. Пластина помещалась в геометрический центр шкафа объемом 1 м<sup>3</sup> (высота шкафа составляла 2,0 м, ширина - 1,0 м, а глубина - 0,5 м). Температура пластины контролировалась термопарой, закрепленной между изделием из композиционного полимерного материала и нагревательной пластиной. Концентрация сигнального газа, выделяющегося композиционным полимерным материалом, регистрировалась полупроводниковым газовым сенсором SP-42A-00 (производства компании FIS Inc.), расположенным на расстоянии 1 см от геометрического центра верхней грани шкафа. Нагрев пластины производился плавно три раза подряд до разной температуры и прекращался при достижении нагревательной пластиной температуры, равной 120°C (при первом нагреве), 130°C (при втором нагреве), 140°C (при третьем нагреве). Спустя некоторое время после этого дверца шкафа открывалась, и производилась его вентиляция. После опускания температуры пластины до температуры, примерно равной 39°C, дверца шкафа закрывалась и нагрев пластины возобновлялся. Данная процедура повторялась три раза. Отключение нагрева производилось на 36-й, 122-й и 203-й мин, а обратное включение на 83-й и 167-й мин. Вентиляция шкафа производилась на 49-й, 133-й и 215-й мин.

Фиг. 8 показывает, что в данном эксперименте система срабатывала как минимум три раза (при каждом включении нагрева). Несмотря на то, что с каждым новым срабатыванием выделяющееся количество газа уменьшалось, его концентрация позволяла каждый раз уверенно производить регистрацию перегрева.

Таким образом, предлагаемая система обеспечивает быстрое срабатывание и уверенное обнаружение перегрева при повышении температуры уже до уровня около 100°C, в том числе при неоднократном срабатывании системы.

Источники информации.

1. Электроника: Наука, Технология, Бизнес. Выпуск 4/2001, с. 48.
2. Авторское свидетельство СССР 1277159, МПК G08B 17/10, 1985 г.
3. Патент РФ 2022250, МПК G01N 21/61, 1994 г.
4. Патент РФ 2175779, МПК G08B 17/117, 2001 г.
5. Патент РФ 95849, МПК G01N 33/00, 2010 г.
6. Патентный документ JP 6-66648, 1994 г.
7. А.П. Долин, А.И. Карапузиков, Ю.А. Ковалькова, "Эффективность использования лазерного те-  
чеискателя элегаза "КАРАТ" для определения места и уровня развития дефектов электрооборудования",

Электро, № 6. С. 25-28 (2009).

8. Патент РФ 2403934, МПК А62D 1/00, 2010 г.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система для сигнализации о предожарных ситуациях, возникающих в результате локальных перегревов электрооборудования, включающая газовый датчик, соединенный с регистратором, который подключен к системе подачи сигнала, и полимерный композиционный материал, нанесенный на склонные к нагреву участки электрической цепи, содержащий непрерывную фазу, которая образована термореактивным полимером, причем в указанной полимерной матрице выполнены поры, в которых заключено легкокипящее вещество, и имеющий температуру вскрытия в диапазоне 80-200°C.

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что поры имеют различный размер и/или толщину оболочки с целью обеспечения многократного срабатывания при нагреве указанного полимерного композиционного материала в повторяющихся циклах нагрева до температуры, находящейся в интервале температур взрывного разрушения, и последующего охлаждения до более низких температур, находящихся ниже интервала температур взрывного разрушения.

3. Система по любому из пп.1 или 2, отличающаяся тем, что в состав легкокипящего вещества, содержащегося внутри термореактивного полимерного композиционного материала, входят галогенуглеводороды.

4. Система по п.3 отличающаяся тем, что в состав легкокипящего вещества входят 1,1,1,3,3-пентафторбутан (Хладон 365), 1,1,1,2,2,4,5,5,5-нонафтор-4-(трифторметил)пентан-3-он (Novoc 1230), 1,1,1,2,3,3,3 гептафторпропан или октафторциклобутан.

5. Система по любому из пп.1 или 2, отличающаяся тем, что в состав легкокипящего вещества, содержащегося внутри полимерного композиционного материала, входят одоранты, выбираемые из группы, включающей метилмеркаптан, этилмеркаптан, н-пропилмеркаптан, изопропилмеркаптан, н-бутилмеркаптан, втор-бутилмеркаптан, изобутилмеркаптан, трет-бутилмеркаптан, амилмеркаптан, изоамилмеркаптан, гексилмеркаптан, диметилсульфид, диэтилсульфид, диаллилдисульфид, аллилметилсульфид, метилэтилсульфид, диизопропилсульфид, диметилдисульфид, диэтилдисульфид, дипропилдисульфид, диизопропилдисульфид или их растворы.

