



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) RU<sup>(11)</sup> 2 263 969<sup>(13)</sup> C2  
(51) МПК<sup>7</sup> G 08 B 13/184, G 01 S 1/72

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2001123790/09, 27.08.2001  
(24) Дата начала действия патента: 27.08.2001  
(43) Дата публикации заявки: 27.06.2003  
(45) Опубликовано: 10.11.2005 Бюл. № 31  
(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 4242743 A, 30.12.1980.  
RU 2080824 C1, 10.06.1997.  
RU 2063703 C1, 20.07.1996.  
RU 2140077 C1, 20.10.1999.  
US 3946377 A, 23.03.1976.  
FR 2096792 A, 25.02.1975.

Адрес для переписки:  
456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул.  
Васильева, 13, а/я 245, отдел  
интеллектуальной собственности, Г.В.Бакалову

(72) Автор(ы):  
Подгорнов В.А. (RU),  
Брызгалов А.Ю. (RU),  
Казаков В.Р. (RU)

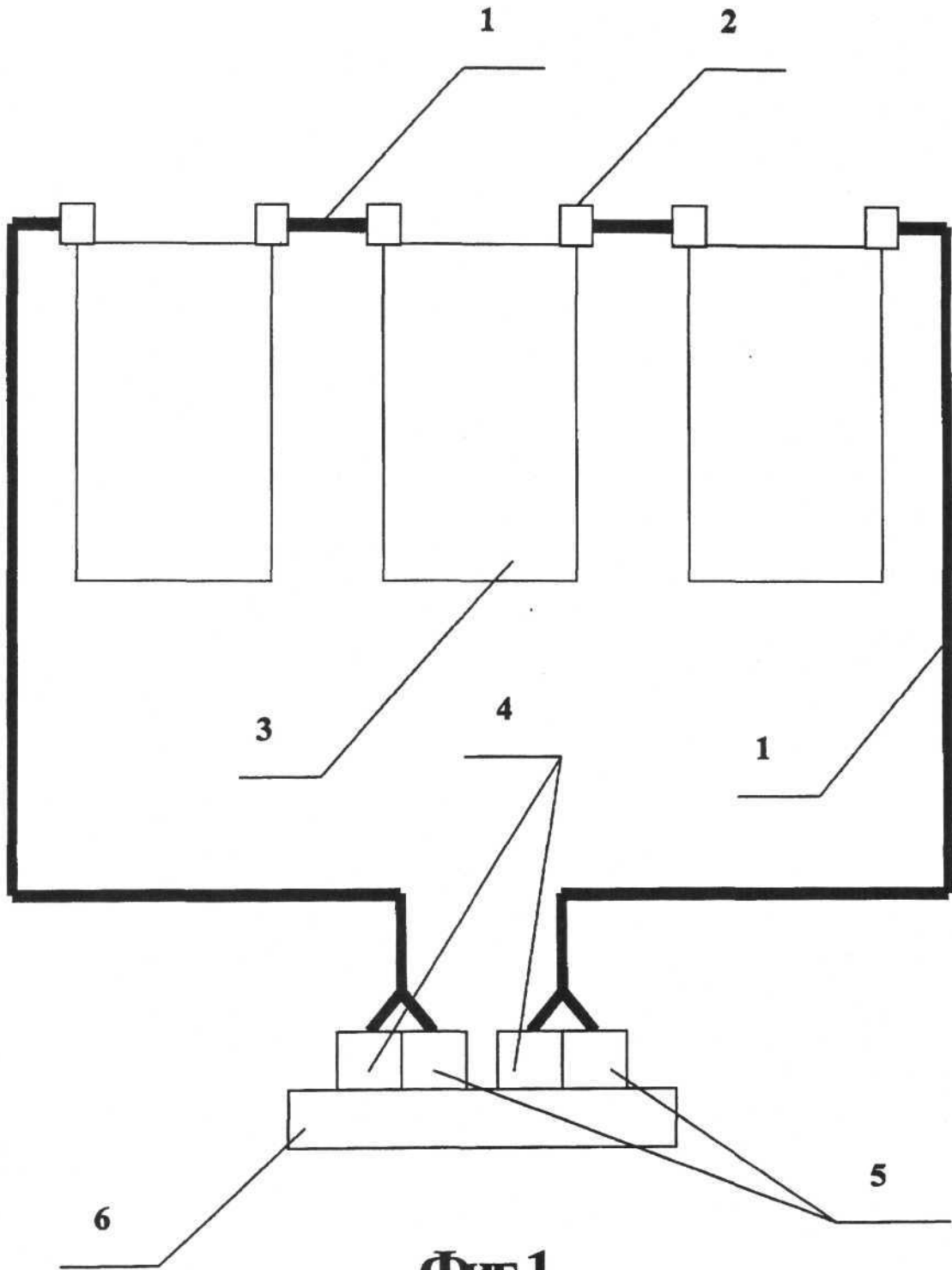
(73) Патентообладатель(ли):  
Российский Федеральный Ядерный Центр -  
Всероссийский научно-исследовательский  
институт технической физики им. академика  
Е.И. Забабахина (РФЯЦ - ВНИИТФ) (RU),  
Министерство Российской Федерации по  
атомной энергии (RU)

