

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(11) 033794

(13) B1

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента  
2019.11.26

(51) Int. Cl. *G01N 27/18* (2006.01)  
*A24F 47/00* (2006.01)

(21) Номер заявки  
201691654

(22) Дата подачи заявки  
2015.02.20

## (54) ЭЛЕКТРОННАЯ СИГАРЕТА

(31) 1451409

(56) EP-A1-2468116  
EP-A1-2143346  
WO-A2-2013098398  
EP-A2-0430566  
WO-A1-2013060781  
US-A-6040560

(32) 2014.02.21

(33) FR

(43) 2017.01.30

(86) PCT/FR2015/050416

(87) WO 2015/124878 2015.08.27

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
ДЖТ ИНТЕРНЭШНЛ С.А. (СН)

(72) Изобретатель:  
Луво Эрик, Малькаве Дидье, Анави  
Стив, Про Александр (FR)

(74) Представитель:  
Ловцов С.В., Левчук Д.В., Саленко  
А.М. (RU)

(57) В изобретении представлена электронная сигарета (1), включающая нагревательный элемент (10), подходящий для испарения вещества за некоторый период курения, отличающаяся тем, что она включает средства (30) измерения приближенного значения ( $\Delta U_{10_{MES}}(t)$ ,  $U_{10_{MES}}(t)$ ) характеристики напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) за период курения, причем упомянутое приближенное значение измеряется на выводах (B1, B2) цепи (500), ни один элемент которой не имеет собственных характеристик, на которые влияет вдыхание; средства (30) оценки приближенного значения ( $\Delta U_{10_{TH}}(t)$ ,  $U_{10_{TH}}(t)$ ) упомянутой характеристики напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) при отсутствии вдыханий за такой период курения; средства (30) вычисления интенсивности (F) вдыханий за такой период курения по интеграции разницы между такими приближенными значениями за такой период курения и средства (30) оценки упомянутого количества вещества, испаренного нагревательным элементом, по меньшей мере, по упомянутой интенсивности.

B1

033794

033794

B1

### **Предпосылки для создания изобретения**

Изобретение относится в общем к области электронных сигарет, включающих нагревательный элемент, подходящий для испарения вещества в ответ на вдыхания пользователя, когда на нагревательный элемент подается электропитание.

Более конкретно, изобретение предлагает решение по оценке количества вещества, испаренного нагревательным элементом.

Известны решения по оценке такого количества, в которых осуществляется измерение изменения в удельном сопротивлении нагревательного элемента, когда температура нагревательного элемента изменяется из-за вдыханий.

В частности, в документе EP 2468116 описано решение этого типа, в котором удельное сопротивление нагревательного элемента вычисляется по разнице потенциалов на выводах такого элемента.

К сожалению, изменение в удельном сопротивлении нагревательного элемента измерить очень трудно, так что эти решения не обеспечивают точной оценки количества испаренного вещества.

### **Цель и раскрытие изобретения**

Согласно первому аспекту изобретение относится к способу оценки количества вещества, испаренного нагревательным элементом в электронной сигарете за некоторый период курения.

В настоящем документе понятие "испарение" использовано в широком смысле; оно означает преобразование вещества в газ, включая таковое при температуре меньше чем 100°C.

Данный способ включает этап измерения приближенного значения функции напряжения на выводах нагревательного элемента за период курения, причем такое приближенное значение измеряется на выводах цепи, ни один элемент которой не имеет подверженных влиянию дыхания каких бы то ни было собственных функций; этап оценки приближенного значения этой функции напряжения на выводах нагревательного элемента при отсутствии вдыхания за период курения; этап вычисления параметра, характеризующего интенсивность вдыханий за период курения посредством интегрирования разницы между такими приближенными значениями за такой период курения; этап оценки количества вещества, испаренного нагревательным элементом, по такой интенсивности и, возможно, по другим параметрам.

Соответственно изобретение относится к электронной сигарете, включающей нагревательный элемент, подходящий для испарения вещества за некоторый период курения, отличающийся тем, что он включает средства измерения приближенного значения функции напряжения на выводах нагревательного элемента за период курения, причем такое приближенное значение измеряется на выводах цепи, ни один элемент которой не имеет собственных функций, на которые влияет вдыхание; средства оценки приближенного значения этой функции напряжения на выводах нагревательного элемента при отсутствии вдыхания за период курения; средства вычисления интенсивности вдыханий за период курения по интегрированию разницы между такими приближенными значениями за такой период курения; средства оценки количества вещества, испаренного нагревательным элементом, по такой интенсивности и, возможно, по другим параметрам.

Таким образом и в общем, изобретение предлагает оценивать количество испаренного вещества за некоторый период курения путем сравнения значений функций напряжения на выводах нагревательного элемента со значениями этих функций при отсутствии вдыханий. Однако как большое преимущество изобретение измеряет эти значения не непосредственно, а осуществляет оценку на выводах цепи, на собственные функции которой не влияют вдыхания.

За счет этого явно преимущественного признака изобретение обеспечивает весьма надежную оценку интенсивности вдыханий и поэтому значительно улучшает оценку количества испаренного вещества.

Как большое преимущество, вышеупомянутая цепь, на выводах которой осуществляются измерения, чтобы оценить значения функции напряжения на выводах нагревательного элемента, сама не включает нагревательный элемент. Этот признак, как преимущество, предусматривает ограничение энергии, расходуемой для определения количества испаренного вещества, так что весьма большая часть совокупной энергии, расходуемой электронной сигаретой, используется для испарения вещества. Устройство изобретения для измерения количества вещества, испаренного электронной сигаретой, поэтому не имеет недостатков устройства, описанного в документе EP 2143346.

