

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** **2 855 362** (13) **C1**(51) МПК
G01N 33/18 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.02.2026)
 Пошлина: учтена за 5 год с 31.07.2029 по 30.07.2030. Установленный срок для уплаты пошлины за 6 год: с 31.07.2029 по 30.07.2030. При уплате пошлины за 6 год в дополнительный 6-месячный срок с 31.07.2030 по 30.01.2031 размер пошлины увеличивается на 50%.

Начисление для уплаты пошлины за поддержание патента в силе

(52) СПК
G01N 33/18 (2025.08)

(21)(22) Заявка: [2025120977](#), 30.07.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.07.2025

Дата регистрации:
30.01.2026

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 30.07.2025

(45) Опубликовано: [30.01.2026](#) Бюл. № 4

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2716163 C1, 06.03.2020. RU 2685431 C1, 18.04.2019. RU 2469317 C1, 10.12.2012. CN 207557220 U, 29.06.2018.**

Адрес для переписки:
121151, Москва, а/я 365, ООО "Онлайн патент"

(72) Автор(ы):
**Мединцев Роман Анатольевич (RU),
Кунцевич Алексей Анатольевич (RU),
Жиравов Дмитрий Вячеславович (RU)**

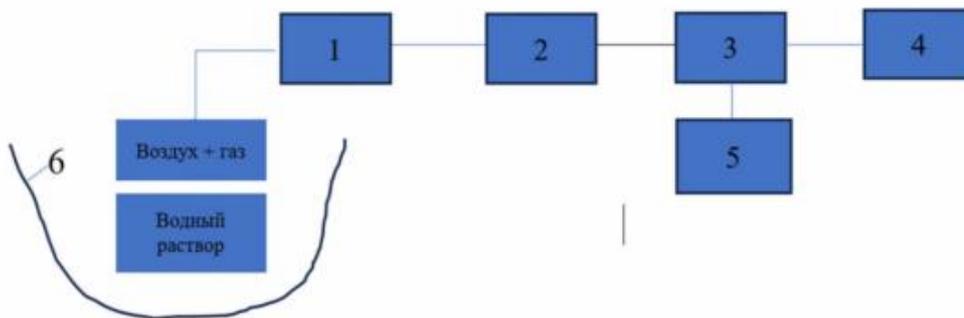
(73) Патентообладатель(и):
**Общество с ограниченной
ответственностью "СОФТЕЛ" (RU)**

(54) Способ и система определения концентрации летучих компонентов водного раствора сточных вод по их следам в воздухе

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для мониторинга сточных вод в канализационных системах. Способ определения концентрации летучих компонентов водного раствора сточных вод по их следам в воздухе заключается в том, что устанавливают газовые сенсоры в канализационном колодце над водным потоком, выбирают газовый сенсор, соответствующий анализируемому виду летучего вещества. Измерительный блок измеряет напряжение U на резисторе нагрузки, включенном в цепь выбранного газового сенсора, и передает значение напряжения в микроконтроллер. Микроконтроллер определяет концентрацию X газа в воздухе по формуле: $X = U/(R \cdot K)$, где R – сопротивление резистора нагрузки, K – чувствительность газового сенсора, ампер/ррт. Микроконтроллер определяет концентрацию Y анализируемого вида летучего вещества в сточных водах по формуле: $Y = A \cdot X$, где A – коэффициент пропорциональности для анализируемого вида летучего вещества в воде. Сравнивают определенную концентрацию летучего вещества в сточных водах с пороговым значением, в случае превышения концентрацией летучего вещества в сточных водах допустимого уровня микроконтроллер вырабатывает сигнал приемнику навигационных сигналов для определения координат проблемного участка. Приемник навигационных сигналов определяет координаты проблемного участка и передает

сигнал микроконтроллеру. Микроконтроллер формирует пакет данных, содержащий информацию о координатах и концентрации, и с использованием передатчика передает сигнал оповещения и пакет данных. Техническим результатом изобретения является возможность определения концентрации летучих компонент водного раствора сточных вод по их следам в воздухе. 2 н. и 5 з.п. ф-лы, 1 ил.



Фиг. 1

Область техники

Мониторинг сточных вод в канализационных системах.

Уровень техники

Известно использование в качестве водорастворимого трассера изопропанола, (патент РФ №2478948, 07.07.2011).

Недостатком известного способа определения водорастворимых летучих компонентов является использование абсолютных хроматографических сигналов для расчета концентраций и относительно низкая чувствительность их определения.

Известен способ определения водорастворимых летучих компонентов и устройство для его осуществления (патент РФ 2685431).

Недостатком известного способа является сложность технической реализации.