## (54) СПОСОБ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ В ОХРАНЯЕМОЙ ЗОНЕ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ

### (57) Реферат:

Изобретение предназначено для слежения за наличием охраняемого объекта в установленном месте. Технический результат заключается в обеспечении высокой точности определения присутствия или отсутствия контролируемых объектов на определенном месте независимо от изменения или флуктуации параметров среды с течением времени. Сущность изобретения заключается в том, что через твердотельный звукопровод в виде протяженного тела с одним или более полными разрывами или профилированными частичными разрывами, устраняемыми контролируруемыми объектами, по

направлению к месту размещения охраняемого объекта передают зондирующий ультразвуковой импульс, принимают отраженный эхосигнал, прошедший через эту же среду, вычисляют абсолютное значение разности отраженного эхосигнала, соответствующего зондирующему ультразвуковому импульсу на момент контроля, и отраженного эхосигнала, принятого за эталон, интегрируют эту разность за определенное время и сравнивают полученный результат с пороговым значением. Превышение результата над пороговым значением говорит о наличии вмешательства. 2 н. и 9 з.п. ф-лы, 6 ил.



Фиг.1

Изобретение относится к средствам контроля охраняемых объектов, в частности к средствам, обеспечивающим дистанционное слежение за наличием или отсутствием объекта в установленном месте, и предназначено для контроля за несанкционированным перемещением объекта в пределах зоны контроля или за ее пределы.

5 Для того чтобы обеспечить дистанционный контроль за одним или несколькими объектами, помещенными в зону контроля, имеющую ограниченную возможность доступа, как правило, используют различные виды излучения, реагирующие на наличие или отсутствие объекта в зоне контроля. Часто используют ультразвуковое излучение.

Известен способ контроля вторжения, заключающийся в излучении ультразвуковых импульсов в охраняемую зону, приеме отраженных сигналов, анализе спектра частот принятых сигналов и выявлении частот, отличных от частот излучаемого сигнала, появление которых вызвано перемещением объекта в зоне контроля (заявка Франции №2096792, МПК G 08 B 13/00, опубл. 1972).

Недостаток заключается в необходимости использования сложной анализирующей аппаратуры.

Известен способ контроля распространения звуковых волн в акустической среде, заключающийся в формировании несущей частоты волновых колебаний, модулировании несущей частоты с целью получения частотно-модулированного сигнала, определении временного сдвига между переданным и принятым модулированным сигналами, регистрации изменений полученного таким образом временного интервала с целью оценки различных скоростей распространения волнового сигнала в акустической среде и формировании предупредительного сигнала при превышении указанным временным интервалом заданного значения (патент США №3946377, МПК G 08 B 13/08, публикация 1976). Такое превышение может быть вызвано произошедшим вмешательством в акустическую среду, например появлением постороннего объекта в зоне контроля.

Недостаток заключается в пониженной точности контроля при не ярко выраженных нарушениях, например при перемещении объекта в пределах зоны контроля.

В качестве прототипа выбран способ обнаружения изменений в охраняемой зоне, заключающийся в излучении импульса акустической энергии, например ультразвуковой, от источника через среду, передающую это излучение по направлению к месту размещения контролируемого объекта, и анализе контрольной зарегистрированной информации, причем этот анализ включает в себя измерение интервала времени между моментом излучения и моментом поступления отраженного эталонного импульса на приемник, а также измерение интервала времени между моментом излучения контрольного импульса и моментом поступления отраженного импульса на приемник, сравнение указанных интервалов путем вычисления разности между ними и генерирование предупредительного сигнала (патент США №4242743, МПК G 08 B 13/16, публикация 1980).

