

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2832428

СПОСОБ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИН В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПО СНИМКАМ НЕМЕТРИЧЕСКИХ ФОТОКАМЕР

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Волохов Евгений Михайлович (RU), Кожухарова Василина Константиновна (RU), Сушко Евгений Тихонович (RU)*

Заявка № 2024111062

Приоритет изобретения **23 апреля 2024 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **24 декабря 2024 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **23 апреля 2044 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01C 11/06 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2024111062, 23.04.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.04.2024

Дата регистрации:
24.12.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.04.2024

(45) Опубликовано: 24.12.2024 Бюл. № 36

Адрес для переписки:

190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,
ФГБОУ ВО СПбГУ, Патентно-лицензионный
отдел

(72) Автор(ы):

Волохов Евгений Михайлович (RU),
Кожухарова Василина Константиновна (RU),
Сушко Евгений Тихонович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II" (RU)

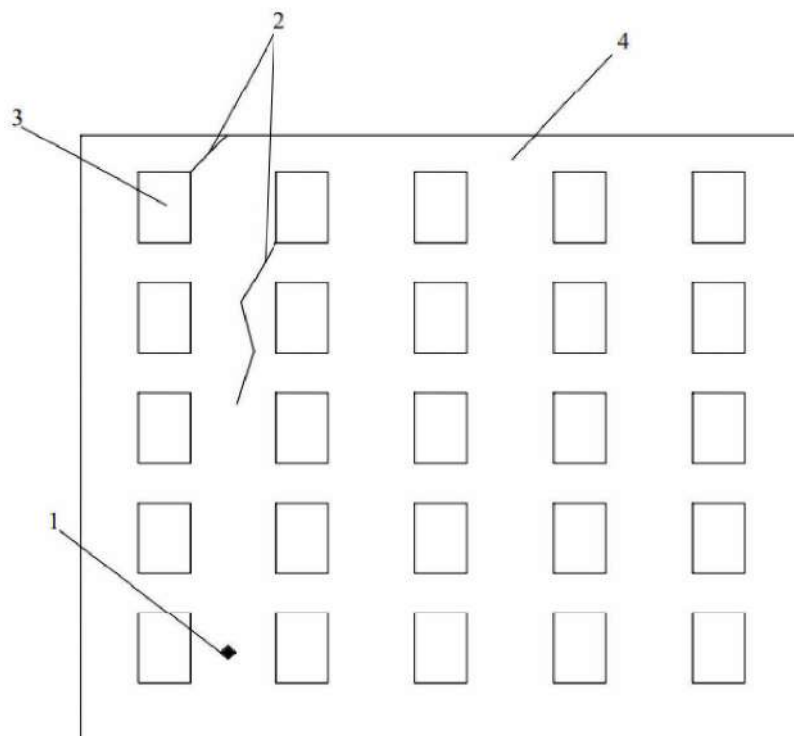
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: Photomicrometer 1D/2D. Интернет-
ресурс [https://photogrammetria.ru/332-
photomicrometer-1d-2d-monitoringa-treschin-po-
fotosnimkam-anons.html](https://photogrammetria.ru/332-photomicrometer-1d-2d-monitoringa-treschin-po-fotosnimkam-anons.html), дата публикации
21.01.2022. RU 2677089 C1, 15.01.2019.
Возможности неметрических цифровых камер
в наземной фотограмметрии. Инженерный
вестник Дона, 2013. RU 194024 U1, 25.11.2019.
RU 2762538 C1, 21.12.2021. (см. прод.)

