

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202000219** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
**2021.02.26**

(51) Int. Cl. **G01T 1/29** (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
**2020.08.25**

(54) **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРА ФОКУСНОГО ПЯТНА РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ**

(31) **2019124945**

(72) Изобретатель:

(32) **2019.08.05**

**Потрахов Николай Николаевич,**

(33) **RU**

**Мазуров Анатолий Иванович, Гук**

(71) Заявитель:

**Карина Константиновна, Потрахов**

**Юрий Николаевич (RU)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "САНКТ-  
ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ "ЛЭТИ" ИМ. В.И.  
УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)" (СПбГЭТУ  
"ЛЭТИ") (RU)**

(57) Способ измерения размера фокусного пятна рентгеновской трубки относится к рентгеновской технике и заключается в просвечивании рентгеновским излучением тест-объекта, приёме детектором рентгеновского излучения, прошедшего через тест-объект, и преобразовании его в цифровое рентгеновское изображение тест-объекта; просвечивание проводят неоднократно, первое просвечивание проводят при контактном расположении на детекторе тест-объекта, представляющего собой набор групп чередующихся рентгенонепрозрачных и рентгенопрозрачных полос с определенным числом полос одинаковой ширины на единицу длины тест-объекта в каждой группе, при этом ширина полос от группы к группе монотонно изменяется, и по полученному контактному изображению определяют разрешающую способность детектора  $R_n$ , которая будет соответствовать паре наиболее тонких линий, различаемых на изображении, а последующие просвечивания выполняют при постепенном удалении тест-объекта от детектора и приближении его к рентгеновской трубке до того момента, когда на рентгеновском изображении будет различаться максимальное число линий, далее измеряют расстояния от рентгеновской трубки до тест-объекта  $f_1$  и от тест-объекта до детектора  $f_2$ , вычисляют оптимальный коэффициент увеличения изображения  $m_0$ , как отношение суммы расстояний от рентгеновской трубки до тест-объекта и от тест-объекта до детектора к расстоянию от рентгеновской трубки до тест-объекта и далее определяют размер фокусного пятна  $d$  по выражению

$$d = \sqrt{\frac{1}{R_n^2(m_0 - 1)}}$$

В результате сокращается время измерения фокусного пятна, а также удешевляется процесс измерения.

**202000219  
A1**

**202000219**

**A1**

## **Способ определения размера фокусного пятна рентгеновской трубки**

Изобретение относится к рентгеновской технике и может быть использовано для измерения размеров эффективного фокусного пятна рентгеновских трубок.

Из уровня техники известен способ измерения размеров микрофокусных пятен рентгеновских трубок (New measurement methods of focal spot size and shape of X-ray tubes in digital radiological applications in comparison to current standards. K.Bavendiek, U.Ewert, A. Riedo, U.Heike, U. Zscherpel. – 18<sup>th</sup> World Conference on Nondestructive Testing, 16-20 April 2012, Durban, South Africa), в котором предлагается интегрирование линейного профиля изображения тест-объекта, а в качестве тест-объекта использовать стандартизированный индикатор качества изображения, представляющий из себя металлическую пластину с отверстием. Недостатком данного способа является недостаточная точность измерения размеров фокусного пятна.

Наиболее близким техническим решением к заявляемому способу является Способ измерения размеров эффективного фокусного пятна микрофокусных рентгеновских трубок (патент RU № 2674567, опубл. 11.12.2018) сущность которого заключается в том, что выполняются просвечивание рентгеновским излучением тест-объекта, приём детектором рентгеновского излучения, прошедшего через тест-объект, и преобразование излучения в цифровое

рентгеновское изображение тест-объекта, при этом полученные линейные профили рентгеновского цифрового изображения тест-объекта подвергаются дифференцированию с последующим получением графиков дифференцированных линейных профилей по осям  $X$  и  $Y$ , используемых для дальнейших вычислений; по результатам вычислений за одно исследование определяются несколько промежуточных значений размера микрофокусного пятна рентгеновской трубки по оси  $X$  и несколько значений по оси  $Y$ , что дает возможность определить среднее значение размера микрофокусного пятна и разброс значений в процентах; при этом тест-объект выполняется в виде крестообразной комбинации нескольких металлических объектов, находящихся в одной плоскости, имеющих проекцию круговой формы на эту плоскость, имеющих одинаковый диаметр и разнесенных друг от друга на конечные расстояния, сравнимые с диаметром объекта; в частности в качестве тест-объекта могут применяться четыре или пять металлических шариков одного диаметра, закрепленных на общем основании, а также четыре или пять сквозных отверстий одного диаметра в тонкой металлической пластине; для обеспечения позиционирования тест-объекта на изображении он снабжен меткой в виде свинцовой буквы.