В одном варианте осуществления изобретения определенное количество испаренного вещества используется для оценки количества или качества компонентов, вдыхаемых пользователем, например количества никотина.

В первом варианте осуществления изобретения оценивается изменение в напряжении на выводах нагревательного элемента.

В первом варианте этого варианта осуществления приближенное значение изменения в напряжении на выводах нагревательного элемента вычисляется по напряжениям, измеренным на выводах по меньшей мере двух элементов, причем напряжения на выводах каждого из этих элементов дают приближенное значение напряжения на выводах нагревательного элемента в моменты, которые немного сдвинуты по времени.

В данном варианте осуществления изобретения электронная сигарета согласно изобретению включает по меньшей мере два элемента, причем напряжение на выводах каждого из этих элементов дает

приближенное значение напряжения на выводах упомянутого нагревательного элемента в моменты, которые немного сдвинуты по времени, и средства измерения приближенного значения изменения в напряжении на выводах нагревательного элемента по напряжениям, измеренным на выводах этих элементов.

Изобретение предлагает отслеживание изменения во времени функции напряжения на выводах нагревательного элемента не с помощью инструмента, который бы точно и прямо отслеживал напряжение в реальном времени, а создавал искусственную задержку - дельта А - между двумя элементами электронной сигареты, причем эта задержка обеспечивает получение в момент времени t оценки изменения в напряжении на выводах нагревательного средства между моментом времени (t-дельта) и моментом времени (t).

В одном варианте осуществления этими элементами являются последовательные RC-цепи, соединенные последовательно.

Во втором варианте этого первого варианта осуществления приближенное значение изменения в напряжении на выводах нагревательного элемента является производной по времени разницы потенциалов, измеренных на выводах измерительного сопротивления, соединенного последовательно с нагревательным элементом.

Во втором варианте осуществления изобретения оценивается напряжение на выводах нагревательного элемента.

В одном варианте осуществления этого второго варианта приближенное значение напряжения на выводах нагревательного элемента является напряжением, измеренным на выводах измерительного сопротивления, соединенного последовательно с упомянутым нагревательным элементом.

В данном варианте осуществления электронная сигарета включает средства, подходящие для измерения разницы потенциалов на выводах измерительного сопротивления, соединенного последовательно с нагревательным элементом, и средства измерения приближенного значения изменения в напряжении на выводах нагревательного элемента по такой разнице потенциалов.

#### **Краткое описание чертежей**

Другие признаки и преимущества настоящего изобретения станут понятными из приведенного ниже описания со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых показан один вариант его осуществления, не имеющий ограничительного характера. На чертежах:

фиг. 1 - первый вариант осуществления электронной сигареты в соответствии с изобретением;

фиг. 2 - изменение в напряжении на выводах компонентов электронной сигареты с фиг. 1 после выдыхания;

фиг. 3 - теоретическая разница между выходными напряжениями двух RC-цепей с фиг. 1 при отсутствии выдыханий;

фиг. 4 - иллюстрация способ вычисления интенсивности выдыханий из электронной сигареты с фиг. 1;

фиг. 5 - детали электронной сигареты в соответствии с вторым вариантом осуществления изобретения;

фиг. 6 - детали электронной сигареты в соответствии с третьим вариантом осуществления изобретения;

фиг. 7 - иллюстрация способа вычисления интенсивности выдыханий из электронной сигареты с фиг. 6;

фиг. 8 - детали электронной сигареты в соответствии с четвертым вариантом осуществления изобретения;

фиг. 9 - в форме технологической схемы показаны основные этапы способа оценки в соответствии с одним частным вариантом осуществления изобретения.

#### **Подробное описание первого варианта осуществления изобретения**

Теперь со ссылками на фиг. 1 будет описан первый вариант осуществления электронной сигареты 1 в соответствии с изобретением, причем на этой фигуре чертежей показаны только электронные компоненты, полезные для понимания данного варианта осуществления.

Электронная сигарета 1 включает нагревательный элемент 10, подходящий для испарения вещества, причем удельное сопротивление  $R_{10}(t)$  этого нагревательного элемента способно изменяться как функция температуры.

В данном варианте осуществления нагревательный элемент 10 включает первый вывод, который не обозначен, соединенный с заземлением, и второй вывод А, так что потенциал  $U_{10}$  на этом выводе соответствует напряжению на выводах нагревательного элемента 10.

В соответствии с изобретением электронная сигарета 1 включает аккумулятор 3, подходящий для подачи напряжения  $U_0$ , и переключатель 5, соединенный с выводом Р аккумулятора, чтобы подавать электропитание, но только когда пользователь нажмет кнопку, которая не показана, на нагревательный элемент 10 от аккумулятора 3.

В данном варианте осуществления напряжение  $U_0$  является номинальным напряжением порядка 3,7 В, и разрядная кривая находится в диапазоне [4,2 В, 0 В].

Когда переключатель 5 замкнут, электрический ток с силой  $i$  проходит через этот переключатель, и электрический ток с силой  $i_{10}$  проходит через нагревательный элемент 10.

Таким образом, чтобы можно было измерить изменения в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10, электронная сигарета 1 в данном варианте осуществления включает измерительное сопротивление  $R$ , установленное последовательно между выводом Q переключателя 5 и выводом А нагревательного элемента 10. Электрический ток с силой  $i$  проходит через измерительное сопротивление, когда переключатель 5 замкнут. На собственные функции измерительного сопротивления  $R$  вдыхания не влияют.

Вследствие этого конкретного расположения и с учетом того, что переключатель 5 является совершенным переключателем (т.е. не имеет потерь, поэтому  $U_5 = U_0$ ), известным образом получаем следующее:

$$U_{10}(t) = U_0 \cdot R_{10}(t) / (R + R_{10}(t)) \quad (1)$$

Следовательно, изменения в удельном сопротивлении  $R_{10}(t)$  нагревательного элемента 10 сопровождаются изменением в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента.

