

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2808437

**ВИХРЕТОКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ
ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО ТИПА С АКТИВНЫМ
ЭКРАНИРОВАНИЕМ**

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Горбунов Антон Евгеньевич (RU), Ивкин Антон
Евгеньевич (RU), Сясько Владимир Александрович (RU)*

Заявка № **2023116472**

Приоритет изобретения **13 июля 2023 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **28 ноября 2023 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **13 июля 2043 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 27/9006 (2023.08)

(21)(22) Заявка: 2023116472, 13.07.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.07.2023

Дата регистрации:
28.11.2023

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 13.07.2023

(45) Опубликовано: 28.11.2023 Бюл. № 34

Адрес для переписки:
190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,
СПГУ, Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):
Горбунов Антон Евгеньевич (RU),
Ивкин Антон Евгеньевич (RU),
Сясько Владимир Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

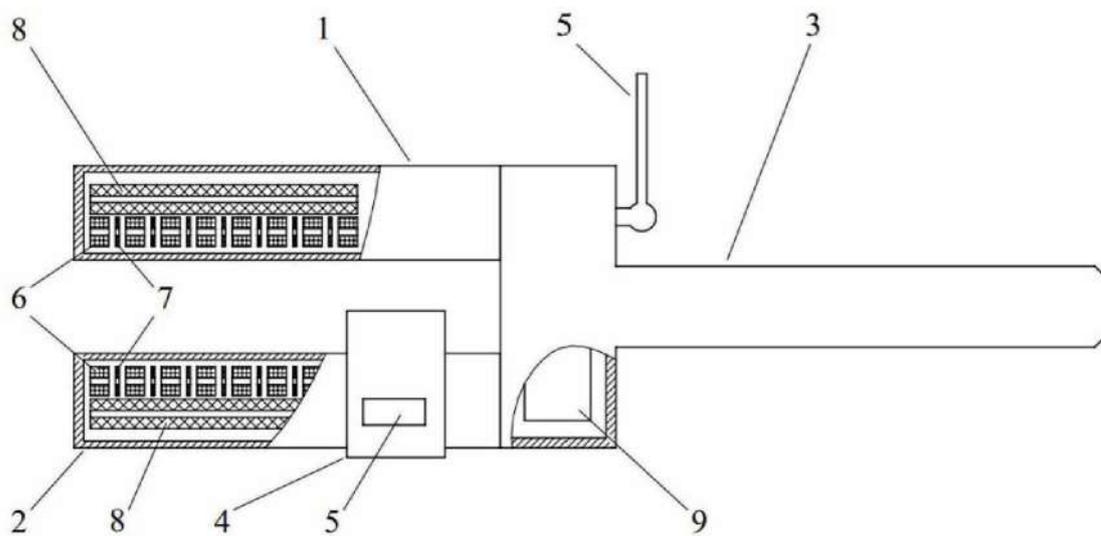
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: Потапов А. И. Выявление
расслоений и глубины их залегания в
углепластиковых конструкциях с
использованием вихретокового вида
неразрушающего контроля / А. И. Потапов,
В. А. Сясько, Д. Н. Чертов // Известия высших
учебных заведений. Машиностроение. - 2012.
- 8. - С. 66-69. - EDN NOFSHK. SU 862057 A1,
07.09.1981. RU 2567736 C1, 10.11.2015. RU (см.
прод.)

(54) ВИХРЕТОКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО ТИПА С АКТИВНЫМ ЭКРАНИРОВАНИЕМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к неразрушающему контролю качества пайки. Вихретоковый преобразователь тангенциального типа с активным экранированием содержит катушки возбуждения и катушки измерения. При этом катушки установлены поочередно и соосно параллельно плоскости паяного соединения, симметрично относительно ручки с верхней и нижней планкой, внутри ручки установлена плата, рычаг с зажимом установлен на торцевой поверхности ручки и соединен с верхней планкой через отверстие, на нижней планке установлен подвижный опорный блок. С внешних сторон катушек возбуждения и измерительных катушек параллельно плоскости паяного соединения установлены экранирующие катушки, катушки

возбуждения соединены последовательно с экранирующей катушкой верхней планки, с ними соединены последовательно экранирующая катушка и катушки возбуждения нижней планки, выводы первой катушки возбуждения верхней планки и последней катушки возбуждения нижней планки соединены с выходами усилителей сигнала возбуждения на плате, входы которых соединены с выходами ЦАП на плате, измерительные катушки верхней и нижней планок соединены последовательно, выводы соединены со входами усилителя измерительного сигнала на плате. Технический результат - повышение чувствительности к дефектам нахлесточных паяных соединений. 2 ил.



