



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01M 3/24 (2021.05); F17D 5/02 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2020128921, 01.09.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.09.2020

Дата регистрации:
06.09.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.09.2020

(45) Опубликовано: 06.09.2021 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

109507, Москва, ул. Ферганская, 25, АО
"Концерн Росэнергоатом", директору по
технологическому развитию Беззубцеву
Валерию Сергеевичу

(72) Автор(ы):

Абидова Елена Александровна (RU),
Синельщиков Павел Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество "Российский концерн
по производству электрической и тепловой
энергии на атомных станциях" (АО "Концерн
Росэнергоатом") (RU),
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Национальный
исследовательский ядерный университет
"МИФИ" (НИЯУ МИФИ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 6134949 A, 24.10.2000. RU 2628672
C1, 21.08.2017. RU 2181881 C2, 27.04.2002. SU
1283566 A1, 15.01.1987. UA 15392 A, 30.06.1997.
UA 20569 A, 15.07.1997. RU 2552854 C2,
10.06.2015. SU 1833684 A3, 27.03.1995.

(54) СПОСОБ КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ И ОБНАРУЖЕНИЯ МЕСТА ТЕЧИ В
ТРУБОПРОВОДЕ С ЗАПОРНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

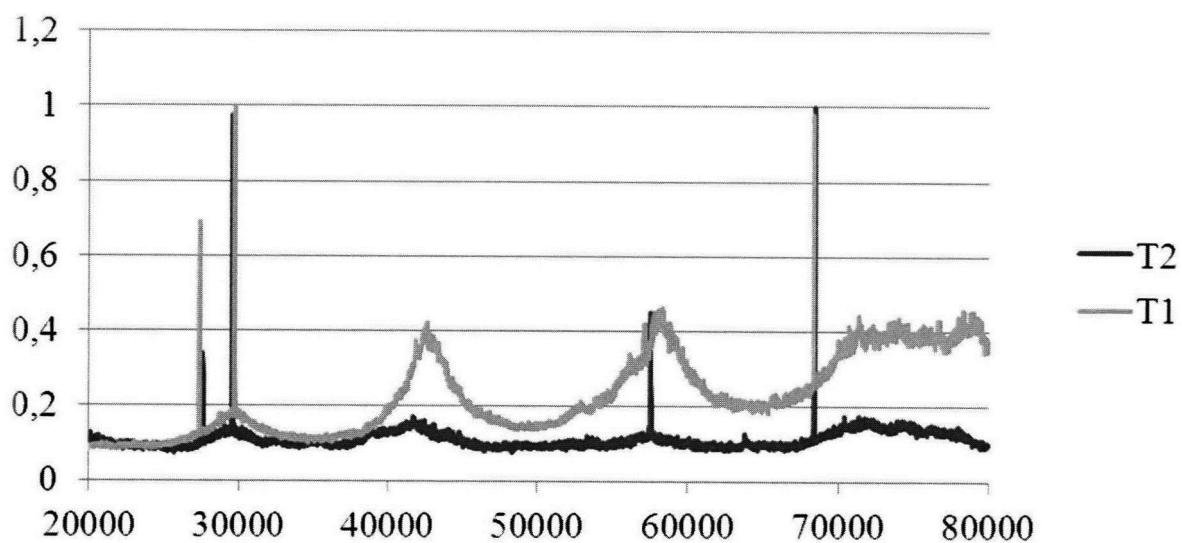
(57) Реферат:

Изобретение относится к области технической диагностики, в частности к способам контроля герметичности трубопроводов, и может быть использовано для исследования трубопроводов на герметичность и обнаружения мест течи в трубопроводах атомных станций. Способ контроля герметичности и обнаружения места течи в трубопроводе с запорным элементом заключается в регистрации акустических сигналов в двух точках по длине трубопровода и последующей обработке принятых акустических сигналов. Регистрацию акустических сигналов осуществляют в широком ультразвуковом диапазоне в двух точках по длине трубопровода, расположенных на трубопроводе до и после запорного элемента. Зарегистрированные ультразвуковые сигналы обрабатывают аналого-