Раскрытие сущности изобретения

Над водными растворами газов и летучих веществ возникает газовая составляющая в воздухе, парциальное давление которой зависит от концентрации газа (летучего вещества) в воде. Пусть x – концентрация газа (летучего вещества) в воздухе, y – его концентрация в воде. Молекулы летучего вещества могут переходить из водного раствора в воздух и наоборот. Число молекул покидающих водный раствор будет пропорционально их количеству (концентрации) в воде. Аналогично, число молекул переходящих в раствор из воздуха будет пропорционально их количеству (концентрации) в воздухе.

Техническим результатом заявляемого изобретения является упрощение определения концентрации за счет использования оригинального способа определения концентрации летучих компонент водного раствора сточных вод по их следам в воздухе.

Заявленный технический результат достигается использованием способа определения концентрации летучих компонентов водного раствора сточных вод по их следам в воздухе заключающегося в том, что

устанавливают газовые сенсоры в канализационном колодце над водным потоком, выбирают газовый сенсор, соответствующий анализируемому виду летучего вещества,

измерительный блок измеряет напряжение U на резисторе нагрузки, включенном в цепь выбранного газового сенсора, и передает значение напряжения в микроконтроллер,

микроконтроллер определяет концентрацию X газа в воздухе по формуле:

$$X = U / (R * K),$$

где R – сопротивление резистора нагрузки, K – чувствительность газового сенсора (микроАмпер/ppm),

микроконтроллер определяет концентрацию Y анализируемого вида летучего вещества в сточных водах по формуле:

$$Y = A * X,$$

где A – коэффициент пропорциональности для анализируемого вида летучего вещества в воде,

сравнивают определенную концентрацию летучего вещества в сточных водах с пороговым значением,

в случае превышения концентрацией летучего вещества в сточных водах допустимого уровня микроконтроллер вырабатывает сигнал приемнику навигационных сигналов для определения координат проблемного участка, приемник навигационных сигналов определяет координаты проблемного участка и передает сигнал микроконтроллеру,

микроконтроллер формирует пакет данных, содержащий информацию о координатах и концентрации и с использованием передатчика передают сигнал оповещения и пакет данных.

В одном из вариантов реализации способа в качестве летучего вещества используется аммиак или формальдегид или метан или сероводород.

Заявленный технический результат достигается также использованием системы для определения концентрации летучих компонентов водного раствора сточных вод по их следам в воздухе в соответствии со способом по пункту 1, содержащей газовый сенсор, измерительный блок, микроконтроллер, передатчик и приемник навигационных сигналов, причем газовый сенсор помещен в канализационный колодец в воздухе над сточными водами, выход газового сенсора соединен с входом измерительного блока, выход измерительного блока соединен с входом микроконтроллера, выход которого соединен с передатчиком и управляющим входом приемника навигационных сигналов, выход которого подключен к входу микроконтроллера.

В одном из вариантов реализации системы микроконтроллер выполнен с возможностью управления выбором газового сенсора, соответствующего анализируемому виду летучего вещества.

В одном из вариантов реализации системы микроконтроллер выполнен с возможностью управления приемником навигационных сигналов, который определяет актуальное местоположение системы, используемое при формировании пакета данных.

В одном из вариантов реализации системы измерительный блок выполнен с возможностью преобразования сигнала с выхода газового сенсора в напряжение на резисторе нагрузки, включенном в цепь газового сенсора.

В одном из вариантов реализации системы в качестве газового сенсора используется газовый сенсор на аммиак или газовый сенсор на формальдегид или газовый сенсор на метан или газовый сенсор на сероводород.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 показана структурная схема системы, реализующей заявляемый способ. Система содержит следующие элементы:

1 – газовый сенсор, 2 – измерительный блок, 3 – микроконтроллер, 4 – передатчик, 5 – приемник навигационных сигналов. На фиг. 1 также условно показан канализационный колодец 6, содержащий сточные воды и воздух, содержащий летучие вещества (газ) над ними. Газовый сенсор помещен в указанную воздушную среду над сточными водами.

Осуществление изобретения

Для замкнутой системы уравнения, описывающие процессы, приводящие к детальному равновесию, имеют вид:

$$\begin{cases} x' = \alpha y - \beta x \\ y' = \beta x - \alpha y \end{cases} \quad (1)$$

Здесь

$$\alpha, \beta > 0$$

– коэффициенты перехода из раствора в воздух и наоборот. Штрих означает дифференцирование по времени. Дополним уравнения начальными условиями, когда летучее вещество (газ) находилось в начальный момент времени только в водном растворе.

$$x(0) = 0, \quad y(0) = y_0 \quad (2)$$

Решение системы имеет вид

$$\begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} = \frac{y_0}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} + \frac{\alpha y_0}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix} e^{-(\alpha + \beta)t} \quad (3)$$

Второй член экспоненциально убывает со временем, и за конечное время концентрации с хорошей точностью описываются формулой

$$\begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} = \frac{y_0}{\alpha + \beta} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} \quad (4)$$

То есть мы получаем закон Генри

$$\beta x = \alpha y$$

описывающий условие равновесия газов над их водными растворами.