6. Система по п.5, отличающаяся тем, что растворитель в растворах одоранта включает гидрофторхлоруглероды, гидрофторуглероды, фторуглероды, хлоруглероды, хлорфторуглероды, алканы, простые эфиры или любые их смеси.

7. Система по любому из пп.1-6, отличающаяся тем, что полимерный композиционный материал представляет собой микрокапсулы с ядром из легкокипящего вещества, заключенные в связующем, где микрокапсулы имеют двухслойную сшитую полимерную оболочку, внутренний слой которой состоит из желатина или его производного, а внешний усиливающий слой состоит из карбамидных смол, резорциновых смол, меламинавых смол, фенольных смол или поливинилацетатных смол.

8. Система по любому из пп.1 или 2, отличающаяся тем, что полимерным связующим является акриловая смола, и/или эпоксидная смола, и/или полиамид, и/или поливинилацетат, и/или полиэфир, и/или полимочевина, и/или поливиниловый спирт, и/или полиуретан.

9. Система по любому из пп.1-6, отличающаяся тем, что полимерный композиционный материал представляет собой полимерный гель, образованный частицами сшитого полимера, набухшими в растворе легкокипящего вещества, помещенный в полимерную матрицу, образованную термореактивным полимером.

10. Система по п.9, отличающаяся тем, что термореактивным полимером является полиакриламид, сшитый N,N'-метиленабисакриламидом, поливиниловый спирт, сшитый эпихлоргидрином, или поливиниловый спирт, сшитый глутаровым альдегидом.

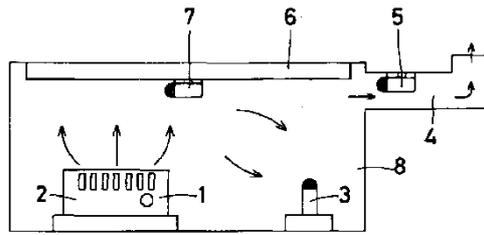
11. Система по п.9, отличающаяся тем, что полимерной матрицей является полиорганосилоксан, поливинилацетат, эпоксидная смола.

12. Система по любому из пп.1-6, отличающаяся тем, что полимерный композиционный материал представляет собой частицы силикагеля или цеолита с сорбированным на них легкокипящим веществом, помещенные в полимерную матрицу, образованную термореактивным полимером.

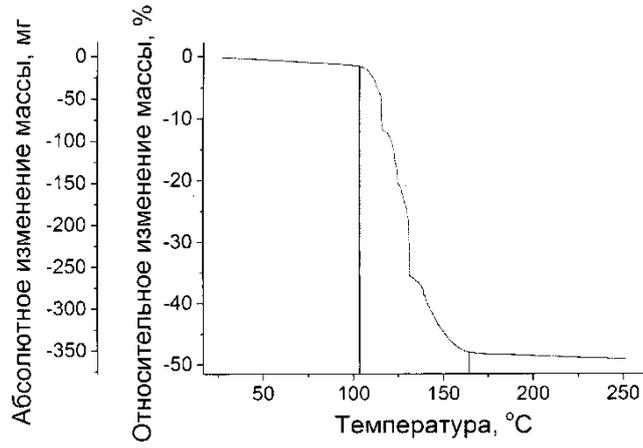
13. Система по п.12, отличающаяся тем, что полимерной матрицей является полиуретан, полимочевина.

14. Система по любому из пп.1-6, отличающаяся тем, что полимерный композиционный материал представляет собой частицы пористого полимера с порами закрытого типа или каналами, заполненными одорантом или раствором одоранта, помещенные в полимерную матрицу, образованную термореактивным полимером.

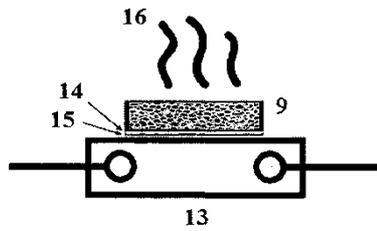
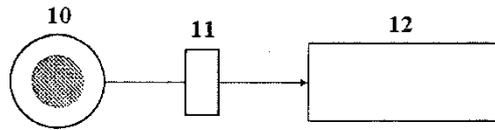
15. Система по п.14, отличающаяся тем, что в качестве пористого полимера используется полистирол, полиорганосилоксан, полиуретан, полимочевина.