(54) СПОСОБ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИН В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ
ПО СНИМКАМ НЕМЕТРИЧЕСКИХ ФОТОКАМЕР

(57) Реферат:

Изобретение относится к области
маркшейдерского мониторинга сооружений и
применяется для наблюдений за развитием
дефектов и повреждений в строительных
конструкциях. Сущность заявленного способа
заключается в том, что после установки
фотокамеры дальномером измеряют два
расстояния: первое - между точкой
фотографирования и масштабной маркой, второе
- между точкой фотографирования и участком
расположения трещины. Затем осуществляют
фотофиксацию зоны повреждения, определяют
численное значение поправочного коэффициента
для корректировки масштаба съемки, определяют

значение знаменателя масштаба фотоснимка на
участке измерения параметров трещины. Затем
измеряют параметры трещины в плане снимка и
определяют фактический её размер, производят
многократное измерение параметров трещины,
не меняя фотокамеру и сохраняя положение
оптической оси при повторных измерениях. При
этом сравнивают смежные циклы измерений и
определяют динамику развития трещин во
времени. Техническим результатом является
повышение эффективности проведения
маркшейдерского мониторинга зданий и
сооружений. 2 ил.



Фиг. 1

(56) (продолжение):

RU 2023134031 A, 15.12.2023. US 9863928 B1, 09.01.2018. US 11002669 B2, 11.05.2021.

RU 2832428 C1

RU 2832428 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01C 11/06 (2024.01)

(21)(22) Application: **2024111062, 23.04.2024**

(24) Effective date for property rights:
23.04.2024

Registration date:
24.12.2024

Priority:

(22) Date of filing: **23.04.2024**

(45) Date of publication: **24.12.2024** Bull. № 36

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU
VO SPGU, Patentno-litsenzionnyj otдел**

(72) Inventor(s):

**Volokhov Evgenii Mikhailovich (RU),
Kozhukharova Vasilina Konstantinovna (RU),
Sushko Evgenii Tikhonovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **METHOD FOR MONITORING PARAMETERS OF CRACKS IN BUILDING STRUCTURES BASED ON IMAGES OF NON-METRIC CAMERAS**

(57) Abstract:

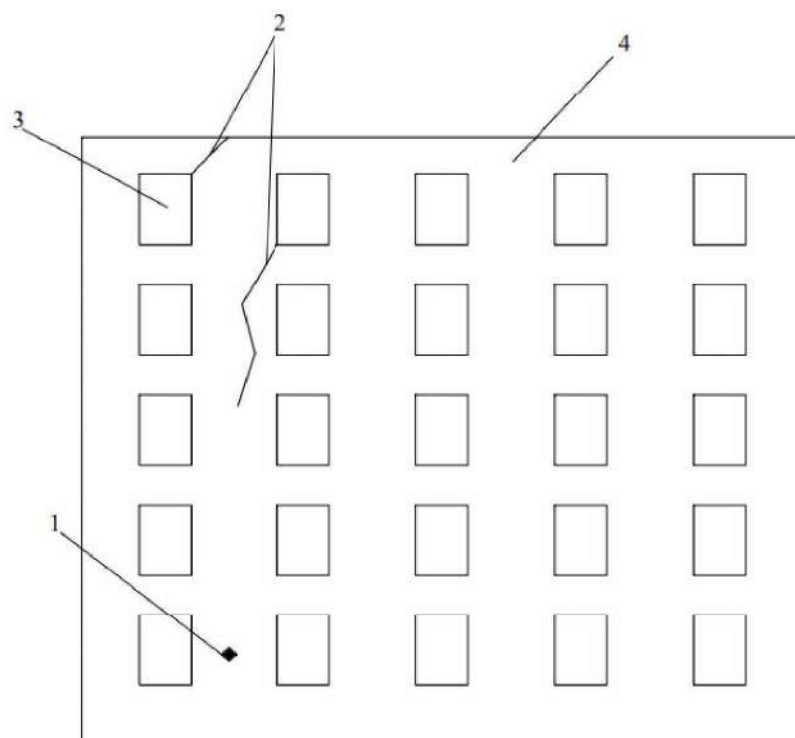
FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to surveying monitoring of structures and is used to monitor development of defects and damages in building structures. Essence of the disclosed method consists in the fact that after installation of the photo camera, a range finder measures two distances: the first one – between the photographing point and the scale mark, the second one – between the photographing point and the crack location section. Then the damage zone is photographed, the numerical value of the correction factor is determined to correct the scale of the survey, the value of the denominator of the scale of the

photograph is determined on the section of measuring parameters of the crack. Then, parameters of the crack are measured in the plane of the image and its actual size is determined; multiple measurement of parameters of the crack is carried out without changing the camera and keeping the position of the optical axis during repeated measurements. At the same time adjacent measurement cycles are compared and dynamics of development of cracks in time is determined.