Фиг. 1

(56) (продолжение):
 2456589 C1, 20.07.2012. EP 1701157 B1, 16.05.2018. RU 2778621 C1, 22.08.2022.

RU 2808437 C1

RU 2808437 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 27/9006 (2023.08)

(21)(22) Application: **2023116472, 13.07.2023**

(24) Effective date for property rights:
13.07.2023

Registration date:
28.11.2023

Priority:

(22) Date of filing: **13.07.2023**

(45) Date of publication: **28.11.2023** Bull. № 34

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, SPGU,
Patentno-litsenziionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Gorbunov Anton Evgenevich (RU),
Ivkin Anton Evgenevich (RU),
Siasko Vladimir Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet» (RU)**

(54) **TANGENTIAL TYPE EDDY CURRENT CONVERTER WITH ACTIVE SHIELDING**

(57) Abstract:

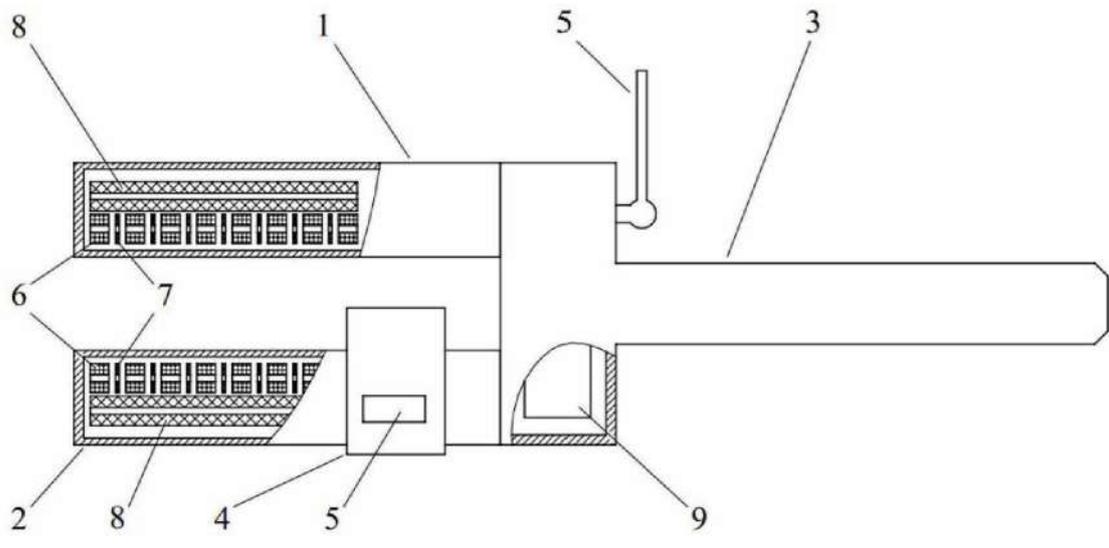
FIELD: soldering.

SUBSTANCE: non-destructive quality control of soldering. A tangential type eddy current converter with active shielding contains excitation coils and measurement coils. In this case, the coils are installed alternately and coaxially parallel to the plane of the solder joint, symmetrically relative to the handle with the upper and lower bars, a board is installed inside the handle, a lever with a clamp is installed on the end surface of the handle and connected to the upper bar through a hole, a movable support block is installed on the bottom bar. On the outer sides of the excitation coils and measuring coils, shielding coils are installed parallel to the solder joint plane, the excitation coils are

connected in series with the shielding coil of the upper bar, the shielding coil and excitation coils of the lower bar are connected in series with them, the terminals of the first excitation coil of the upper bar and the last excitation coil of the lower bar are series connected to the outputs of the excitation signal amplifiers on the board, the inputs of which are connected to the outputs of the DAC on the board, the measuring coils of the upper and lower bars are connected in series, the terminals are connected to the inputs of the measuring signal amplifier on the board.