На фиг. 2 на оси ординат показано напряжение  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 как функция времени, причем на этой фигуре чертежей представлены четыре события, происходящие в моменты времени  $t_1$ - $t_4$ :

$t_1$ : нажатие кнопки, замыкающей переключатель 5. Напряжение  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10, которое было равно нулю, почти мгновенно достигает напряжения, очень близкого к напряжению  $U_0$  аккумулятора 3. С этого момента  $t_1$  и пока пользователь не осуществляет вдыхание, температура нагревательного элемента 10 увеличивается до тех пор, пока не достигнет предельной температуры, и его удельное сопротивление  $R_{10}(t)$  увеличивается, и напряжение  $U_{10}(t)$  увеличивается;

$t_2$  и  $t_3$ : начало и конец вдыхания. Вдыхание приносит поток холодного воздуха на нагревательный элемент 10, вызывающий эффект понижения его температуры, уменьшения его удельного сопротивления  $R_{10}(t)$  и поэтому понижения напряжения  $U_{10}(t)$  на его выводах. Наоборот, конец вдыхания приводит, если переключатель 5 удерживается в замкнутом состоянии, к повторному нагреву нагревательного элемента и к увеличению напряжения на его выводах;

$t_4$ : отпускание кнопки и размыкание переключателя 5: нагревательный элемент 10 больше не получает электропитание от аккумулятора 3, и напряжение  $U_{10}(t)$  на его выводах почти мгновенно снова становится равным нулю.

В настоящем документе "период курения" относится к периоду времени между мгновениями  $t_1$  и  $t_4$ , т.е. к периоду, в течение которого пользователь нажимает кнопку, переводящую переключатель 5 в замкнутое состояние. В течение этого периода пользователь может при необходимости не вдыхать или вдыхать одну или несколько затяжек.

В этом первом конкретном варианте осуществления изобретения количество вещества, испаренного за некоторый период курения, оценивается путем сравнения измеренного  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  - приближенного значения изменения в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 - за период курения с теоретической оценкой  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  этого приближенного значения изменения в напряжении при отсутствии вдыхания за период курения.

Более конкретно, в данном варианте осуществления изобретения в качестве приближенного значения изменения в напряжении в момент  $t$  на выводах нагревательного элемента 10 выбрана разница между двумя напряжениями  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$ , измеренными на выводах B1, B2 цепи 500, включающей две ветви 11, 12, которые отдельные и одного типа, причем напряжения  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$  на выводах этой цепи 500 являются приближенными значениями напряжения  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 в два момента, которые немного сдвинуты по времени.

Очень важно понять, что ни один из компонентов цепи 500 не имеет подверженных влиянию дыхания каких бы то ни было собственных функций.

В данном варианте осуществления использованы две последовательные ветви RC-цепи 11, 12, установленные последовательно между нагревательным элементом 10 и вычислительными средствами 30, подходящими для вычисления разницы между напряжениями  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$ .

В данном варианте осуществления напряжения  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$  являются потенциалами в точках В и С, показанных на фиг. 1.

Постоянную времени  $T_{12}$  второй RC-цепи 12 выбирают намного большей, чем постоянная времени  $T_{11}$  первой ветви RC-цепи 11, например, с коэффициентом 100.

В данном варианте осуществления усилитель 20 с коэффициентом усиления  $G$  используют для усиления разницы  $\Delta U_{10}(t)$  между  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$ .

В данном варианте осуществления сопротивления  $R_{11}$  и  $R_{12}$  ветвей RC-цепи 11 и 12 пренебрежимо малы по сравнению с импедансом усилителя 20.

Следовательно,

$$\Delta U_{10}(t) = G \cdot (U_{12}(t) - U_{11}(t))$$

В данном варианте осуществления коэффициент усиления  $G$  выбирают в диапазоне [100; 10000],

например равным 500; разница  $U_{12}(t)-U_{11}(t)$  составляет порядка нескольких десятков микровольт и  $\Delta U_{10}(t)$  составляет порядка нескольких десятков, даже сотен, микровольт и может быть определена вычислительными средствами 30.

На фиг. 2 также представлены выходные напряжения  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$  последовательных ветвей RC-цепи 11 и 12.

Как было сказано выше, когда пользователь нажимает кнопку в момент  $t_1$ , на нагревательный элемент 10 поступает электропитание, и напряжение  $U_{10}(t)$  на его выводах увеличивается. Две емкости  $C_{11}$ ,  $C_{12}$  ветвей RC-цепи 11, 12 заряжаются, причем вторая емкость  $C_{12}$  большего значения заряжается с задержкой относительно первой емкости  $C_{11}$  меньшего значения. Следовательно, наблюдаем, что между моментом нажатия кнопки ( $t_1$ ) и моментом начала вдыхания ( $t_2$ )  $U_{12}(t) < U_{11}(t) < U_{10}(t)$ .

Когда пользователь начинает вдыхать в момент  $t_2$ , нагревательный элемент 10 охлаждается, и напряжение  $U_{10}(t)$  на его выводах уменьшается. Вторая емкость  $C_{12}$  большего значения заряжается с задержкой относительно первой емкости  $C_{11}$  меньшего значения. При этом наблюдаем, что во время всей продолжительности вдыхания, т.е. между моментами  $t_2$  и  $t_3$ ,  $U_{12}(t) > U_{11}(t) > U_{10}(t)$ .

Когда пользователь прекращает вдыхание в момент  $t_3$ , нагревательный элемент 10 снова нагревается и напряжение  $U_{10}(t)$  на его выводах увеличивается. То есть происходит возврат к ситуации, когда  $U_{12}(t) < U_{11}(t) < U_{10}(t)$ .