EFFECT: higher efficiency of surveying of buildings and structures.

1 cl, 2 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к области маркшейдерского мониторинга зданий и сооружений, попавших в зону подработки при ведении подземных горных работ, с целью охраны и может быть использовано для наблюдений за развитием дефектов и повреждений в строительных конструкциях вне зависимости от причин деформирования.

Известен фотограмметрический способ определения деформаций различных объектов (зданий, сооружений, геомеханических объектов и др.) неметрическими камерами (Л.В. Фомичев, Д.П. Кораблев. Использование неметрических фотокамер при определении деформаций фотограмметрическим методом. - Л.: «Труды ВНИМИ», 1976, сб. 101, с.71 - 76), в соответствии с которым при съемке объектов необходимо по границам участка съемки располагать опорные точки в количестве не менее четырех при фотографировании плоского объекта. Опорные точки используют для определения масштаба снимка. При этом плоскость снимка и плоскость снимаемого объекта должны быть параллельны или близки к параллельности. После фотографирования объекта осуществляется измерение снимка, вносятся поправки к элементам внешнего ориентирования фотокамеры с помощью уравнивания измерений по четырем опорным точкам.

Недостатком данного способа является большой объем подготовительных работ, геодезическое определение координат марок, необходимость соблюдения параллельности плоскости снимка и плоскости снимаемого объекта, а также наличие как минимум четырех опорных точек вблизи повреждения.

Известен способ определения деформаций (Д.С. Степанов, А.П. Трунин. Методические указания по определению деформаций фотограмметрическим методом. - Л.: ВНИМИ, 1974, с. 22), включающий закрепление марок - опорных точек на снимаемом объекте, которые, как и в вышеприведенном способе, используют для определения масштаба фотографирования. Опорные точки располагают рядами в нескольких ярусах сооружения. При наблюдениях фотографическую камеру стремятся ориентировать так, что плоскость снимка параллельна поверхности объекта, в этом случае масштаб изображения может быть определен как отношение фокусного расстояния снимка к отстоянию либо как отношение длины отрезка на снимке к его длине в натуре. Фотографирование производится метрическими камерами, свободными от дисторсии, с постоянными элементами внутреннего ориентирования. Также в данном способе отмечается, что при наблюдении за деформационными швами и трещинами маркировочные точки должны быть расположены попарно по обе стороны шва/дефекта.

Недостатком данного способа также является большой объем подготовительных работ, геодезическое определение координат марок, необходимость соблюдения параллельности плоскости снимка и плоскости снимаемого объекта, дорогостоящее оборудование, метрические камеры, а также необходимость закрепления большого количества опорных точек вблизи дефекта.

Известен способ высокоточного 3D-мониторинга трещин и деформационных швов в зданиях (А.Е. Войнаровский, А.Б. Леонтьева, С.В. Тюрин, С.Г. Тихонов, О.В. Артемьева. Фотограмметрическая технология дистанционного высокоточного 3d-мониторинга трещин и деформационных швов в зданиях и сооружениях. <https://photogrammetria.ru/321-fotogrammetricheskaja-tehnologija-distancionnogo-vysokotochnogo-3d-monitoringa-treschin-i-deformacionnyh-shvov-v-zdaniyah-i-sooruzhenijah.html>), включающий закрепление двух блоков фотограмметрических деформационных маяков, которые предварительно калибруются, определяются координаты марок на маяках. Мониторинг трещин выполняется либо по одиночным снимкам, либо с помощью стереофотограмметрического метода неметрическими камерами. В момент обработки

снимков определяются элементы внутреннего ориентирования, изменение элементов взаимного ориентирования в смежные циклы измерения будут характеризовать взаимное перемещение маяков - рост трещины.