EFFECT: increased sensitivity to defects in lap solder joints.

1 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2808437 C1

RU 2808437 C1

Изобретение относится к неразрушающему контролю качества пайки шин внахлестку и может быть использовано для контроля качества паяных соединений токоведущих шин обмоток электрических машин.

5 Известен абсолютный накладной вихретоковой преобразователь (Герасимов В.Г. и др. Неразрушающий контроль качества изделий электромагнитными методами. - М.: Энергоатомиздат, 1978, с. 20)), состоящий из одной катушки возбуждения и одной катушки измерения, установленных соосно над объектом контроля одна над другой.

10 Недостатком является установка катушек нормально относительно плоскости паяного соединения, из-за чего снижается вероятность обнаружения дефектов, которые параллельны плоскости установки катушек вихретокового преобразователя.

Известен накладной вихретоковой преобразователь дифференциального типа (Герасимов В.Г. и др. Неразрушающий контроль качества изделий электромагнитными методами. - М.: Энергоатомиздат, 1978, с. 22)), состоящий из одной катушки возбуждения, установленной над двумя измерительными катушками, подключенными
15 дифференциально.

Недостатком является установка двух измерительных катушек на расстоянии друг от друга, из-за чего две катушки получают сигналы от разных участков объекта контроля с разными параметрами неоднородности материала, зазора, удельной электропроводности, сильно снижая локальность контроля и увеличивая влияние
20 мешающих параметров.

Известен способ вихретокового контроля качества пайки токоведущих соединений обмоток электрических машин с использованием преобразователя экранного типа и амплитудно-фазовым методом (патент РФ №2572791, опубл. 20.01.2016). Описанное устройство состоит из обмотки возбуждения и обмотки измерения, установленных по
25 разные стороны объекта контроля вдоль одной оси, перпендикулярной плоскости паяного соединения.

Недостатком является то, что катушки возбуждения и измерения установлены нормально относительно плоскости паяного соединения, из-за чего наводимые вихревые токи не позволяют обнаруживать дефекты в плоскостях, параллельных плоскости
30 установки катушек вихретокового преобразователя.

Известен способ неразрушающего контроля качества пайки токоведущих соединений (патент РФ №2567736, опубл. 10.11.2015), содержащий вихретоковый преобразователь трансформаторного типа с П-образным сердечником, использующий амплитудный метод для контроля качества пайки стержней статорной обмотки.

35 Недостатком является форма сердечника преобразователя: П-образный сердечник обеспечивает ввод магнитного поля нормально плоскости паяного соединения и не может быть направлено вдоль плоскости паяного соединения, из-за чего чувствительность к дефектам в плоскостях, параллельных плоскости нахлесточного паяного соединения не обеспечивается.

40 Известен вихретоковый преобразователь тангенциального типа (Сясько В.А., Чертов Д.Н. Выявление расслоений углепластиковых материалов с использованием тангенциальных вихретоковых преобразователей // В мире неразрушающего контроля - №2(56). - 2012. - С. 19-21.), принятый за прототип, содержащий возбуждающую и измерительную прямоугольные катушки, установленные касательно рабочего торцу преобразователя. Катушка измерения такого преобразователя расположена внутри катушки возбуждения не соосно, а касательно виткам катушки возбуждения, прилегающим к рабочему торцу преобразователя.

Недостатком является то, что в преобразователе установлена одна катушка

возбуждения и одна катушка измерения, которые взаимодействуют с объектом контроля, из-за чего при контроле токопроводящей шины глубина проникновения вихревых токов и зона контроля слишком малы, при этом возрастает влияние краевого эффекта на результаты контроля. Также недостатком конструкции преобразователя является

5 расположение измерительной катушки внутри катушки возбуждения касательно рабочего торца преобразователя дальние относительно рабочего торца проводники катушки возбуждения проводят ток, противоположный по направлению току в проводниках у рабочего торца известного устройства, из-за чего глубина проникновения токов снижается.

10 Техническим результатом является повышение чувствительности к дефектам нахлесточных паяных соединений.