Недостатком прототипа является использование дорогостоящего тест-объекта и сложного математического вычисления для определения размера фокусного пятна по положению изображения тест-объекта. В результате увеличивается время измерения размера фокусного пятна рентгеновской трубки, а также происходит удорожание процесса измерения.

Задачей, на решение которой направлен заявляемый способ, является определение размеров фокусного пятна рентгеновской трубки и получение технического результата, заключающегося в

сокращении времени измерения фокусного пятна, а также удешевлении процесса измерения.

Для получения указанного технического результата в способе измерения размера фокусного пятна рентгеновской трубки, заключающемся в просвечивании рентгеновским излучением тест-объекта, приёме детектором рентгеновского излучения, прошедшего через тест-объект, и преобразовании его в цифровое рентгеновское изображение тест-объекта, просвечивание проводят неоднократно, первое просвечивание проводят при контактном расположении на детекторе тест-объекта, представляющего собой набор групп чередующихся рентгенонепрозрачных и рентгенопрозрачных полос с определенным числом полос одинаковой ширины на единицу длины тест-объекта в каждой группе, при этом ширина полос от группы к группе монотонно изменяется, и по полученному контактному изображению определяют разрешающую способность детектора  $R_n$ , которая будет соответствовать паре наиболее тонких линий различаемых на изображении, а последующие просвечивания выполняют при постепенном удалении тест-объекта от детектора и приближении его к рентгеновской трубке до того момента, когда на рентгеновском изображении будет различаться максимальное число линий, далее измеряют расстояния от рентгеновской трубки до тест-объекта  $f_1$  и от тест-объекта до детектора  $f_2$ , вычисляют оптимальный коэффициент увеличения изображения  $m_0$ , как отношение суммы расстояний от рентгеновской трубки до тест-объекта и от тест-объекта до детектора к расстоянию от рентгеновской трубки до тест-объекта и далее определяют размер фокусного пятна  $d$  по выражению:

$$d = \sqrt{\frac{1}{R_n^2(m_0 - 1)}}$$

Сущность заявляемого способа поясняется с помощью графических материалов, где на фиг. 1 изображена схема реализации способа, а на фиг. 2 – тест объект «мира пространственного разрешения».

Способ реализуется следующим образом.

Рентгеновская трубка (РТ) 1 с фокусным пятном  $d$  и цифровой детектор (ЦД) 2, который принимает рентгеновское излучение и преобразует его в цифровое рентгеновское изображение, располагаются друг напротив друга. Ось пучка рентгеновского излучения, генерируемого РТ1, направляется в центр ЦД2, перпендикулярно его плоскости (фиг. 1).

На оси пучка в пространстве между РТ1 и ЦД2 располагается тест-объект (ТО) 3 – мира пространственного разрешения. Расстояние от РТ1 до ТО3 составляет  $f_1$ , расстояние от ТО3 до ЦД2 составляет  $f_2$ . Суммарное расстояние ( $f_1+f_2$ ) между РТ1 и ЦД2 с целью исключения влияния конечных размеров фокусного пятна на результат измерения разрешающей способности по меньшей мере в  $10^5$  раз превышает ожидаемый размер фокусного пятна рентгеновской трубки  $d$ .

Тест-объект 3 представляет собой набор групп чередующихся рентгенонепрозрачных и рентгенопрозрачных полос с определённым числом полос одинаковой ширины на единицу длины ТО3 в каждой группе, при этом ширина полос от группы к группе монотонно изменяется (фиг. 2). Этот параметр ТО3 обозначается как частота [ $\text{мм}^{-1}$ ]. Для тест-объекта мира пространственного разрешения, представленного на фиг. 2, частота соответствует  $0,7 \text{ мм}^{-1}$ -  $5,0 \text{ мм}^{-1}$  (Блинов Н.Н. Основы рентгенодиагностической техники / Под ред. Н.Н. Блинова: Учебное пособие. – М.: Медицина, 2002. 392 с.). Использование стандартного тест-объекта значительно удешевляет процесс измерения.