Недостатком данного способа являются большие объемы работ по устройству маяков в характерных местах каждой фиксируемой трещины. Геодезическое определение координат марок. Помимо этого при измерении деформаций по одиночным снимкам по мере увеличения отстояния фотокамеры ухудшается геометрия обратной фотограмметрической засечки, вследствие чего уменьшается точность измеряемых деформаций. Эффективным является расстояние съемки в диапазоне 0,05-0,3 м. Также недостатком является невозможность установления маяков в труднодоступных местах.

Известен способ контроля деформаций строительных конструкций (Шеховцов Г.А. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений: монография - Н. Новгород: ННГАСУ, 2009. - 156 с.), в соответствии с которым вблизи трещины или деформационного шва по обе стороны закрепляют три опорных марки. Фотограмметрический способ предусматривает фотографирование трещины и опорных марок неметрическими камерами. На снимке измеряют расстояния между марками, а также их взаимное превышение, именно эти параметры позволяют оценить рост трещины, анализируя снимки, полученные в смежных циклах. Все измерения производятся на предварительно отмасштабированном снимке по эталонному расстоянию между марками.

Недостатком данного способа является необходимость установки как минимум трех марок вблизи деформационного шва/трещины, что значительно увеличивает объемы полевых работ. К недостаткам также можно отнести большой объем камеральных работ, поскольку при осуществлении данного подхода необходимо реализовать большое число измерений между опорными марками.

Известен способ определения размеров трещин и их динамики развития фотограмметрическим методом с использованием неметрических камер (Методические указания по определению размеров трещин и динамики их развития на подрабатываемых зданиях фотограмметрическим методом. Л., 1984. 28 с.), принимаемый в качестве прототипа, в соответствии с которым при фотографировании дефектов непосредственно вблизи повреждений закрепляют одну масштабную марку, точку фотографирования выбирают таким образом, чтобы оптическая ось объектива камеры было примерно перпендикулярна поверхности стены, в том случае, если это реализовать не удастся, необходимо, чтобы оптическая ось составляла с поверхностью стены угол, отличный от прямого только в одной плоскости - вертикальной или горизонтальной. Поскольку масштабная марка закреплена вблизи трещины, она попадает на снимок вместе с наблюдаемым повреждением. Раскрытие трещины в натуре определяется как произведение измеренного раскрытия трещины на снимке на масштаб снимка, который в свою очередь определяется как отношение известного размера масштабной марки или конструктивного элемента здания в натуре к его размеру на снимке. Длину трещины вычисляют аналогичным образом.

Недостатком данного способа является то, что для определения размеров трещин требуется, чтобы на участке стены, на котором производится определение размера трещины, располагались масштабная марка либо конструктивные элементы стены здания с известными размерами - кирпич, бетонит, шлакоблок и т.п., которые нужны для определения масштаба снимка на участке измерения размеров трещины. Определение размеров трещин этим способом на оштукатуренных стенах зданий, в уровнях, расположенных выше первого этажа, затруднительно, либо невозможно по

причине сложности установки масштабной марки.

Техническим результатом является повышение эффективности проведения маркшейдерского мониторинга подрабатываемых зданий и сооружений.