Технический результат достигается тем, что катушки, установлены симметрично относительно ручки, на которой закреплена с возможностью смещения верхняя планка, внутри ручки установлена плата, рычаг с зажимом установлен на торцевой поверхности

15 ручки и соединен с верхней планкой через отверстие выполненное ней, на нижней планке с катушками установлен подвижный опорный блок, на внешней стороне которого установлен рычаг с зажимом, который соединен с нижней планкой с катушками, внутри верхней и нижней планок поочередно и соосно установлены катушки возбуждения и измерительные катушки, ось которых параллельна плоскости паяного соединения, с

20 внешних сторон катушек возбуждения и измерительных катушек установлены экранирующие катушки, оси которых параллельны плоскости паяного соединения, при этом катушки возбуждения соединены последовательно с экранирующей катушкой верхней планки, с ними соединены последовательно экранирующая катушка и катушки возбуждения нижней планки, выводы первой катушки возбуждения верхней планки и

25 последней катушки возбуждения нижней планки соединены с выходами усилителей сигнала возбуждения на плате, входы которых соединены с выходами цифро-аналогового преобразователя на плате, измерительные катушки верхней и нижней планок соединены последовательно, а их выводы соединены со входами усилителя измерительного сигнала на плате.

30 Устройство поясняется следующими фигурами:

- фиг. 1 - общий вид устройства;
- фиг. 2 - схема соединений преобразователя;
- 1 - верхняя планка;
- 2 - нижняя планка;
- 35 3 - ручка преобразователя;
- 4 - опорный блок;
- 5 - рычаг с зажимом;
- 6 - катушка возбуждения;
- 7 - измерительная катушка;
- 40 8 - экранирующая катушка;
- 9 - плата
- 10 - цифро-аналоговый преобразователь
- 11 - усилитель сигнала возбуждения;
- 12 - усилитель измерительного сигнала;
- 45 13 - синхронный детектор;
- 14 - фильтр низкой частоты;
- 15 - аналого-цифровой преобразователь;
- 16 - микроконтроллер.

Устройство состоит из верхней планки 1 (Фиг. 1) и нижней планки 2, установленных симметрично относительно ручки 3. Верхняя планка 1 закреплена на ручке 3 с возможностью смещения. Внутри ручки 3 установлена плата 9. Рычаг с зажимом 5 установлен на торцевой поверхности ручки 3 и соединен с верхней планкой 1 через отверстие в ручке 3. Нижняя планка 2 жестко зафиксирована на ручке 3. На нижней планке 2 установлен подвижный опорный блок 4, на внешней стороне которого установлен рычаг с зажимом 5, который соединен с нижней планкой с катушками 2.

Верхняя планка 1 (Фиг. 1) и нижняя планка 2 выполнены в форме параллелепипедов, в каждом из которых поочередно и соосно установлены катушки возбуждения 6 и измерительные катушки 7, ось катушек параллельна плоскости паяного соединения. С внешних относительно плоскости паяного соединения сторонах катушек возбуждения 6 и измерительных катушек 7 в верхней планке 1 и нижней планке 2 установлены экранирующие катушки 8, их оси параллельны плоскости паяного соединения.

Катушки возбуждения 6 (Фиг. 2) соединены последовательно с экранирующей катушкой 8 верхней планки 1, с ними соединены последовательно экранирующая катушка 8 и катушки возбуждения 6 нижней планки 2. Выводы первой катушки возбуждения 6 верхней планки 1 и последней катушки возбуждения 6 нижней планки с катушками соединены с выходами усилителей сигнала возбуждения 11 на плате 9, входы которых соединены с выходами цифро-аналогового преобразователя 10 на плате 9. Измерительные катушки 7 верхней планки с катушками и нижней планки с катушками 2 соединены последовательно, их выводы соединены со входами усилителя измерительного сигнала 12 на плате 3.

На плате 9 установлен синхронный детектор 13 (Фиг. 2) вход которого соединен с выходом цифро-аналогового преобразователя 10 и выходом усилителя измерительного сигнала 12. Выходы синхронного детектора 13 соединены со входами фильтров низкой частоты 14, выходы которых соединены со входом аналогово-цифровыми преобразователями 15. Выходы аналогово-цифровых преобразователей 15 соединены с входом микроконтроллером 16.