ТОЗ для определения размеров фокусного пятна выбирают из условия: суммарная ширина пары  $2t$  наиболее тонких полос ТОЗ, должна быть меньше размера (ширины) пикселя  $T$  [мм] детектора.

$$2t < T. \quad (1)$$

На первом этапе измерений выполняют контактный цифровой рентгеновский снимок ТОЗ. Для этого, ТОЗ располагается вплотную к плоскости ЦД2. Расстояние ТОЗ – рентгеночувствительная плоскость ЦД2 выбирается минимально возможным и обычно составляет несколько мм. В этом случае коэффициент увеличения рентгеновского изображения  $m$  линий ТОЗ, который определяется из выражения:

$$m = \frac{f_2 + f_1}{f_1} \quad (2)$$

приблизительно равен 1.

По полученному рентгеновскому изображению ТОЗ, которое представляет собой последовательность пар темных и светлых полос переменной ширины, определяют разрешающую способность детектора  $R_n$ . В соответствии с выражением:

$$R_n [\text{пар лин/мм}] = 1/2t [\text{мм}^{-1}] \quad (3)$$

$R_n$  обратно пропорциональна суммарной ширине пары  $2t$  наиболее тонких, из различимых на изображении, полос.

На втором этапе выполняют цифровые рентгеновские снимки ТОЗ с увеличением изображения. Для этого ТОЗ постепенно удаляют от ЦД2 и приближают к рентгеновской трубке 1.

На увеличенных рентгеновских изображениях ТОЗ снова определяют суммарную ширину пары наиболее тонких из различимых полос. С ростом коэффициента увеличения  $m$  на рентгеновском изображении ТОЗ будут различаться все более тонкие линии. Это свидетельствует об увеличении суммарной разрешающей способности  $R_\Sigma$  рентгенографической системы. Однако при некотором

оптимальном коэффициенте увеличения  $m_o$  будет достигнут предел увеличения суммарной разрешающей способности  $R_{\Sigma max}$ . С дальнейшим ростом коэффициента увеличения  $m$  суммарная разрешающая способность рентгенографической системы  $R_{\Sigma}$  начнет снижаться.

По полученным результатам измерений:  $R_n$  – на первом этапе и  $m_o$  – на втором этапе в соответствии с выражением

$$d = \sqrt{\frac{1}{R_n^2(m_o-1)}} \quad (4)$$

рассчитывается размер фокусного пятна рентгеновской трубки  $d$ .

В результате осуществления данного способа, значительно сокращается время измерения фокусного пятна, а также удешевляется процесс измерения.

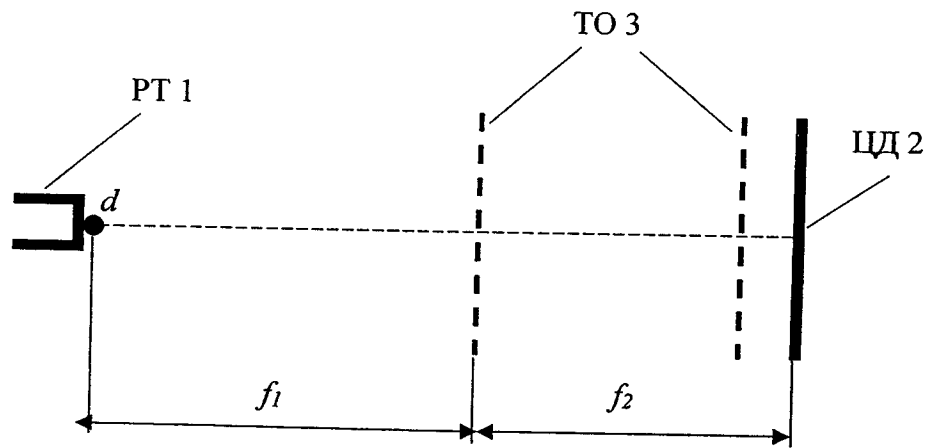
## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ измерения размера фокусного пятна рентгеновской трубки, заключающийся в просвечивании рентгеновским излучением тест-объекта, приёме детектором рентгеновского излучения, прошедшего через тест-объект, и преобразовании его в цифровое рентгеновское изображение тест-объекта, отличающееся тем, что просвечивание проводят неоднократно, первое просвечивание проводят при контактном расположении на детекторе тест-объекта, представляющего собой набор групп чередующихся рентгенонепрозрачных и рентгенопрозрачных полос с определенным числом полос одинаковой ширины на единицу длины тест-объекта в каждой группе, при этом ширина полос от группы к группе монотонно изменяется, и по полученному контактному изображению определяют разрешающую способность детектора  $R_n$ , которая будет соответствовать паре наиболее тонких линий различаемых на изображении, а последующие просвечивания выполняют при постепенном удалении тест-объекта от детектора и приближении его к рентгеновской трубке до того момента, когда на рентгеновском изображении будет различаться максимальное число линий, далее измеряют расстояния от рентгеновской трубки до тест-объекта  $f_1$  и от тест-объекта до детектора  $f_2$ , вычисляют оптимальный коэффициент увеличения изображения  $m_0$ , как отношение суммы расстояний от рентгеновской трубки до тест-объекта и от тест-объекта до детектора к расстоянию от рентгеновской трубки до тест-объекта и далее определяют размер фокусного пятна  $d$  по выражению:

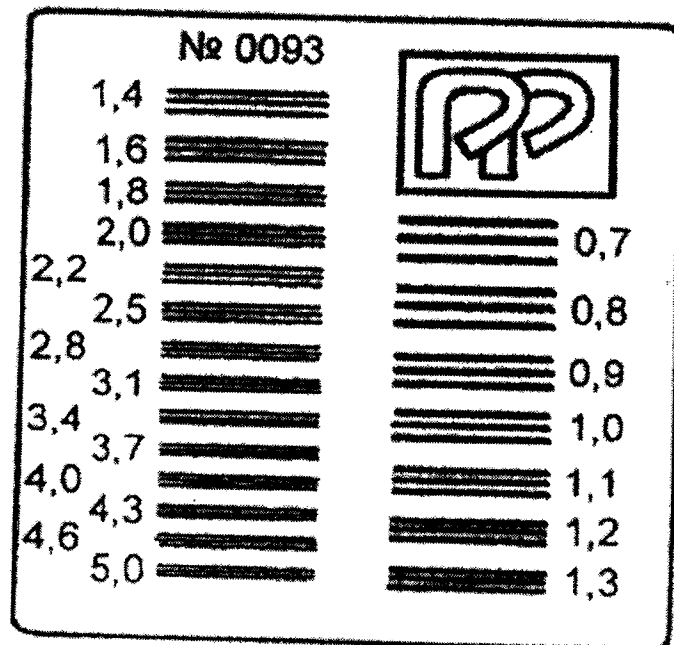
$$d = \sqrt{\frac{1}{R_n^2(m_0 - 1)}}$$



Способ определения размера  
фокусного пятна рентгеновской трубки



Фиг.1



Фиг.2

**ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ**  
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

**202000219**

**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

**G01T 1/29 (2006.01)**

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

**Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:**

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

G01T 1/00, 1/29, H01J 35/00-35/10, 35/14, 35/16, G01D 18/00, G01N 23/00-23/04, 23/06-23/087, 23/18

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)

**В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ**

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A,D	RU 2674567 C1 (ООО "ДИАГНОСТИКА-М") 11.12.2018	1
A	US 2007/0258564 A1 (GAUDIN CHRISTELLE и др.) 08.11.2007	1
A	US 7249886 B1 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 31.07.2007	1
A	DE 102012103974 A1 (WERTH MESSTECHNIK GMBH) 13.06.2013	1
A	DE 102009033303 A1 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 27.01.2011	1

последующие документы указаны в продолжении

\* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

«P» - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«T» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

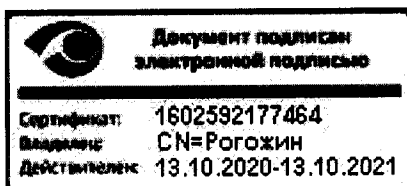
«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **15/12/2020**

Уполномоченное лицо:  
Начальник Управления экспертизы



Д.Ю. Рогожин