Вскоре после того, как пользователь отпустит кнопку в момент  $t_4$ , напряжение  $U_{10}(t)$  снова становится равным нулю, емкости  $C_{11}$  и  $C_{12}$  разряжаются, и их выходные напряжения  $U_{11}(t)$ ,  $U_{12}(t)$  снова становятся равными нулю.

Когда на выводах емкости присутствует постоянное напряжение, известным образом проводится различие между переходным состоянием, во время которого емкость постепенно заряжается до предельного заряда, зависящего от ее значения, и стационарным состоянием, во время которого заряд емкости остается на этом предельном значении пока на выводах емкости продолжает присутствовать это постоянное напряжение.

Фиг. 2 соответствует ситуации, в которой пользователь начинает вдыхание (момент  $t_2$ ) в стационарном состоянии. Специалист в данной области техники поймет, что если пользователь начал вдыхание во время переходного состояния, то поскольку емкость  $C_{12}$  большего значения заряжена не полностью, выходное напряжение  $U_{12}(t)$  второй емкости необязательно станет больше, чем выходное напряжение  $U_{11}(t)$  первой емкости.

В данном варианте осуществления система, образованная двумя ветвями 11 и 12, находится в переходном состоянии в течение приблизительно 800 мс после момента  $t_1$ , в который пользователь нажимает кнопку.

Иллюстрируя эти разные состояния, фиг. 3 представляет теоретическую разницу  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  между выходными напряжениями  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$  двух ветвей RC-цепи 11, 12 при отсутствии вдыханий, другими словами теоретическое приближенное значение изменения в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 в момент  $t$ .

Во время переходного состояния  $U_{12}(t)$  всегда меньше, чем  $U_{11}(t)$ , но, как показано на фиг. 2, абсолютное значение разницы между этими двумя напряжениями увеличивается и затем уменьшается, пока оно не достигнет постоянного значения  $\alpha$  в стационарном состоянии.

В данном варианте осуществления этим постоянным значением  $\alpha$  можно пренебречь и ниже оно предполагается равным нулю.

В переходном состоянии и отмечая:

$R_{11}$  - сопротивление первой последовательной ветви RC-цепи 11;

$C_{11}$  - емкость первой последовательной ветви RC-цепи 11;

$R_{12}$  - сопротивление второй последовательной ветви RC-цепи 12;

$C_{12}$  - емкость второй последовательной ветви RC-цепи 12;

$T_{11}$  - постоянная времени  $R_{11}.C_{11}$  первой последовательной ветви RC-цепи 11;

$T_{12}$  - постоянная времени  $R_{12}.C_{12}$  второй последовательной ветви RC-цепи 12,

теоретически получаем следующее:

$$U_{11_{TH}}(t) = U_{10}(t) \cdot (1 - \exp(-t/T_{11}))$$

$$U_{12_{TH}}(t) = U_{11_{TH}}(t) \cdot (1 - \exp(-t/T_{12}))$$

$$\text{т.е., } U_{12_{TH}}(t) = U_{10}(t) \cdot (1 - \exp(-t/T_{11})) \cdot (1 - \exp(-t/T_{12}))$$

Следовательно, теоретическое изменение  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  в напряжении на выводах нагревательного элемента 10 может быть выражено как

$$\Delta U_{10_{TH}}(t) = G \cdot (U_{11_{TH}}(t) - U_{12_{TH}}(t))$$

$$\text{т.е., } \Delta U_{10_{TH}}(t) = G \cdot U_{10}(t) \cdot (1 - \exp(-t/T_{11})) \cdot (\exp(-t/T_{12}))$$

или с (1):

$$\Delta U_{10_{TH}}(t) = G \cdot [U_0 \cdot R_{10}(t) / (R + R_{10}(t))] \cdot (1 - \exp(-t/T_{11})) \cdot (\exp(-t/T_{12}))$$

При аппроксимации, что  $R_{10}(t)$  постоянно за период курения и равно  $R_{10}(t_1)$ , в конечном итоге получаем выражение для  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$ :

в переходном состоянии

$$\Delta U_{10_{TH}}(t) = G \cdot [U_0 \cdot R_{10}(t_1) / (R + R_{10}(t_1))] \cdot (1 - \exp(-t/T_{11})) \cdot (\exp(-t/T_{12})) \quad (2)$$

в стационарном состоянии

$$\Delta U_{10_{TH}}(t) = \alpha = 0.$$

В варианте осуществления с фиг. 1 приближенное значение  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  изменения в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 является выходным напряжением средства усиления 20, т.е. потенциалом на выводе 9.

В данном варианте осуществления количество испаренного вещества за некоторый период курения оценивается по интенсивности вдыхания  $F$ , вычисленной путем интегрирования разницы за некоторый период курения между приближенным значением  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  изменения в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 за период курения и теоретической оценкой  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  этого приближенного значения этого изменения в напряжении при отсутствии вдыхания в период курения.

Эта интенсивность вдыхания  $F$  соответствует в данном примере варианта осуществления заштрихованной области на фиг. 4. Эта область может быть вычислена, в частности, по сумме Римана с интервалом 20 мс между моментами  $t_2$  и  $t_4$ . В данном примере варианта осуществления  $t_2$  определяется как момент, в который абсолютное значение разницы  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  и  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  становится больше, чем заданный порог  $S_{T2}$

$$|\Delta U_{10_{MES}}(t_2) - \Delta U_{10_{TH}}(t_2)| > S_{T2}$$

Момент  $t_4$  является моментом, в который пользователь отпускает кнопку.