Устройство работает следующим образом. Перед проведением контроля устройство подносится к контролируемому паяному соединению таким образом, чтобы нижняя планка 2 преобразователя была прижата к нижней поверхности паяного соединения, а торцевая поверхность нижней планки 2 заходила за боковую стенку паяного соединения на примерно пять миллиметров. Затем опорный блок 4 устанавливается вплотную к торцевой поверхности паяного соединения, положение опорного блока 4 фиксируется поворотом рычага с упором 5. После этого опускается верхняя планка 2 таким образом, чтобы между верхней планкой 2 и контролируемым паяным соединением был зазор примерно пять миллиметров, полученное расстояние между верхней планкой с катушками 2 и нижней планкой с катушками 1 фиксируется поворотом рычага с упором 5. Фиксация положения опорного блока 4 и верхней планки 2 обеспечивает постоянство расположения преобразователя относительно паяных соединений, имеющих идентичные геометрические характеристики, в процессе контроля электрических машин одного типа.

В начале процедуры контроля вихретоковый преобразователь калибруется на воздухе, для чего преобразователь располагают в пространстве на удалении от паяных соединений и прочих электропроводящих объектов. В таком положении преобразователь производит процесс измерения, для чего цифро-аналоговый преобразователь 10 подает на катушки возбуждения 6 и экранирующие катушки 8 через усилитель сигнала возбуждения 11 сигнал возбуждения, который создает электромагнитное поле

возбуждения, также дублируя сигнал возбуждения на вход синхронного детектора 13. Электромагнитное поле возбуждения воспринимается измерительными катушками 7 и создает в них измерительный сигнал, поступающий через усилитель измерительного сигнала 12 на синхронный детектор 13. В синхронном детекторе 13 происходит
 5 выделение действительных и мнимых составляющих измерительного сигнала. При помощи фильтров низкой частоты 14 из действительной и мнимой составляющих измерительного сигнала убираются гармоники на частоте возбуждения. Отфильтрованные действительная и мнимая составляющие измерительного сигнала в
 10 форме постоянного тока поступают на аналого-цифровые преобразователи 15, которые передают полученные значения на вход микроконтроллера 16 как показания измерения на воздухе.

Затем приступают к контролю паяного соединения шины. Преобразователь устанавливается на контролируемое паяное соединение, производится процесс измерения на паяном соединении. Цифро-аналоговый преобразователь 10 подает на катушки
 15 возбуждения 6 и экранирующие катушки 8 через усилитель сигнала возбуждения 11 сигнал возбуждения, который создает тангенциальное электромагнитное поле возбуждения, также дублируя сигнал возбуждения на вход синхронного детектора 13. Электромагнитное поле возбуждения, пронизывающее паяное соединение, наводит в нем вихревые токи. Экранирующие катушки 8 в верхней планке с катушками 2 и нижней
 20 планке с катушками 1, полярность включения которых обратна полярности включения катушек возбуждения 6, получая сигнал возбуждения, создают экранирующее электромагнитное поле. Смещенное по фазе на 180 градусов экранирующее электромагнитное поле искажает часть электромагнитного поля возбуждения так, что электромагнитное поле возбуждения не пронизывает соседние токоведущие шины
 25 электрической машины в процессе контроля, чтобы их близкое расположение к контролируемому паяному соединению не искажало результаты контроля.

Наведенные электромагнитным полем возбуждения вихревые токи имеют ненулевую пространственную составляющую, перпендикулярную плоскости, в которой ожидается
 30 возникновение дефектов. Вихревые токи в паяном соединении создают электромагнитное поле вихревых токов, которое воспринимается измерительными катушками 7 в верхней планке 2 и нижней планке 1. В измерительных катушках формируется сигнал, который через усилитель измерительного сигнала 12 поступает на синхронный детектор 13. В синхронном детекторе 13 из измерительного сигнала выделяются действительные и мнимые составляющие. Выделенные действительная и мнимая составляющие
 35 измерительного сигнала проходят через фильтры низкой частоты 14, где убираются гармоники на частоте возбуждения. Амплитудные значения отфильтрованных действительной и мнимой составляющих измерительного сигнала через аналого-цифровые преобразователи 15 поступают в микроконтроллер 16. Разница амплитуд реальных и мнимых составляющих сигнала на воздухе и сигнала на паяном соединении
 40 является информативным признаком степени пропаянности паяного соединения.