Недостатком является то, что отраженный сигнал, как правило, содержит множественные гармоники, затрудняющие определение точного момента времени отражения, что вносит определенную погрешность в результат контроля. Кроме того, с течением времени параметры среды, через которую передается ультразвуковое излучение, могут меняться и это также вносит дополнительную погрешность в результат контроля.

Задача стоит в создании способа, обеспечивающего высокую точность определения присутствия или отсутствия контролируемых объектов на определенном месте независимо от изменения или флуктуации параметров среды с течением времени.

Поставленная задача решается тем, что в способе ультразвукового контроля объектов, заключающемся в излучении зондирующего ультразвукового импульса от источника через среду, передающую это излучение по направлению к месту размещения контролируемого объекта, регистрации отраженного эхосигнала и анализе контрольной зарегистрированной информации, согласно изобретению в качестве среды, передающей ультразвуковое излучение, используют твердотельный звукопровод, в котором периодически возбуждают зондирующий ультразвуковой импульс, а в качестве контрольной зарегистрированной информации используют проинтегрированное за определенный промежуток времени

абсолютное значение разности прошедших через твердотельный звукопровод отраженного эхосигнала, соответствующего зондирующему ультразвуковому импульсу на момент контроля, и отраженного эхосигнала, принятого за эталон, сравнивают полученный  
5 результату сравнения делают вывод об изменении местоположения контролируемого объекта, установленного с обеспечением звукопроводящего контакта с твердотельным звукопроводом.

В качестве эталона может быть использован сохраняемый в памяти отраженный эхосигнал, соответствующий заведомо исходному состоянию контролируемого объекта.

10 Это будет, так называемый, постоянный эталон.

Однако эталон может быть «плавающим». В этом случае в качестве эталона используют отраженный эхосигнал, возникающий при воздействии зондирующего ультразвукового импульса, являющегося контрольным в предыдущем цикле контроля.

В другом варианте реализации вводят дополнительные один или более эталонов,  
15 разнесенные друг относительно друга на заданное количество циклов контроля, вычисляют дополнительные значения разностей отраженного эхосигнала на момент контроля и дополнительных эталонов, интегрируют их за тот же промежуток времени и последовательно сравнивают полученные результаты с пороговым значением.

Технический результат заключается в следующем. Твердотельный материал  
20 звукопровода слабо меняет свои звукопроводящие свойства с течением времени. Но вместе с тем, зондирующее ультразвуковое излучение реагирует на изменение пограничных состояний, отвечающих за его отражение. Отраженный сигнал имеет ярко выраженные отличия в исходном состоянии и в состоянии произошедшего вмешательства. Однако сам эхосигнал представляет собой набор разнообразных гармоник и флуктуаций на  
25 фоне основной гармонике, что представляет определенную трудность для процедуры сравнения. Интегрирование разности двух эхосигналов: контрольного и эталонного за определенный промежуток времени дает усредненную абсолютную величину, являющуюся наиболее оптимальной для организации процесса сравнения, результат которого воспринимается наиболее однозначно. Действительно, если произошло даже  
30 незначительное вмешательство, например объект был перемещен на другое место в пределах зоны контроля, разность отраженных эхосигналов, текущего и исходного, претерпит существенные изменения по сравнению с аналогичной разностью, выбранной за пороговое значение. Тем не менее, за достаточно большой промежуток времени отраженный эхосигнал, соответствующий исходному состоянию, претерпит некоторые  
35 изменения из-за нестабильности флуктуаций и паразитных гармоник. В этом случае целесообразно использовать «плавающий» эталон, который соответствует времени контроля. Если позволяет память запоминающего устройства, то эталонов может быть несколько, чтобы наиболее точно определить момент произошедшего вмешательства при разумной частоте опроса.

40 В качестве прототипа устройства для ультразвукового контроля одного или нескольких объектов, размещенных заданным образом в зоне хранения, выбрано устройство, содержащее один или более ультразвуковых передатчиков, осуществляющих передачу ультразвукового излучения в одном или более направлениях, среду, передающую  
45 ультразвуковое излучение к области размещения контролируемых объектов, один или более ультразвуковых приемников отраженного излучения и блок управления и анализа зарегистрированных с выходов указанных приемников сигналов (европейский патент №0018206, МПК G 08 B 13/16, G 21 C 19:06, публ. 1980 г.).