Технический результат достигается тем, что после установки фотокамеры
 5 безотражательным дальномером измеряют два расстояния, первое расстояние между точкой фотографирования и масштабной маркой, второе - между точкой фотографирования и участком расположения трещины, затем осуществляют фотофиксацию зоны повреждения, после этого определяют численное значение поправочного коэффициента для корректировки масштаба съемки, который определяют
 10 отношением измеренного расстояния от точки фотографирования до участка замера параметров трещины к расстоянию от точки фотографирования до масштабной марки, далее определяют численное значение знаменателя масштаба фотоснимка на участке измерения параметров трещины, равное произведению знаменателя масштаба снимка на участке расположения масштабной марки и масштабного коэффициента снимка на
 15 участке измерения параметров трещины, а затем измеряют параметры трещины в плане снимка и определяют фактический её размер, равный произведению размера трещины на снимке и знаменателя масштаба съемки зоны повреждения, на которой расположена измеряемая трещина, по формуле:

$$20 \quad \delta_{\phi}^{mp} = M_{mp} \cdot \delta_c^{mp}, \text{ где}$$

δ_{ϕ}^{mp} - фактический размер трещины в натуре;

δ_c^{mp} - размер трещины на снимке;

25 M_{mp} - масштаб снимка на участке расположения трещины, определяемый как произведение масштабного коэффициента на масштаб снимка в точке расположения масштабной марки,

далее производят многократное измерение параметров трещины, не меняя фотокамеру и сохраняя положение оптической оси при повторных измерениях, затем
 30 сравнивают смежные циклы измерений и определяют динамику развития трещин во времени.

Способ поясняется следующими чертежами:

фиг. 1 - фотографируемый фасад;

35 фиг. 2 - схема фотографирования трещины/дефекта, где:

1 - масштабная марка;

2 - трещина/дефект;

3 - оконный проем;

4 - фасад здания;

40 5 - расстояние от точки фотографирования до масштабной марки;

6 - расстояние от точки фотографирования до трещины/дефекта.

Способ мониторинга параметров трещин в конструкциях зданий и сооружений по снимкам неметрических фотокамер осуществляется следующим образом. Перед
 фиксации дефектов и повреждений в уровне первого этажа на доступном для человека
 45 расстоянии закрепляется масштабная марка таким образом, чтобы при фотографировании марка 1 и дефект 2 (фиг. 1) попадали на один снимок. Конструкция марки представляет собой квадратную пластинку, шириной 100 мм по диагонали. Затем, на расстоянии до 20 м от объекта фотографирования, на штативе устанавливают неметрическую фотокамеру 7 (фиг. 2).

После установки фотокамеры с помощью безотражательного дальномера измеряют два расстояния. Первое расстояние 5 (фиг. 2) - между точкой фотографирования и масштабной маркой, второе расстояние 6 - между точкой фотографирования и участком с трещиной. Затем осуществляется фотофиксация участка повреждения.

5 При фотографировании оптическая ось фотокамеры должна быть направлена приблизительно под прямым углом к поверхности снимаемого объекта. Фотографирование стены производят таким образом, чтобы на снимке располагались масштабная марка и участок, на котором расположена трещина, параметры которой необходимо определить. Так как масштабная марка и участок расположения трещины
10 находятся друг от друга на определенном расстоянии, их масштаб на снимке отличается, поэтому для корректного масштабирования снимка в зоне расположения трещины необходимо определить численное значение поправочного коэффициента для корректировки масштаба съемки.

Коэффициент уменьшения масштаба, в соответствии с законами фотограмметрии,
15 будет определяться как отношение измеренного расстояния от точки фотографирования до точки замера размеров трещины к расстоянию от точки фотографирования до масштабной марки:

$$n = \frac{L_{mp}}{L_M}, (1)$$

20 где n - коэффициент уменьшения масштаба снимка; L_{TP} - расстояние от точки фотографирования до точки замера трещины; L_M - расстояние от точки фотографирования до масштабной марки.

После определения коэффициента уменьшения масштаба вычисляют значение
25 знаменателя масштаба снимка в точке расположения масштабной марки, равное отношению фактического размера марки к измеренному ее размеру в плане снимка:

$$M_M = \frac{\delta_\phi^M}{\delta_c^M}, (2)$$

30 где δ_ϕ^M - фактический размер марки в натуре; δ_c^M - размер марки на снимке; M_M - знаменатель масштаба снимка в точке расположения масштабной марки.