Рассмотрим теперь открытую систему, когда газ, находящийся в воздухе, может её покинуть за счет диффузии и конвекции. В дифференциальных уравнениях появится дополнительный член, описывающий этот процесс.

$$\begin{cases} x' = \alpha y - \beta x - \gamma x \\ y' = \beta x - \alpha y \end{cases} \quad (5)$$

Здесь

$$\gamma > 0.$$

Решение при начальных условиях (2) имеет вид

$$\begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} = \frac{y_0(\alpha + \lambda_2)}{\beta(\lambda_2 - \lambda_1)} \begin{pmatrix} \alpha + \lambda_1 \\ \beta \end{pmatrix} e^{\lambda_1 t} - \frac{y_0(\alpha + \lambda_1)}{\beta(\lambda_2 - \lambda_1)} \begin{pmatrix} \alpha + \lambda_2 \\ \beta \end{pmatrix} e^{\lambda_2 t}, \quad (6)$$

где

$$\begin{cases} \lambda_1 = -\frac{1}{2} \left(\alpha + \beta + \gamma - \sqrt{(\alpha + \beta + \gamma)^2 - 4\alpha\gamma} \right) \\ \lambda_2 = -\frac{1}{2} \left(\alpha + \beta + \gamma + \sqrt{(\alpha + \beta + \gamma)^2 - 4\alpha\gamma} \right) \end{cases} \quad (7)$$

Так как

$$\lambda_1, \lambda_2 < 0 \text{ и } |\lambda_2| > |\lambda_1|$$

то за конечное время концентрации летучего вещества будут приближенно описываться формулой (8)

$$\begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} \approx \frac{y_0(\alpha + \lambda_2)}{\beta(\lambda_2 - \lambda_1)} \begin{pmatrix} \alpha + \lambda_1 \\ \beta \end{pmatrix} e^{\lambda_1 t}. \quad (8)$$

и мы опять получаем приближенно закон Генри:

$$\frac{x(t)}{y(t)} = \frac{\alpha + \lambda_1}{\beta} = \text{const}. \quad (9)$$

Таким образом, концентрация летучего вещества в воздухе "отслеживает" его концентрацию в водном растворе: чем больше концентрация газа в воздухе тем больше концентрация водного раствора.

Это позволяет, измеряя газовым датчиком концентрацию летучего вещества в воздухе, не только отслеживать его наличие в сточных водах канализации, но также качественно судить о его концентрации в воде.

В газовой среде канализации концентрации летучих веществ незначительны и измеряются в единицах ppm (parts per million). Поэтому линейные уравнения (1), (5) с высокой точностью описывают процессы установления детального равновесия. Как следствие этих уравнений получается линейная связь между концентрацией «у» летучей компоненты "i" в водном растворе и концентрацией «х» этого вещества в воздухе:

$$y_i = A_i x_i \quad (10)$$

Здесь индекс «i» нумерует летучие вещества, так как измерительный комплекс может измерять концентрации «х» сразу нескольких различных газов (используя несколько сенсоров) и по ним определять концентрации этих веществ в водном растворе. Для каждого вещества имеется свой коэффициент пересчета «А» по формуле (10).

Измеряя газовым датчиком концентрацию летучего вещества в воздухе, можно ответить на вопрос: есть ли данное вещество в водном растворе или его нет. Если есть, то по показаниям газового сенсора можно качественно судить о концентрации вещества в воде: чем больше концентрация газа в воздухе, тем больше концентрация летучего вещества в водном растворе. Этот способ дает качественные оценки. Чтобы получить количественные значения концентрации летучего вещества "i" в воде необходимо знать коэффициент «А» в формуле (10) для этого вещества. Коэффициенты «А», определяющие условие равновесия, не могут быть получены теоретически - их следует определять экспериментально.

Для этого следует в эксперименте измерять одновременно концентрации летучего вещества в воздухе и в воде. Можно получить коэффициенты «А» из уже известных для некоторых веществ коэффициентов Генри.

Процесс определения концентрации летучего вещества в сточных водах следующий.

Газовый сенсор 1 (независимо от его конструкции и принципа действия: электрохимический, гальванический, оптический, полупроводниковый и пр.) включенный в электрическую схему блока измерения 2 помещается в канализационный колодец над водным потоком. При попадании летучего вещества (газа) внутрь сенсора меняются внутренние параметры последнего (поляризация на электродах или разность потенциалов, внутреннее сопротивление, оптическая прозрачность и др.), что приводит к изменению тока в цепи. Использование прецизионного операционного усилителя, входящего в состав измерительного блока 2, позволяет определить напряжение на резисторе нагрузки, включенного в цепь сенсора. Данные измерения поступают в микроконтроллер 3, который по напряжению и сопротивлению резистора определяет ток в цепи, и далее, по чувствительности сенсора (в нА/ррт или в мкА/ррт) вычисляется концентрация газа «х» в воздухе. Затем по формуле (10) используя известный коэффициент «А» вычисляется концентрация «у» летучего вещества в сточных водах.