Для того чтобы вычислить интенсивность вдыхания  $F$  по методу Римана,  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  и  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  оценивают и сохраняют в разные моменты между  $t_1$  и  $t_4$ , например каждые 20 мс. В данном варианте осуществления:

- 1)  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  - измеренное значение потенциала на выводе 9 в момент  $t$ ;
- 2)  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  между  $t_1$  и  $t_1+800$  мс (переходное состояние) считывают из записи в первой базе данных  $BD1$ , созданной во время предварительных испытаний, проводимых в лаборатории, и хранят в электронной сигарете 1, причем запись выбирают как функцию параметров из уравнения (2);
- 3)  $\Delta U_{10_{TH}}(t) = 0$ , между  $t_1+800$  мс и  $t_4$  (стационарное состояние).

Возвращаясь к уравнению (2), выражение для  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  в переходном состоянии зависит от шести параметров, а именно коэффициент усиления  $G$  усилителя 20; напряжение  $U_0$ , подаваемое аккумулятором 3; удельное сопротивление  $R_{10}(t_1)$  нагревательного элемента, предполагаемое постоянным; значение измерительного сопротивления  $R$ ; постоянные времени  $T_{11}$  и  $T_{12}$  ветвей RC-цепи 11 и 12.

В данном варианте осуществления и возвращаясь к фиг. 1, вычислительные средства 30 подходят для измерения напряжения  $U_0$  на выводе  $P$  аккумулятора 3 посредством пробника напряжения 6.

В данном варианте осуществления вычислительные средства 30 также подходят для оценки удельного сопротивления  $R_{10}(t_1)$  нагревательного элемента. В этой связи, вычислительные средства 30 измеряют в момент  $t_1$  напряжение  $U_5$  на выводе  $Q$  переключателя 5 посредством пробника напряжения 7 и напряжение  $U_{10}$  на выводе  $A$  нагревательного элемента 10 посредством пробника напряжения 8.

Обозначая как " $i$ " силу тока, который проходит через сопротивление  $R$ , применение правила Кирхгофа для токов на выводе  $A$  и закона Ома для сопротивления  $R$  дает:  $i_1 + i_{10} = (U_5 - U_{10})/R$ .

Однако в данном варианте осуществления  $i_1$  пренебрежимо мало до  $i_{10}$ . Следовательно, применяя закон Ома к нагревательному элементу 10

$$R_{10} = R \cdot U_{10} / (U_5 - U_{10}) \quad (3)$$

В данном варианте осуществления изобретения для некоторого множества шестерок элементов, соответствующих шести параметрам  $\{G, U_0, R_{10}, R, T_{11}, T_{12}\}$  в первой базе данных  $BD1$  сохраняются значения теоретического напряжения  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  при отсутствии вдыханий и в переходном состоянии в разные моменты  $t$  между  $t_1$  и  $t_1+800$  мс.

Вычислительные средства поэтому способны вычислять интенсивность вдыханий  $F$  по методу Римана.

В данном варианте осуществления вычислительные средства 30 запрашивают вторую базу данных  $BD2$  электронной сигареты 1, чтобы определить количество испаренного вещества за период курения как функцию четырех параметров:

продолжительность  $t_4 - t_1$  периода курения;

напряжение  $U_0$  аккумулятора 3, измеренное вычислительными средствами 30;  
сопротивление  $R_{10}(t_1)$  нагревательного элемента 10, предполагаемое постоянным за некоторый период курения и измеренное вычислительными средствами 30; и  
интенсивность вдыхания  $F$ , здесь вычисляемую по методу Римана.

Как вариант, также могут быть использованы другие параметры, а именно температура нагревательного элемента 10 в момент  $t_1$ , вязкость вещества, скорость испарения вещества, передаточная функция нагревательного элемента 10, характеризующая его охлаждение, плотность капель испаряемого вещества как функция интенсивности вдыхания  $F$  и т.д.

В данном варианте осуществления напряжение  $U_0$  аккумулятора 3 измеряется вычислительными средствами 30. Как вариант, это напряжение может считаться постоянным и равным номинальному значению аккумулятора.

Описание второго варианта осуществления изобретения.

В варианте осуществления с фиг. 1 две последовательные ветви RC-цепи 11, 12 и усилитель 20 используются для оценки изменения в напряжении  $\Delta U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10.

Как вариант и как показано на фиг. 5, может, например, использоваться цепь 500, включающая три ветви RC-цепи и два усилителя 20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub>.

В данном варианте осуществления

первая ветвь RC-цепи ( $R_{11}/C_{11}$ ) очень близко следует напряжению на выводах нагревательного элемента  $R_{10}$  и представляет оценку напряжения на выводах нагревательного элемента  $R_{10}(t)$  в момент  $t$  измерения;

вторая ветвь RC-цепи ( $R_{12}/C_{12}$ ) с небольшой задержкой  $dt$  следует напряжению на выводах нагревательного элемента  $R_{10}$  и представляет оценку того, каким было напряжение  $R_{10}(t-dt)$  на выводах нагревательного элемента  $R_{10}$  в прошлый момент  $t-dt$ , близкий к моменту  $t$  измерения;

третья ветвь RC-цепи ( $R_{13}/C_{13}$ ) с более значительной задержкой  $Dt$  следует напряжению на выводах нагревательного элемента  $R_{10}$  и представляет оценку того, каким было напряжение  $R_{10}(t-Dt)$  на выводах нагревательного элемента  $R_{10}$  в прошлый момент  $t-Dt$ , более отдаленный от момента  $t$  измерения.