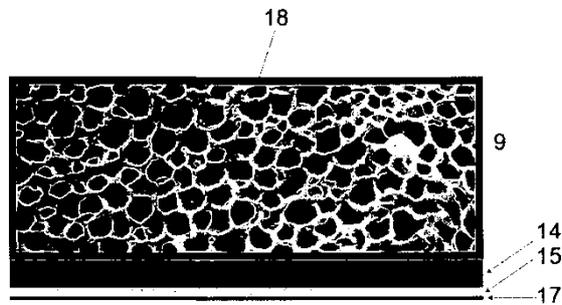
Фиг. 1



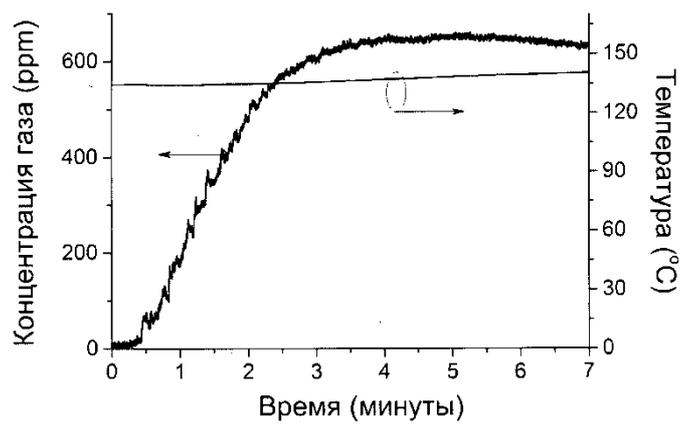
Фиг. 2



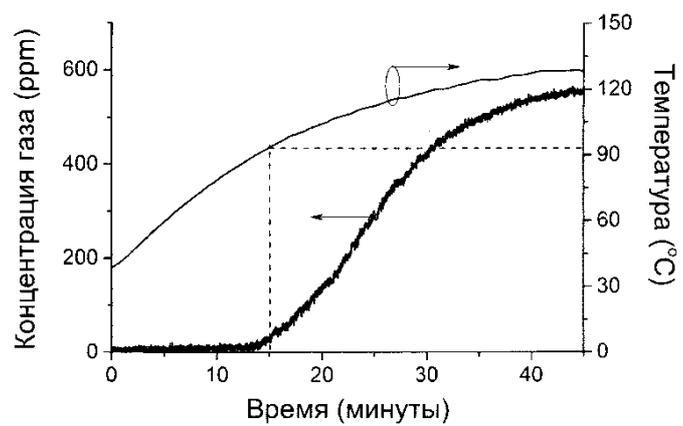
Фиг. 3



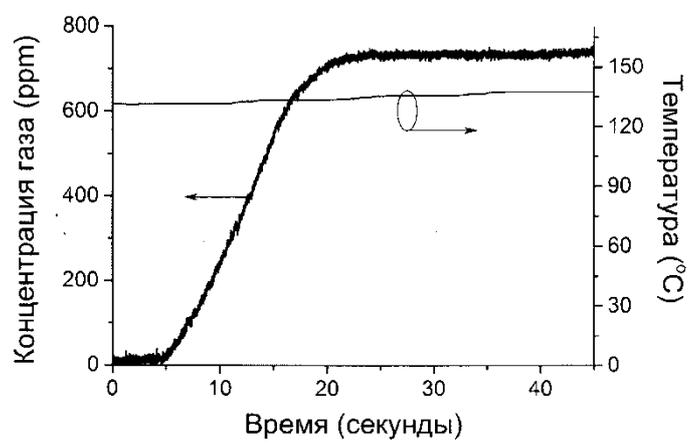
Фиг. 4



Фиг. 5

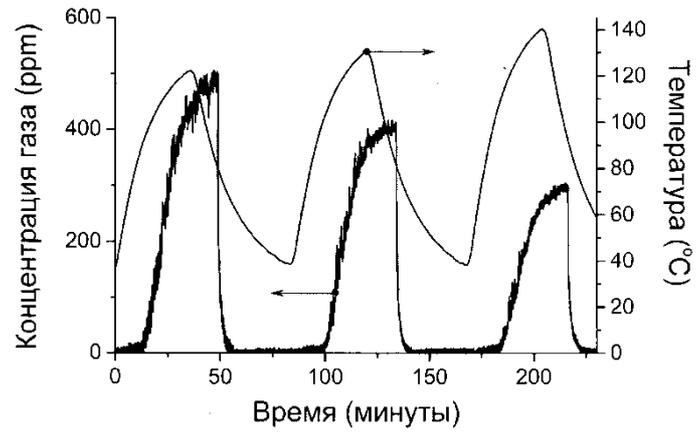


Фиг. 6



Фиг. 7

035571



Фиг. 8



Евразийская патентная организация, ЕАПВ  
Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2

---