Вся информация затем собирается в микроконтроллера 3, который формирует пакет данных.

Микроконтроллер 3 выполнен с возможностью управления выбором газового сенсора, соответствующего анализируемому виду летучего вещества.

Микроконтроллер 3 выполнен с возможностью управления приемником навигационных сигналов 5, которые определяет актуальное местоположение системы, используемое при формировании пакета данных.

Пакет данных включает в себя: номер прибора (комплекса), местоположение прибора, дату и время регистрации сигнала, номер сенсора (или номера сенсоров, если их несколько), концентрации газа (газов) в воздухе и в воде. Сформированный пакет данных поступает в передатчик 4, который по беспроводному каналу радиосвязи осуществляет его передачу.

Таким образом, с помощью газового сенсора или набора газовых сенсоров, помещенных в канализационный колодец в воздухе над сточными водами, можно отслеживать сбросы вредных веществ в канализационную систему, а также их накопления.

Формула изобретения

1. Способ определения концентрации летучих компонентов водного раствора сточных вод по их следам в воздухе, заключающийся в том, что

устанавливают газовые сенсоры в канализационном колодце над водным потоком, выбирают газовый сенсор, соответствующий анализируемому виду летучего вещества,

измерительный блок измеряет напряжение U на резисторе нагрузки, включенном в цепь выбранного газового сенсора, и передает значение напряжения в микроконтроллер,

микроконтроллер определяет концентрацию X газа в воздухе по формуле:

$$X = U / (R \cdot K),$$

где R – сопротивление резистора нагрузки, K – чувствительность газового сенсора (ампер/ррт),

микроконтроллер определяет концентрацию Y анализируемого вида летучего вещества в сточных водах по формуле:

$$Y = A \cdot X,$$

где A – коэффициент пропорциональности для анализируемого вида летучего вещества в воде,

сравнивают определенную концентрацию летучего вещества в сточных водах с пороговым значением,

в случае превышения концентрацией летучего вещества в сточных водах допустимого уровня микроконтроллер вырабатывает сигнал приемнику навигационных сигналов для определения координат проблемного участка,

приемник навигационных сигналов определяет координаты проблемного участка и передает сигнал микроконтроллеру,

микроконтроллер формирует пакет данных, содержащий информацию о координатах и концентрации, и с использованием передатчика передает сигнал оповещения и пакет данных.

2. Способ по п. 1, в котором в качестве летучего вещества используется аммиак, или формальдегид, или метан, или сероводород.

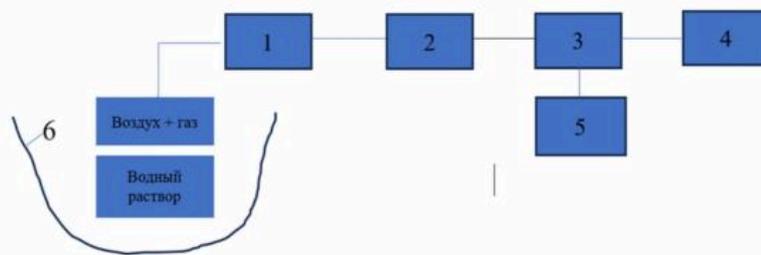
3. Система для определения концентрации летучих компонентов водного раствора сточных вод по их следам в воздухе в соответствии со способом по п. 1, содержащая газовый сенсор, измерительный блок, микроконтроллер, передатчик и приемник навигационных сигналов, причем газовый сенсор помещен в канализационный колодец в воздухе над сточными водами, выход газового сенсора соединен с входом измерительного блока, выход измерительного блока соединен с входом микроконтроллера, выход которого соединен с передатчиком и управляющим входом приемника навигационных сигналов, выход которого подключен к входу микроконтроллера.

4. Система по п. 3, в которой микроконтроллер выполнен с возможностью управления выбором газового сенсора, соответствующего анализируемому виду летучего вещества.

5. Система по п. 3, в которой микроконтроллер выполнен с возможностью управления приемником навигационных сигналов, который определяет актуальное местоположение системы, используемое при формировании пакета данных.

6. Система по п. 3, в которой измерительный блок выполнен с возможностью преобразования сигнала с выхода газового сенсора в напряжение на резисторе нагрузки, включенном в цепь газового сенсора.

7. Система по п. 3, в которой в качестве газового сенсора используется газовый сенсор на аммиак, или газовый сенсор на формальдегид, или газовый сенсор на метан, или газовый сенсор на сероводород.



Фиг. 1