В этой связи, постоянные времени трех ветвей RC-цепи выбраны так, чтобы выполнялось следующее выражение:

$$R_{11}.C_{11} < R_{12}.C_{12} < R_{13}.C_{13}$$

Кроме того, для более точного отслеживания более оптимальным является выполнение следующего условия:

$$(R_{11}.C_{11})/(R_{12}.C_{12}) < (R_{12}.C_{12})/(R_{13}.C_{13})$$

Ни один из компонентов цепи 500 не имеет подверженных влиянию дыхания каких бы то ни было собственных функций.

В данном варианте осуществления цепь 500 имеет четыре вывода  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$  и  $B_4$ .

Как и в первом варианте осуществления, количество испаренного вещества за некоторый период курения оценивается по интенсивности вдыхания  $F$ , вычисленной путем интегрирования разницы за некоторый период курения между приближенным значением изменения в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 и теоретической оценкой  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  этого приближенного значения изменения в напряжении при отсутствии вдыханий за период курения.

Однако поскольку, как преимущество, в данном варианте осуществления осуществляются две аппроксимации  $\Delta U_{10_{MES}}^1(t)$  и  $\Delta U_{10_{MES}}^2(t)$  изменения в напряжении  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 за период курения, первое приближенное значение измеряют на выводах  $B_1$  и  $B_2$  цепи 500 и второе приближенное значение измеряют на выводах  $B_3$  и  $B_4$  цепи 500.

Этот вариант осуществления предлагает улучшение оценки изменений в напряжении на выводах нагревательного элемента 10, при этом независимо от характеристик вдыхания.

Действительно, посредством выбора постоянных времени: напряжение, измеренное на выводах  $B_1$  и  $B_2$  цепи 500, представляет, в частности, напряжение на выводах нагревательного элемента  $R_{10}$  для определенного типа вдыхания, например быстрое и/или интенсивное или неравномерное вдыхание; в то время как напряжение, измеренное на выводах  $B_3$  и  $B_4$  цепи 500, представляет, в частности, напряжение на выводах нагревательного элемента  $R_{10}$  для другого типа вдыхания, например медленное и/или неглубокое или непрерывное вдыхание.

Следовательно, в данном варианте осуществления строим две следующие кривые  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  и  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$ :

$$\Delta U_{10_{MES}}(t) = K_1 \Delta U_{10_{MES}}^1(t) + K_2 \Delta U_{10_{MES}}^2(t)$$

$$\Delta U_{10_{TH}}(t) = K_1 \Delta U_{10_{TH}}^1(t) + K_2 \Delta U_{10_{TH}}^2(t)$$

где  $\Delta U_{10_{TH}}^1(t)$  и  $\Delta U_{10_{TH}}^2(t)$  - теоретические оценки приближенных значений  $\Delta U_{10_{MES}}^1(t)$  и  $\Delta U_{10_{MES}}^2(t)$  при отсутствии вдыхания за период курения.

Следовательно, для того чтобы вычислить интенсивность  $F$  вдыхания, фиксируем область между этими двумя кривыми  $\Delta U_{10_{MES}}$  и  $\Delta U_{10_{TH}}$ .

Коэффициенты  $K1$  и  $K2$  фиксированные и определены как функция постоянных времени RC-цепи (значения  $R11.C11$ ,  $R12.C12$  и  $R13.C13$ ).

Эта пара коэффициентов может быть выбрана, но без ограничения, в соответствии с одним из четырех следующих примеров.

Пример 1.

$$K1 = 1/2; K2 = 1/2.$$

Пример 2.

$$K1 = (R11.C11 + R12.C12) / (R11.C11 + 2.R12.C12 + R13.C13);$$

$$K2 = (R12.C12 + R13.C13) / (R11.C11 + 2.R12.C12 + R13.C13).$$

Пример 3.

$$K1 = R12.C12 / (R11.C11) / ((R12.C12) / (R11.C11) + (R13.C13) / (R12.C12));$$

$$K2 = R13.C13 / (R12.C12) / ((R12.C12) / (R11.C11) + (R13.C13) / (R12.C12)).$$

Пример 4.

$$K1 = (R12.C12 - R11.C11) / (R13.C13 - R11.C11);$$

$$K2 = (R13.C13 - R12.C12) / (R13.C13 - R11.C11).$$

Для того чтобы обеспечить правильную работу, эти коэффициенты могут быть проверены/подтверждены в лаборатории.

Описание третьего варианта осуществления изобретения.

В варианте осуществления с фиг. 6 переменная, которую оценивают для напряжения на выводах нагревательного элемента, является не изменением  $\Delta U_{10}(t)$  этого напряжения, а значением  $U_{10}(t)$  этого напряжения как такового.

В данном варианте осуществления изобретения это значение  $U_{10}(t)$  оценивают, измеряя напряжение  $U5-U_{10}$  на выводах В1 и В2 цепи 500, в данном примере измерительным сопротивлением R.

Более конкретно, по уравнению (3)

$$U_{10}(t) = R_{10} / R \cdot (U5 - U_{10}(t)) \quad (4)$$

Для этого варианта осуществления требуется, чтобы вычислительные средства 30 были подсоединены к выводам В1 и В2 измерительного сопротивления R, чтобы точно измерить изменения в  $U5-U_{10}$ .

На фиг. 7 показано

приближенное значение  $U_{10_{MES}}(t)$  напряжения  $U_{10}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 за период курения, вычисленное с использованием уравнения (4), при этом разница  $(U5-U_{10})(t)$  представляет собой разницу потенциалов, измеренных вычислительными средствами 30 с фиг. 6 между точками В1 и В2;

оценка приближенного значения  $U_{10_{TH}}(t)$  на выводах нагревательного элемента 10 при отсутствии выдыханий за упомянутый период курения;

интенсивность F вдыхания, соответствующая интегрированию разницы между  $U_{10_{MES}}(t)$  и  $U_{10_{TH}}(t)$  за период курения.

Описание четвертого варианта осуществления изобретения.