цифровым преобразователем и по полученным значениям строят два соответствующих точкам регистрации спектра сигналов с использованием преобразования Фурье. В построенных спектрах сигналов выделяют диапазон от 15000 до 90000 Гц и выбирают в этом диапазоне наибольшее значение амплитуды в обоих спектрах сигналов. Затем осуществляют деление амплитуд спектров сигналов в указанном частотном диапазоне на наибольшее значение амплитуды и определяют разницу между спектрами сигналов до и после запорного элемента по предложенной формуле. По определенным значениям делают вывод об отсутствии протечки при разнице S между спектрами сигналов менее -100 или о наличии незначительной протечки, если разница между спектрами сигналов находится в диапазоне от

-100 до 100. Вывод о существенной протечке делают при разнице между спектрами сигналов более 100. Также предлагается ультразвуковые сигналы регистрировать с помощью датчиков акустической эмиссии. Технический результат

заключается в снижении продолжительности проведения диагностического обследования и исключении влияния геометрии трубопровода на результат, полученный при диагностическом обследовании. 1 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг. 4



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G01M 3/24 (2021.05); *F17D 5/02* (2021.05)(21)(22) Application: **2020128921, 01.09.2020**(24) Effective date for property rights:
01.09.2020Registration date:
06.09.2021

Priority:

(22) Date of filing: **01.09.2020**(45) Date of publication: **06.09.2021** Bull. № 25

Mail address:

109507, Moskva, ul. Ferganskaya, 25, AO
"Kontsern Rosenergoatom", direktoru po
tekhnologicheskomu razvitiyu Bezzubtsevu
Valeriyu Sergeevichu

(72) Inventor(s):

**Abidova Elena Aleksandrovna (RU),
Sinelschikov Pavel Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aksionernoe obshchestvo "Rossijskij kontsern
po proizvodstvu elektricheskoy i teplovoj energii
na atomnykh stantsiyakh" (AO "Kontsern
Rosenergoatom") (RU),
Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Natsionalnyj issledovatel'skij
yadernyj universitet "MIFI" (NIYAU MIFI)
(RU)**

(54) **METHOD FOR CONTROLLING SEALING CAPACITY AND DETECTING LEAK POINT IN PIPELINE WITH SHUT-OFF ELEMENT**

(57) Abstract:

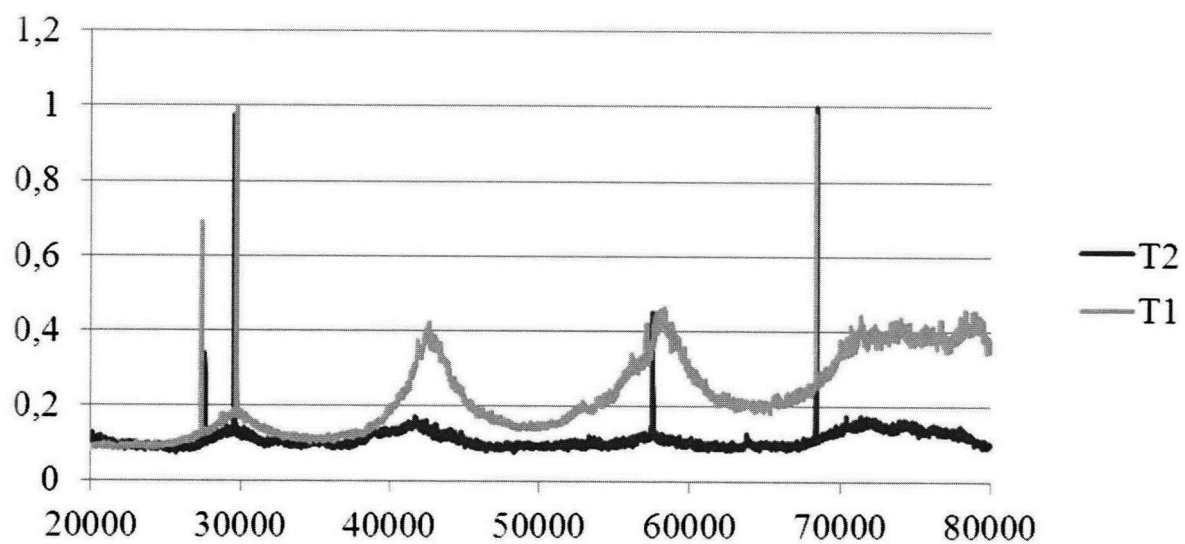
FIELD: diagnostics.