(57) Формула изобретения

Вихретоковый преобразователь тангенциального типа с активным экранированием, содержащий катушки возбуждения и катушки измерения, расположенные тангенциально
 45 к плоскости паяного соединения, отличающийся тем, что катушки установлены симметрично относительно ручки, на которой закреплена с возможностью смещения верхняя планка, внутри ручки установлена плата, рычаг с зажимом установлен на торцевой поверхности ручки и соединен с верхней планкой через отверстие, выполненное

ней, на нижней планке с катушками установлен подвижный опорный блок, на внешней стороне которого установлен рычаг с зажимом, который соединен с нижней планкой с катушками, внутри верхней и нижней планок поочередно и соосно установлены катушки возбуждения и измерительные катушки, ось которых параллельна плоскости паяного соединения, с внешних сторон катушек возбуждения и измерительных катушек установлены экранирующие катушки, оси которых параллельны плоскости паяного соединения, при этом катушки возбуждения соединены последовательно с экранирующей катушкой верхней планки, с ними соединены последовательно экранирующая катушка и катушки возбуждения нижней планки, выводы первой катушки возбуждения верхней планки и последней катушки возбуждения нижней планки соединены с выходами усилителей сигнала возбуждения на плате, входы которых соединены с выходами цифро-аналогового преобразователя на плате, измерительные катушки верхней и нижней планок соединены последовательно, а их выводы соединены со входами усилителя измерительного сигнала на плате.

15

20

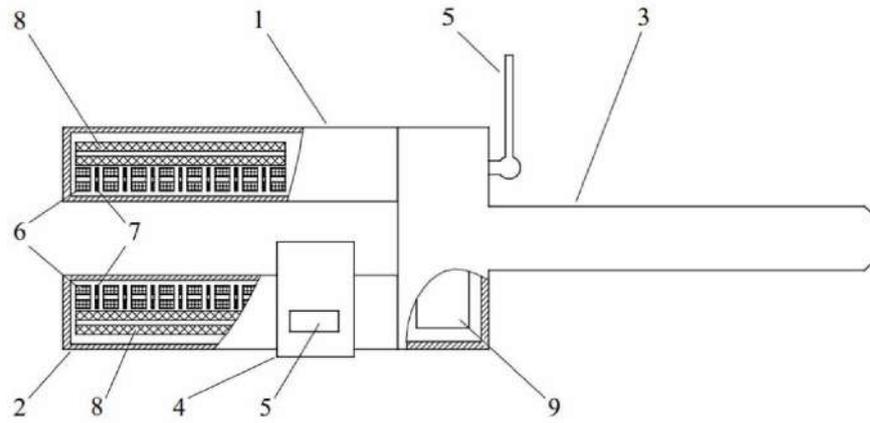
25

30

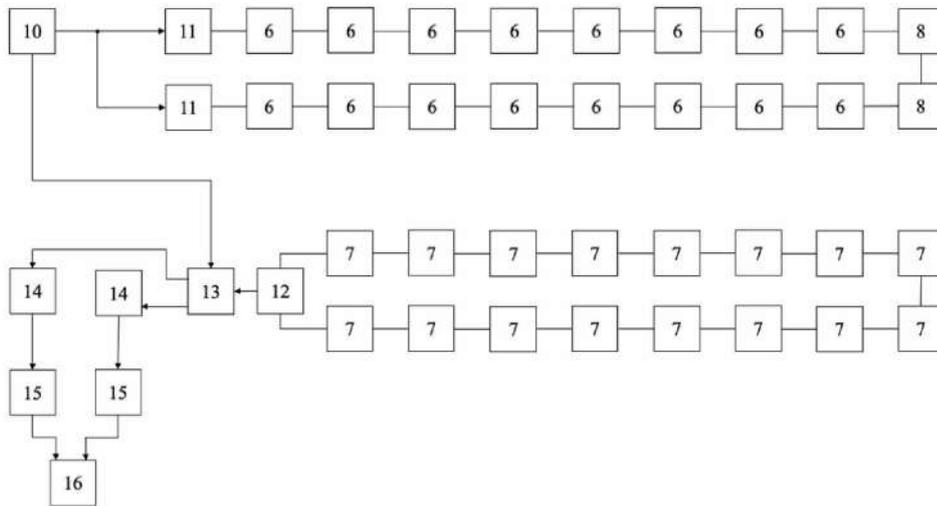
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2