Затем определяют численное значение знаменателя масштаба фотоснимка на участке измерения размера трещины, равное произведению знаменателя масштаба снимка на участке расположения масштабной марки и коэффициента изменения масштаба снимка
35 на участке измерения размеров трещины:

$$M_{mp} = M_M \cdot n, (3)$$

где M_{mp} - знаменатель масштаба в точке расположения трещины на снимке.

40 В автоматизированном режиме, в программном обеспечении, предназначенном для обработки снимков, измеряют размер трещины в плане снимка и определяют фактический её размер, равный произведению размера трещины на снимке и знаменателя масштаба съемки участка, на котором расположена измеряемая трещина:

$$45 \quad \delta_\phi^{mp} = M_{mp} \cdot \delta_c^{mp} (4)$$

где δ_ϕ^{mp} - фактический размер трещины в натуре; δ_c^{mp} - размер трещины на снимке.

Производят многократное измерение параметров трещины и сравнивают смежные

циклы измерения и определяют динамику развития трещин во времени.

Способ поясняется следующим примером. Данный способ возможно реализовать при съемке трещин на фасадах зданий до 5-ти этажей, при установке камеры на расстоянии до 20 м до объекта фотографирования. Основной проблемой при наблюдении за дефектами и повреждениями является труднодоступность дефектов и невозможность закрепления марок и маяков непосредственно вблизи трещин. Способ подтверждается результатами полевых исследований с использованием неметрической камеры SONY DSC-HX400, некалиброванной. Размер матрицы 6,17×4,55 мм с числом пикселей 5184×2920.

В качестве примера рассматривается съемка трещины на фасаде 5-ти этажного здания. Расстояние от точки фотографирования до масштабной марки $L_M = 5,135$ м; расстояние от точки фотографирования до трещины $L_{Tp} = 7,342$ м.

Коэффициент уменьшения масштаба, определяемый по формуле (1), в этом случае будет равен:

$$n = \frac{7,342}{5,135} = 1,430 \quad (1)$$

Фактический размер марки в натуре $\delta_{\phi}^M = 100$ мм, размер марки на снимке $\delta_c^M = 135$ пкс, тогда масштаб снимка в точке расположения марки будет равен:

$$M_M = \frac{100}{135} = 0,74 \text{ мм/пкс} \quad (2)$$

В свою очередь масштаб снимка в точке расположения трещины:

$$M_{mp} = 1,430 \cdot 0,74 = 1,058 \text{ мм/пкс} \quad (3)$$

Размер трещины на снимке $\delta_c^M = 3$ пкс, тогда размер трещины в натуре:

$$\delta_{\phi}^{mp} = 1,058 \cdot 3 = 3,2 \text{ мм} \quad (4)$$

При многократном измерении параметров трещины указанным способом и сравнении смежных циклов измерения существует возможность получить динамику развития трещин во времени.

Способ мониторинга параметров трещин в строительных конструкциях по снимкам неметрических фотокамер за счет использования безотражательных линейных измерений и одной масштабной марки, располагаемой в месте свободного доступа на строительной конструкции, а также использования коэффициента уменьшения масштаба для определения параметров трещин, находящихся в труднодоступных местах.

(57) Формула изобретения

Способ фотограмметрического определения параметров трещин в конструкциях зданий и сооружений по снимкам неметрических фотокамер, включающий фотографирование повреждений и дефектов фасадов зданий камерой, установленной на расстоянии до 20 метров от объекта фотографирования, закрепление на фасаде здания масштабной марки, измерение расстояний от точки фотографирования до марки и дефекта и вычисление поправочного масштабного коэффициента, отличающийся тем, что после установки фотокамеры безотражательным дальномером измеряют два расстояния, первое расстояние между точкой фотографирования и масштабной маркой, второе - между точкой фотографирования и участком расположения трещины, затем осуществляют фотофиксацию зоны повреждения, после этого определяют численное значение поправочного коэффициента для корректировки масштаба съемки, который