Недостаток устройства заключается в том, что в качестве звукопередающей среды  
50 используется вода или воздух, свойства которых могут очень заметно изменяться от внешних условий. Кроме того, такое устройство не обладает достаточно высокой чувствительностью, что снижает достоверность контроля.

Задача заключается в создании устройства, обладающего расширенными возможностями применения, высокой достоверностью контроля и повышенной



чувствительностью.

Поставленная задача решается следующим образом. В устройстве контроля объектов, размещенных заданным образом в зоне хранения, содержащем один или более ультразвуковых передатчиков, осуществляющих передачу ультразвукового излучения в одном или более направлениях, среду, передающую ультразвуковое излучение к области размещения контролируемых объектов, один или более ультразвуковых приемников отраженного излучения и блок управления и анализа зарегистрированных с выходов указанных приемников сигналов, согласно изобретению, среда, передающая ультразвуковое излучение выполнена в виде твердотельного звукопровода с одним или более полными или частичными разрывами сплошности, устраняемыми контролируруемыми объектами.

Технический результат заключается в том, что применение подобного звукопровода повышает реакцию системы на любое перемещение контролируемого объекта даже в пределах территории хранения, т.к. при любом перемещении резко изменяются параметры звукопровода, по которому проходит зондирующее ультразвуковое излучение к объекту (или к области размещения контролируемого объекта) и отраженное излучение. При появлении разрыва в цепи прохождения ультразвука возникает эхосигнал, форма которого разительно отличается от формы отраженного эхосигнала, имевшего место при ненарушенном звукопроводе, т.е. в исходном состоянии.

Твердотельный звукопровод может быть выполнен в форме протяженного тела с одним или более полными или частичными разрывами, по крайней мере, на одном конце которого установлены ультразвуковой передатчик и ультразвуковой приемник.

В качестве протяженного тела могут быть использованы лента, прут или проволока.

Протяженное тело может быть выполнено из отдельных отрезков, снабженных звукопроводными элементами крепления к контролируемым объектам.

Твердотельный звукопровод может быть выполнен в виде плоскости, профилированные частичные разрывы сплошности которой предназначены для установки контролируемых объектов из звукопроводящего материала, а ультразвуковые приемники и передатчики подсоединены к точкам плоскости с обеспечением ввода-вывода ультразвукового излучения по отношению к областям размещения контролируемых объектов.

Ультразвуковые передатчики и приемники и блок управления и анализа могут быть размещены вне зоны нахождения звукопровода с контролируемыми объектами, например под звукопроводящей плоскостью, и соединены с ним с помощью вспомогательных звукопроводов с обеспечением заданных геометрических условий ввода-вывода ультразвукового излучения по отношению к областям размещения контролируемых объектов.

На фиг.1 схематически показано устройство, реализующее способ со звукопроводом в форме протяженного тела, на фиг.2 показаны эпюры отраженных эхосигналов, на фиг.3 приведены эпюры абсолютных разностей сигналов, на фиг.4 - результаты интегрирования разностных сигналов, на фиг.5 показан фрагмент устройства с выполнением контролируемого объекта в форме болта, ввинчиваемого в охраняемый объект. На фиг.6 схематически показано устройство со звукопроводом, выполненным в форме плоскости.

Устройство, реализующее способ на фиг.1, содержит звукопровод 1, выполненный в форме отрезков протяженного эксплуатационно-стойкого тела, например толстой ленты с элементами 2 для крепления к контролируемым объектам 3. В качестве элементов крепления могут быть использованы, например, магнитные наконечники, обеспечивающие надежный звуковой и механический контакт с контролируемым объектом. Материалом звукопровода может служить медь, сталь или свинец, покрытые пластиковым или иным звукопоглощающим покрытием. На обоих концах звукопровода установлены ультразвуковые приемопередатчики 4,5, соединенные с блоком 6 управления, обработки и анализа. Приемопередатчики 4, 5 и блок 6 вынесены за пределы охраняемой зоны.