SUBSTANCE: invention relates to the field of technical diagnostics, in particular, to methods for controlling the sealing capacity of pipelines, and can be used to assess the sealing capacity of pipelines and detect leak points in pipelines of nuclear power plants. The method for controlling the sealing capacity and detecting a leak point in a pipeline with a shut-off element consists in recording acoustic signals at two points along the length of the pipeline and subsequently processing the received acoustic signals. Acoustic signals are recorded in the wide ultrasonic range at two points along the length of the pipeline, located on the pipeline before and after the shut-off element. The recorded ultrasonic signals are processed by an analog-to-digital converter and two signal spectra corresponding to the record points are constructed based on the obtained values using the Fourier transform. A range from 15,000 to 90,000 Hz is selected in the constructed signal spectra, and the highest amplitude

value is selected in this range in both signal spectra. The amplitudes of the signal spectra are then divided in the specified frequency range by the largest amplitude value, and the difference between the signal spectra before and after the shut-off element is determined by the proposed formula. Based on the determined values, a conclusion is made on the absence of leaks if the difference S between the signal spectra is less than -100 or the presence of an insignificant leak if the difference between the signal spectra is in the range from -100 to 100. The conclusion about a significant leak is made when the difference between the signal spectra is greater than 100. It is also proposed to record ultrasonic signals using acoustic emission sensors.

EFFECT: reducing the duration of conducting the diagnostic examination and eliminating the influence of the pipeline geometry on the result obtained during the diagnostic examination.

2 cl, 4 dwg



Фиг. 4

RU 2754620 C1

RU 2754620 C1

Изобретение относится к области технической диагностики, в частности к способам контроля герметичности трубопроводов, и может быть использовано для исследования трубопроводов на герметичность и обнаружения мест течи в трубопроводах атомных станций.

5 Одной из важнейших задач технической диагностики оборудования атомных станций является обнаружение протечек теплоносителя. В настоящее время наибольшее распространение получил ультразвуковой способ контроля внутренних и внешних протечек. Внутренние протечки связаны с нарушением герметичности запорной арматуры, внешние - с истечением теплоносителя через поврежденные внешние стенки
10 конструкции. Существующие подходы основаны на анализе акустической эмиссии работающего оборудования, а также расчета корреляционной функции для пары измерительных каналов. Однако такой подход не предусматривают объективных параметров для количественной оценки величины протечки, а в некоторых случаях решение о наличии протечки принимается на основе субъективной оценки и
15 органолептического восприятия фоновых шумов работающего оборудования.

Известен способ определения координаты течи в трубопроводах (авторское свидетельство СССР на изобретение №1283566), заключающийся в приеме акустических сигналов в двух точках по длине трубопровода, обнаружении течи и последующей
20 корреляционной обработке принятых акустических сигналов, в результате которой определяют разность времен прихода акустических сигналов и координату места течи.

Недостатком данного способа является малая длина контролируемой области трубопровода и невозможность его применения в условиях наличия дискретных помех от технических объектов, окружающих или пересекающих трубопровод.

Наиболее близким аналогом к заявляемому техническому решению является способ
25 контроля герметичности и определения координат места течи в продуктопроводе (патент РФ на изобретение №2181881), заключающийся в приеме акустических сигналов в двух точках по длине продуктопровода, обнаружении течи и последующей корреляционной обработке принятых акустических сигналов, в результате которой определяют разность времени прихода акустических сигналов и координаты места
30 течи, при этом перед корреляционной обработкой принятых акустических сигналов проводят режектирование дискретных составляющих в каждом из сигналов с последующим спектральным анализом последних и из полученных спектров сигналов выделяют долговременные спектральные составляющие, длительностью превышающие 30 секунд, и с амплитудой, превышающей фон на 3-6 дБ, и по данным спектральным
35 составляющим судят о наличии течи.

Недостатком ближайшего аналога является низкая точность измерений и последующей обработки полученных акустических сигналов за счет влияния геометрии трубопровода, а также наличия в трубопроводе опор и перемычек.

Задачей, достигаемой предлагаемым изобретением является определение степени
40 герметичности трубопровода с запорным элементом для анализа возможности его дальнейшей эксплуатации, а также повышение качества и эффективности обнаружения мест течи трубопровода.