определяют отношением измеренного расстояния от точки фотографирования до участка замера параметров трещины к расстоянию от точки фотографирования до масштабной марки, далее определяют численное значение знаменателя масштаба фотоснимка на участке измерения параметров трещины, равное произведению знаменателя масштаба снимка на участке расположения масштабной марки и масштабного коэффициента снимка на участке измерения параметров трещины, а затем измеряют параметры трещины в плане снимка и определяют фактический ее размер, равный произведению размера трещины на снимке и знаменателя масштаба съемки зоны повреждения, на которой расположена измеряемая трещина, по формуле:

$$\delta_{\phi}^{mp} = M_{mp} \cdot \delta_c^{mp}, \text{ где}$$

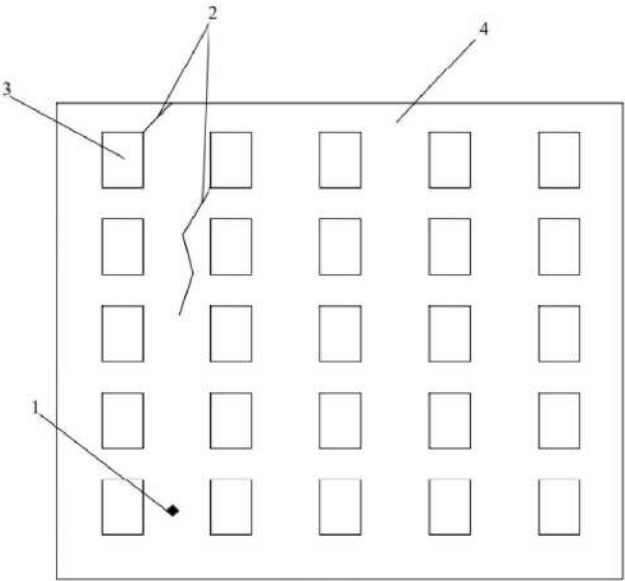
δ_{ϕ}^{mp} - фактический размер трещины в натуре;

δ_c^{mp} - размер трещины на снимке;

M_{mp} - масштаб снимка на участке расположения трещины, определяемый как произведение масштабного коэффициента на масштаб снимка в точке расположения масштабной марки,

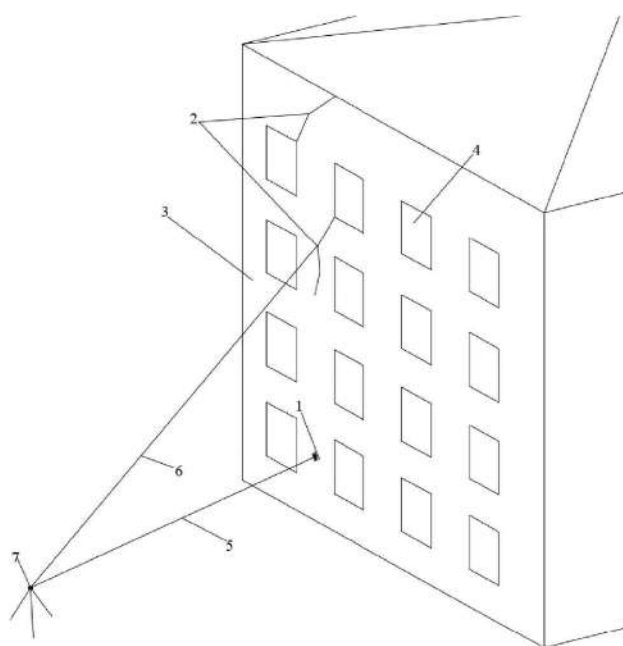
далее производят многократное измерение параметров трещины, не меняя фотокамеру и сохраняя положение оптической оси при повторных измерениях, затем сравнивают смежные циклы измерений и определяют динамику развития трещин во времени.

1



Фиг. 1

2



Фиг. 2