В четвертом варианте осуществления, показанном на фиг. 8, чтобы оценить изменение  $\Delta U_{MES10}(t)$  в напряжении на выводах нагревательного элемента 10, как и в первом варианте осуществления, находят разницу между двумя напряжениями  $U_{12}(t)$  и  $U_{11}(t)$  на выводах В1 и В2 цепи 500, при этом каждое из этих напряжений дает приближенное значение напряжения на выводах нагревательного элемента (10) в моменты, которые немного сдвинуты по времени.

В данном варианте осуществления цепь 500 используют для создания такой задержки с помощью линии задержки 90 между точками измерения напряжений  $U_{11}(t)$  и  $U_{12}(t)$ .

Такая линия задержки может быть сформирована, например, большой емкостью; аналого-цифровым преобразователем, соединенным с цифроаналоговым преобразователем.

Вдыхания не влияют на собственные функции линии задержки 90.

Описание пятого варианта осуществления изобретения.

В четвертом варианте осуществления изобретения изменение  $\Delta U_{MES10}(t)$  в напряжении на выводах нагревательного элемента 10 может быть также оценено путем вычисления временной производной измеряемого напряжения  $U_{10_{MES}}(t)$ , как в третьем варианте осуществления, с помощью вычислительных средств 30 с фиг. 6 между точками В1 и В2.

Это значение можно сравнить с теоретическим изменением  $\Delta U_{TH10}(t)$  напряжения на выводах нагревательного элемента 10 при отсутствии выдыханий, как в первом варианте осуществления.

На фиг. 9 в форме технологической схемы показан способ оценки количества испаренного вещества в соответствии с одним конкретным вариантом осуществления изобретения.

Этот способ может быть реализован, например, вычислительными средствами 30 электронной сигареты с фиг. 1.

На этапе E10 вычислительные средства 30 отслеживают нажатие кнопки, приводящее к замыканию переключателя 5. Момент  $t1$  обнаружения сохраняется в памяти.

На этапе E20, сразу же после такого момента обнаружения, вычислительные средства 30 измеряют



напряжение  $U_0$ , подаваемое аккумулятором 3, и удельное сопротивление  $R_{10}(t_1)$  нагревательного элемента.

На этапе E30 каждые 20 мс до момента  $t_4$  обнаружения отпускания кнопки, приводящего к размыканию переключателя 5, вычислительные средства 30

измеряют  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  (потенциал на выводе 9);

оценивают  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$ , осуществляя считывание из первой базы данных BD1 в интервале между моментами  $t_1$  и  $t_1+800$  мс. В интервале между моментами  $t_1+800$  мс и  $t_4$  они оценивают  $\Delta U_{10_{TH}}(t) = 0$ .

На этапе E40 вычислительные средства 30 оценивают момент  $t_2$  начала вдыхания, причем этот момент является первым моментом после  $t_1$ , так что

$$|\Delta U_{10_{MES}}(t_2) - \Delta U_{10_{TH}}(t_2)| > S_{T2}.$$

На этапе E50 вычислительные средства 30 вычисляют интенсивность  $F$  вдыхания в форме интегрирования разницы между  $\Delta U_{10_{MES}}(t)$  и  $\Delta U_{10_{TH}}(t)$  в интервале между  $t_2$  и  $t_4$ .

На этапе E60 вычислительные средства 30 оценивают количество испаренного вещества между  $t_2$  и  $t_4$ , запрашивая вторую базу данных B2.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Электронная сигарета (1), включающая нагревательный элемент (10), подходящий для испарения вещества за некоторый период курения, отличающаяся тем, что она включает

средства (30) измерения приближенного значения ( $\Delta U_{10_{MES}}(t)$ ) функции напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) за период курения, причем упомянутое приближенное значение измеряется на выводах (B1, B2) цепи (500), параметры элементов которой не подвержены влиянию вдыхания;

средства (30) оценки приближенного значения ( $\Delta U_{10_{TH}}(t)$ ) упомянутой функции напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) при отсутствии вдыханий за такой период курения;

средства (30) вычисления интенсивности ( $F$ ) вдыханий за такой период курения из интегрирования разницы между такими приближенными значениями за такой период курения и

средства (30) оценки упомянутого количества вещества, испаренного нагревательным элементом, по меньшей мере, по упомянутой интенсивности,

причем функцией упомянутого напряжения ( $U_{10}(t)$ ) в данный момент является изменение ( $\Delta U_{10}(t)$ ) упомянутого напряжения в этот момент.

2. Электронная сигарета по п.1, отличающаяся тем, что она включает

по меньшей мере два элемента, причем напряжение на выводах каждого из этих элементов дает приближенное значение напряжения на выводах упомянутого нагревательного элемента (10) в моменты, которые немного сдвинуты по времени; и

средства измерения приближенного значения ( $\Delta U_{10_{MES}}(t)$ ) изменения в напряжении ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента по напряжениям ( $U_{12}(t)$ ,  $U_{11}(t)$ ), измеренным на выводах упомянутых элементов.

3. Электронная сигарета по п.2, отличающаяся тем, что упомянутыми цепями (11, 12) являются последовательные RC-цепи, соединенные последовательно.

4. Электронная сигарета по п.1, отличающаяся тем, что она включает средства вычисления (30), подходящие для измерения разницы потенциалов на выводах измерительного сопротивления ( $R$ ), соединенного последовательно с нагревательным элементом (10), и средства измерения приближенного значения ( $\Delta U_{10_{MES}}(t)$ ) изменения в напряжении ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента по такой разнице потенциалов.