Технический результат, достигаемый настоящим изобретением, заключается в снижении продолжительности проведения диагностического обследования и исключении
45 влияния геометрии трубопровода на результат, полученный при диагностическом обследовании.

Сущность изобретения состоит в том, что в способе контроля герметичности и обнаружения места течи в трубопроводе с запорным элементом, заключающемся в

регистрации акустических сигналов в двух точках по длине трубопровода и последующей обработке принятых акустических сигналов, предложено регистрацию акустических сигналов осуществлять в широком ультразвуковом диапазоне в двух точках по длине трубопровода, расположенных на трубопроводе до и после запорного элемента, затем зарегистрированные в точке трубопровода до запорного элемента и в точке после запорного элемента ультразвуковые сигналы обрабатывать аналого-цифровым преобразователем и по полученным значениям строить два соответствующих точкам регистрации спектра сигналов с использованием преобразования Фурье, далее в построенных спектрах сигналов выделять диапазон от 15000 до 90000 Гц и выбирать в этом диапазоне наибольшее значение амплитуды в обоих спектрах сигналов, затем осуществлять деление амплитуд спектров сигналов в указанном частотном диапазоне на наибольшее значение амплитуды и определять разницу между спектрами сигналов до и после запорного элемента по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} |S_{2i} - S_{1i}|,$$

где S_{1i} и S_{2i} - амплитуды спектров сигналов до и после запорного элемента соответственно,

i, n - номера дискретных составляющих в анализируемых участках спектра сигнала, после чего по определенным значениям делать вывод об отсутствии протечки при разнице S между спектрами сигналов менее -100 или о наличии незначительной протечки, если разница между спектрами сигналов находится в диапазоне от -100 до 100, или о существенной протечке при разнице между спектрами сигналов более 100.

Также предлагается ультразвуковые сигналы регистрировать с помощью датчиков акустической эмиссии.

Заявленное изобретение поясняется чертежами. На фиг. 1 представлена схема выполнения операций способа, на фиг. 2 - схемы расположения датчиков для контроля запорной арматуры, на фиг. 3 и 4 приведены спектры ультразвуковых сигналов в точках 1 и 2 двух единиц обследуемой запорной арматуры.

Предлагаемый способ осуществляется следующим образом.

На трубопровод до и после герметизирующего элемента устанавливают датчики для регистрации ультразвуковых сигналов, например, датчики акустической эмиссии GT400. Точки для установки датчиков выбирают либо в верхней части сечения трубопровода, либо в боковой его части. Точки для установки датчиков в нижней части сечения трубопровода не выбирают из-за возможных искажений акустического сигнала вследствие возможного наличия различного рода отложений.

Затем осуществляют регистрацию акустических сигналов в широком ультразвуковом диапазоне. Далее зарегистрированные ультразвуковые сигналы обрабатывают аналого-цифровым преобразователем и по полученным значениям строят два соответствующих точкам регистрации спектра сигналов с использованием преобразования Фурье.

Затем в построенных спектрах сигналов выделяют диапазон от 15000 до 90000 Гц, т.к. на более низких частотах проявляются собственные колебания трубопровода, а на более высоких - ложные пики из-за особенностей работы акустического датчика.

Далее выбирают в этом диапазоне наибольшее значение амплитуды в обоих спектрах сигналов и осуществляют деление амплитуд спектров сигналов в указанном частотном диапазоне на наибольшее значение амплитуды.

Разницу между спектрами сигналов до и после запорного элемента определяют по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} |S_{2i} - S_{1i}|,$$

где S_{1i} и S_{2i} - амплитуды спектров сигналов до и после запорного элемента

соответственно,

i, n - номера дискретных составляющих в анализируемых участках спектра сигнала.

По полученному значению делают вывод об отсутствии протечки при разнице S между спектрами сигналов менее -100 или о наличии незначительной протечки, если разница между спектрами сигналов находится в диапазоне от -100 до 100, или о существенной протечке при разнице между спектрами сигналов более 100.

Описанный способ был использован на Нововоронежской АЭС при обследовании арматуры системы питательной воды на байпасах и на линии рециркуляции.

В соответствии с представленной на фиг. 1 схемой реализации заявленного способа, проводили измерение акустических сигналов до (п. 1.1) и после (п. 1.2) установленного запорного элемента. На фиг. 2 приведена схема расположения точек для выполнения измерений. Цифрами отмечены номера точек измерений: 1 и 2. Стрелкой обозначено направление движения рабочей среды.