Способ реализуют следующим образом. Изначально контролируемые объекты 3, обладающие звукопроводящими свойствами, устанавливаются в разрывы жесткого

звукпровода 1, обеспечивая тем самым его непрерывность. Протяженная форма звукпровода на фиг.1 обеспечивает направленное излучение в сторону контролируемых объектов 3. Блоком управления 6 поочередно задействуют передатчики 4 ультразвукового излучения, имеющего вид отдельного импульса или пачки импульсов заданного вида (короткого цуга). При достижении ультразвуковым импульсом конца звукпровода 1 с установленными контролируемыми объектами 3 возникает отраженный эхосигнал, который возвращается на приемники 5 и передается в блок 6 (фиг.2  $U_{исх.}$ ). Этот сигнал обрабатывают соответствующим образом, в частности выделяют огибающую, оцифровывают и сохраняют в памяти в качестве эталонного. Если в процессе контроля исходное состояние звукпровода 1 не было нарушено, то отраженный эхосигнал практически не изменится. Если же какой-то из объектов был изъят, в звукпроводе возникнет разрыв, резко меняющий условия отражения для зондирующего импульса. В результате в блок 6 поступит отраженный эхосигнал  $U_{изм.}$ , который имеет вид абсолютно отличный от аналогичного эхосигнала в исходном состоянии. В каждом цикле контроля при поступлении очередного зондирующего импульса вычисляют абсолютную разность соответствующего ему эхосигнала и эхосигнала, соответствующего исходному состоянию (фиг.3), и берут интеграл за время  $t_1$  (фиг.4). Если имело место изменение эхосигнала, то меняется и разность и величина интеграла, которая превышает заданный порог  $\Sigma_{пор.}$  и служит сигналом вмешательства. Если же контролируемый объект не менял своего места расположения, величина этого интеграла не превышает заданный порог. Величина порога задается предварительно, исходя из набора интегралов нескольких разностных сигналов, соответствующих исходным состояниям звукпровода в разных климатических условиях контроля.

Эхосигнал, соответствующий исходному состоянию, может быть не только постоянным, но и «плавающим».

В этом случае он формируется следующим образом. Например, отраженный эхосигнал, полученный в очередном цикле контроля, после соответствующей обработки сохраняют в памяти на некоторый промежуток времени и используют в следующем цикле контроля в качестве эталонного. В следующем цикле контроля после определения соответствующей разности и ее интеграла осуществляют процедуру сравнения. Если в какой-то момент времени произошло изменение параметров звукпровода, результат сравнения превысит заданный порог, что послужит причиной инициирования сигнала тревоги с хронологической привязкой ко времени произошедшего вмешательства.

При наличии большого объема памяти сравнение может вестись с несколькими «плавающими» эталонами, соответствующими отраженным эхосигналам на предыдущие моменты контроля, опережающие на заданное число тактов момент текущего контроля. При этом процедура контроля может вестись с меньшей частотой без потери хронологической информативности о произошедшем событии.

Варианты реализации устройства могут быть различными. Распределенные по длине звукпровода 1 разрывы могут быть сформированы за счет того, что звукпровод выполняют из отдельных отрезков провода или ленты, соединяемых друг с другом посредством зацепления с обеих сторон с контролируемыми объектами звукпроводными элементами крепления 2, например магнитами или другими элементами, обеспечивающими звукпроводящий контакт (фиг.1). В лентообразном протяженном звукпроводе могут быть выполнены отверстия, имеющие соответствующие размеры и форму для установки в них звукпроводных контролируемых объектов 3, с обеспечением неразрывного звукового контакта. Например, разрывы в протяженном звукпроводе 1 могут быть выполнены в виде отверстий, форма которых позволяет устанавливать в них болты различной конфигурации, которые, в свою очередь, являются запорными элементами для охраняемых объектов 7 и контролируемыми объектами 3 (фиг.5а, б). При извлечении болта нарушается цельность звукпровода 1, в результате чего отраженный эхосигнал существенно видоизменяется.

На фиг.6 приведено устройство, где звукпровод 1 выполнен в виде плоскости из

звукпроводного материала, например из стали, в которой выполнены отверстия 2 соответствующих размеров и формы для установки в них контролируемых объектов 3, например контейнеров, содержащих опасные вещества. Передатчики и приемники 4, 5 ультразвукового излучения и блок 6 могут быть вынесены за пределы звукпровода 1 и соединены с ним с помощью вспомогательных звукпроводов 8. Например, их можно разместить под звукпроводом, в частности на дне вентиляционных колодцев. Такое размещение обеспечит удобство обслуживания аппаратуры и щадящий режим ее работы. Количество контролируемых объектов и количество приемопередатчиков должно быть достаточным, чтобы совокупность зарегистрированной информации показывала не только факт нарушения целостности звукпровода, т.е. появление в нем разрывов, вызывающих изменение отраженного эхосигнала, но и месторасположение возникшего разрыва.