5. Способ оценки количества вещества, испаренного нагревательным элементом (10) в электронной сигарете (1) по любому из пп.1-4, за некоторый период курения, отличающийся тем, что он включает

этап (E30) измерения приближенного значения ( $\Delta U_{10_{MES}}(t)$ ) функции напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) за период курения, причем упомянутое приближенное значение измеряется на выводах (B1, B2) цепи (500), параметры элементов которой не подвержены влиянию вдыхания;

этап (E30) оценки приближенного значения ( $\Delta U_{10_{TH}}(t)$ ) упомянутой функции напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента (10) при отсутствии вдыханий за такой период курения;

этап (E50) вычисления интенсивности ( $F$ ) вдыханий за такой период курения из интегрирования разницы между такими приближенными значениями за такой период курения;

этап (E60) оценки упомянутого количества вещества, испаренного нагревательным элементом, по меньшей мере, по упомянутой интенсивности, причем функцией упомянутого напряжения ( $U_{10}(t)$ ) в данный момент является изменение ( $\Delta U_{10}(t)$ ) упомянутого напряжения в этот момент.

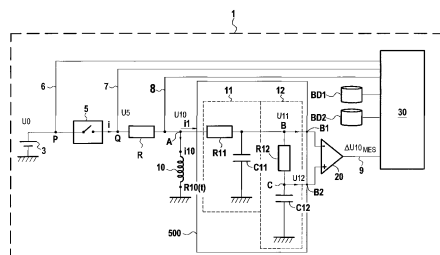
6. Способ оценки по п.5, отличающийся тем, что приближенное значение ( $\Delta U_{10_{MES}}(t)$ ) изменения в напряжении ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента вычисляется по напряжениям ( $U_{12}(t)$ ,  $U_{11}(t)$ ), измеренным на выводах по меньшей мере двух элементов, при этом напряжения на выводах каждого из этих элементов дают приближенное значение напряжения на выводах упомянутого нагревательного эле-

мента (10) в моменты, которые немного сдвинуты по времени.

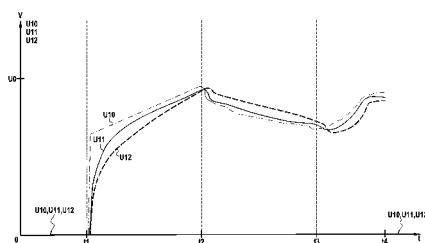
7. Способ оценки по п.6, отличающийся тем, что упомянутыми элементами (11, 12) являются последовательные RC-цепи, соединенные последовательно.

8. Способ оценки по п.5, отличающийся тем, что приближенное значение ( $\Delta U_{10_{MES}}(t)$ ) изменения в напряжении ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента является производной по времени разницы потенциалов, измеренных на выводах измерительного сопротивления ( $R$ ), соединенного последовательно с упомянутым нагревательным элементом (10).

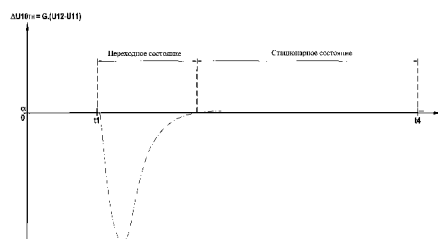
9. Способ оценки по п.5, отличающийся тем, что приближенным значением напряжения ( $U_{10}(t)$ ) на выводах нагревательного элемента является напряжение, измеренное на выводах измерительного сопротивления ( $R$ ), соединенного последовательно с упомянутым нагревательным элементом (10).



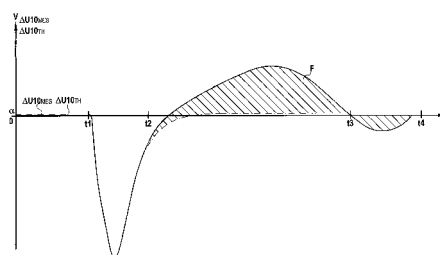
Фиг. 1



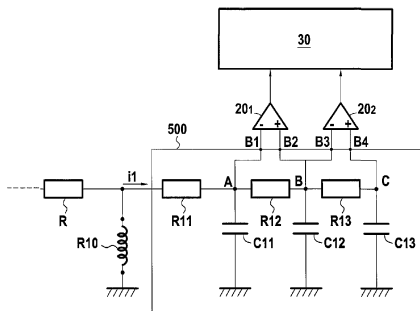
Фиг. 2



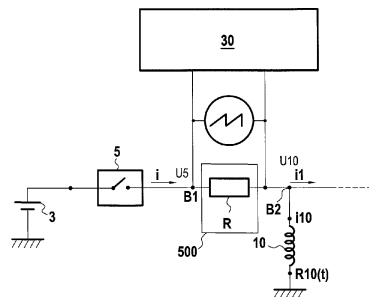
Фиг. 3



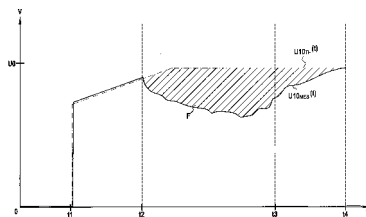
Фиг. 4



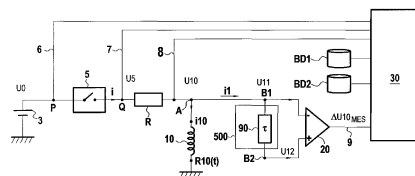
Фиг. 5



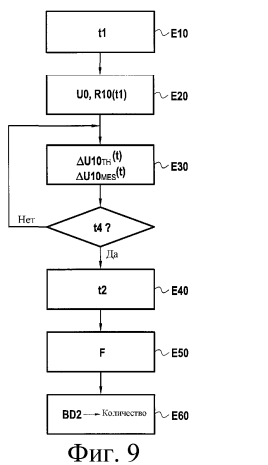
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9