Проводили анализ сигналов, полученных при помощи датчика акустического GT400. Регистрацию выполняли в двух точках: в точке 1 до и в точке 2 после запорного элемента 3.

Обследуемая запорная арматура (запорный элемент 3) предназначалась для перекрытия потока воды под давлением 8 МПа и при температуре 160°C.

После измерения акустических сигналов в точках 1 и 2 проводили оцифровку полученных сигналов, зарегистрированных до (п. 2.1) и после (п. 2.2) запорного элемента 3. После чего проводили расчет (пп. 3.1 и 3.2 на фиг. 1) спектров оцифрованных сигналов, зарегистрированных до и после установленного запорного элемента 3. При расчете спектра тока задавали размер быстрого преобразования Фурье 1684, весовую функцию Hann и усреднение 75%.

После этого проводили выделение диапазона от 20000 до 80000 Гц в спектрах оцифрованных сигналов (п. 4.1 и 4.2 фиг. 1), зарегистрированных в точках 1 и 2 до и после запорного элемента 3. В выделенном диапазоне обоих спектров оцифрованных сигналов была выбрана наибольшая амплитуда.

Затем было осуществлено деление на наибольшую амплитуду спектров оцифрованных сигналов, зарегистрированных до (п. 6.1) и после (п. 6.2) запорного элемента 3, а далее - вычитание амплитуд нормализованных спектров оцифрованных сигналов, зарегистрированных до и после запорного элемента 3. Далее осуществляли суммирование разностей амплитуд нормализованных спектров оцифрованных сигналов, зарегистрированных до и после запорного элемента 3.

Разницу между спектрами сигналов до и после запорного элемента 3 определяли по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} |S_{2i} - S_{1i}|,$$

где S_{1i} и S_{2i} - амплитуды спектров сигналов до и после запорного элемента

соответственно,

i, n - номера дискретных составляющих в анализируемых участках спектра сигнала.

По полученным спектрам производили идентификацию состояния запорного элемента по суммарной разности амплитуд при условии: различие менее -100 трактуется как «отсутствие протечки», параметр в диапазоне от -100 до 100 интерпретируется как

«возможна незначительная протечка», а результат более 100 означает «существенная протечка».

Спектры ультразвуковых сигналов в точках 1 и 2 двух единиц обследуемой запорной арматуры приведены на фиг. 3 и 4. При этом на фиг. 3 представлено наложение нормированных спектров до и после запорного элемента с протечками, а на фиг. 4 - наложение спектров до и после запорного элемента без протечек. В первом случае различие спектров составило $S=759$, а во втором случае $S=-680$. Таким образом, был сделан вывод о существенной протечке в запорном органе первой единицы арматуры и отсутствии протечки второй единицы арматуры.

Предлагаемый способ может быть использован на АЭС, а также для контроля герметичности трубопроводов на предприятиях и объектах техники теплоэнергетики и других отраслей промышленности.

Использование предлагаемого способа позволяет определить степень герметичности трубопровода с запорным элементом для анализа возможности его дальнейшей эксплуатации, а также повысить качество и эффективность обнаружения мест течи трубопровода.

(57) Формула изобретения

1. Способ контроля герметичности и обнаружения места течи в трубопроводе с запорным элементом, заключающийся в регистрации акустических сигналов в двух точках по длине трубопровода и последующей обработке принятых акустических сигналов, отличающийся тем, что регистрацию акустических сигналов осуществляют в широком ультразвуковом диапазоне в двух точках по длине трубопровода, расположенных на трубопроводе до и после запорного элемента, затем зарегистрированные в точке трубопровода до запорного элемента и в точке после запорного элемента ультразвуковые сигналы обрабатывают аналого-цифровым преобразователем и по полученным значениям строят два соответствующих точкам регистрации спектра сигналов с использованием преобразования Фурье, далее в построенных спектрах сигналов выделяют диапазон от 15000 до 90000 Гц и выбирают в этом диапазоне наибольшее значение амплитуды в обоих спектрах сигналов, затем осуществляют деление амплитуд спектров сигналов в указанном частотном диапазоне на наибольшее значение амплитуды и определяют разницу между спектрами сигналов до и после запорного элемента по формуле:

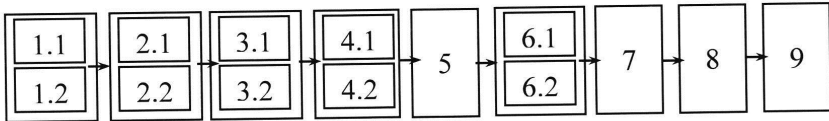
$$S = \sum_{i=1}^{n-1} |S_{2i} - S_{1i}|,$$

где S_{1i} и S_{2i} - амплитуды спектров сигналов до и после запорного элемента соответственно,

i, n - номера дискретных составляющих в анализируемых участках спектра сигнала, после чего по определенным значениям делают вывод об отсутствии протечки при разнице S между спектрами сигналов менее -100 или о наличии незначительной протечки, если разница между спектрами сигналов находится в диапазоне от -100 до 100, или о существенной протечке при разнице между спектрами сигналов более 100.

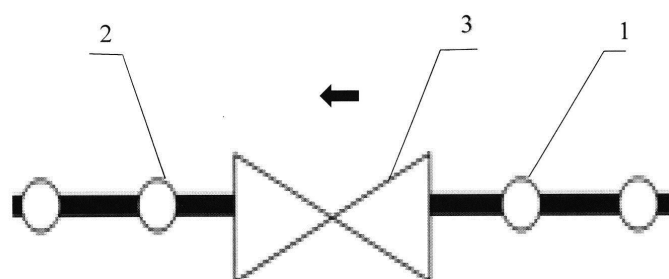
2. Способ контроля герметичности и обнаружения места течи в трубопроводе с запорным элементом по п. 1, отличающийся тем, что ультразвуковые сигналы регистрируют с помощью датчиков акустической эмиссии.

1

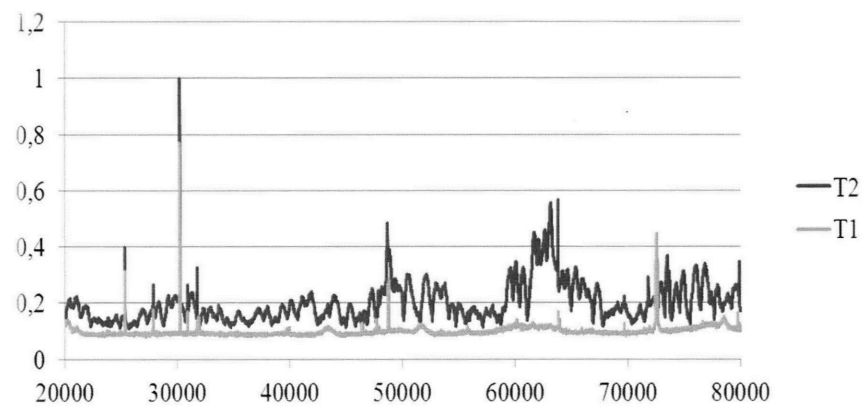


Фиг. 1

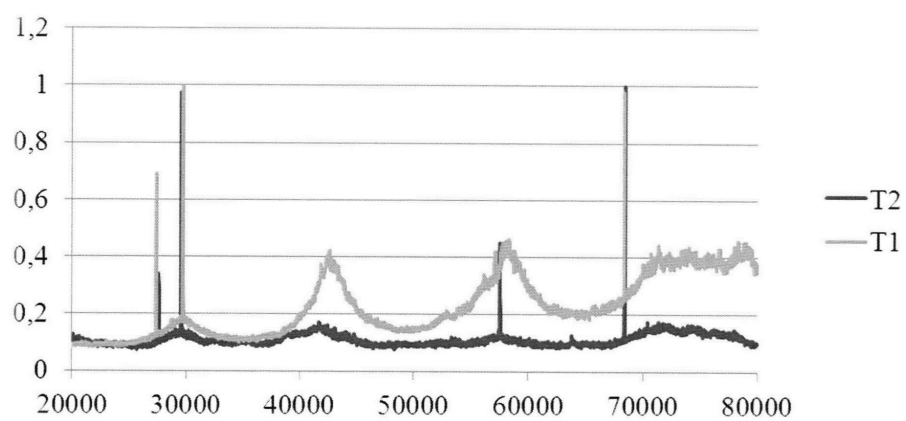
2



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4