Для подтверждения работоспособности способа были проведены модельные эксперименты, сняты множественные эпюры эхосигналов, проведена их обработка и анализ. Результаты показали, что заявляемые способ и устройство обладают высокой достоверностью выявления факта изменения звукпроводящих параметров твердотельного звукпровода.

#### Формула изобретения

1. Способ ультразвукового контроля объектов в охраняемой зоне, заключающийся в излучении зондирующего ультразвукового импульса от источника через среду, передающую это излучение по направлению к месту размещения контролируемого объекта, регистрации отраженного эхосигнала, и анализе контрольной зарегистрированной информации, отличающийся тем, что в качестве среды, передающей ультразвуковое излучение, используют твердотельный звукпровод, в котором периодически возбуждают зондирующий ультразвуковой импульс, а в качестве контрольной зарегистрированной информации используют проинтегрированное за определенный промежуток времени абсолютное значение разности прошедших через указанный твердотельный звукпровод отраженного эхосигнала, соответствующего зондирующему ультразвуковому импульсу на момент контроля, и отраженного эхосигнала, принятого за эталон, сравнивают полученный результат с предварительно определенным пороговым значением и по полученному результату сравнения делают вывод об изменении местоположения контролируемого объекта, установленного с обеспечением звукпроводящего контакта с твердотельным звукпроводом.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве эталона используют сохраняемый в памяти отраженный эхосигнал, соответствующий заведомо исходному состоянию контролируемого объекта.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве эталона используют отраженный эхосигнал, возникающий при воздействии зондирующего ультразвукового импульса, являющегося контрольным в предыдущем цикле контроля.

4. Способ по п.3, отличающийся тем, что вводят дополнительные один или более эталонов, разнесенные относительно друг друга на заданное количество циклов контроля, вычисляют дополнительные абсолютные значения разностей отраженного эхосигнала на момент контроля и дополнительных эталонов, интегрируют их за тот же промежуток времени и последовательно сравнивают полученные результаты с пороговым значением.

5. Устройство для ультразвукового контроля объектов, размещенных заданным образом в зоне хранения, содержащее один или более ультразвуковых передатчиков, осуществляющих передачу ультразвукового излучения в одном или более направлениях, среду, передающую ультразвуковое излучение к области размещения контролируемых объектов, один или более ультразвуковых приемников отраженного излучения и блок управления и анализа зарегистрированных с выходов ультразвуковых приемников сигналов, отличающееся тем, что среда, передающая ультразвуковое излучение, выполнена в виде твердотельного звукпровода с одним или более полными или профилированными частичными разрывами сплошности, устраняемыми контролирующими

объектами.

6. Устройство по п.5, отличающееся тем, что твердотельный звукопровод выполнен в форме протяженного тела с одним или более полными или частичными разрывами, по крайней мере, на одном конце которого установлены ультразвуковой передатчик и

5 ультразвуковой приемник.

7. Устройство по п.6, отличающееся тем, что протяженное тело выполнено в форме ленты.

8. Устройство по п.6, отличающееся тем, что протяженное тело выполнено в форме прута или проволоки.

10 9. Устройство по п. 5, или 6, или 7, отличающееся тем, что протяженное тело состоит из отдельных отрезков, снабженных звукопроводными элементами крепления к контролируемым объектам.

15 10. Устройство по п.5, отличающееся тем, что твердотельный звукопровод выполнен в виде плоскости с профилированными частичными разрывами сплошности для установки контролируемых объектов из звукопроводящего материала, а ультразвуковые приемники и передатчики подсоединены к точкам плоскости с обеспечением заданных геометрических условий ввода-вывода ультразвукового излучения по отношению к областям размещения контролируемых объектов.

20 11. Устройство по любому из пп.5-8, 10, отличающееся тем, что ультразвуковые приемники и передатчики и блок управления и анализа зарегистрированных с выходов ультразвуковых приемников сигналов размещены вне зоны нахождения твердотельного звукопровода с контролируемыми объектами, например под плоскостью размещения твердотельного звукопровода, и соединены с ним с помощью вспомогательных твердотельных звукопроводов с обеспечением ввода-вывода ультразвукового излучения по

25 отношению к областям размещения контролируемых объектов.

30

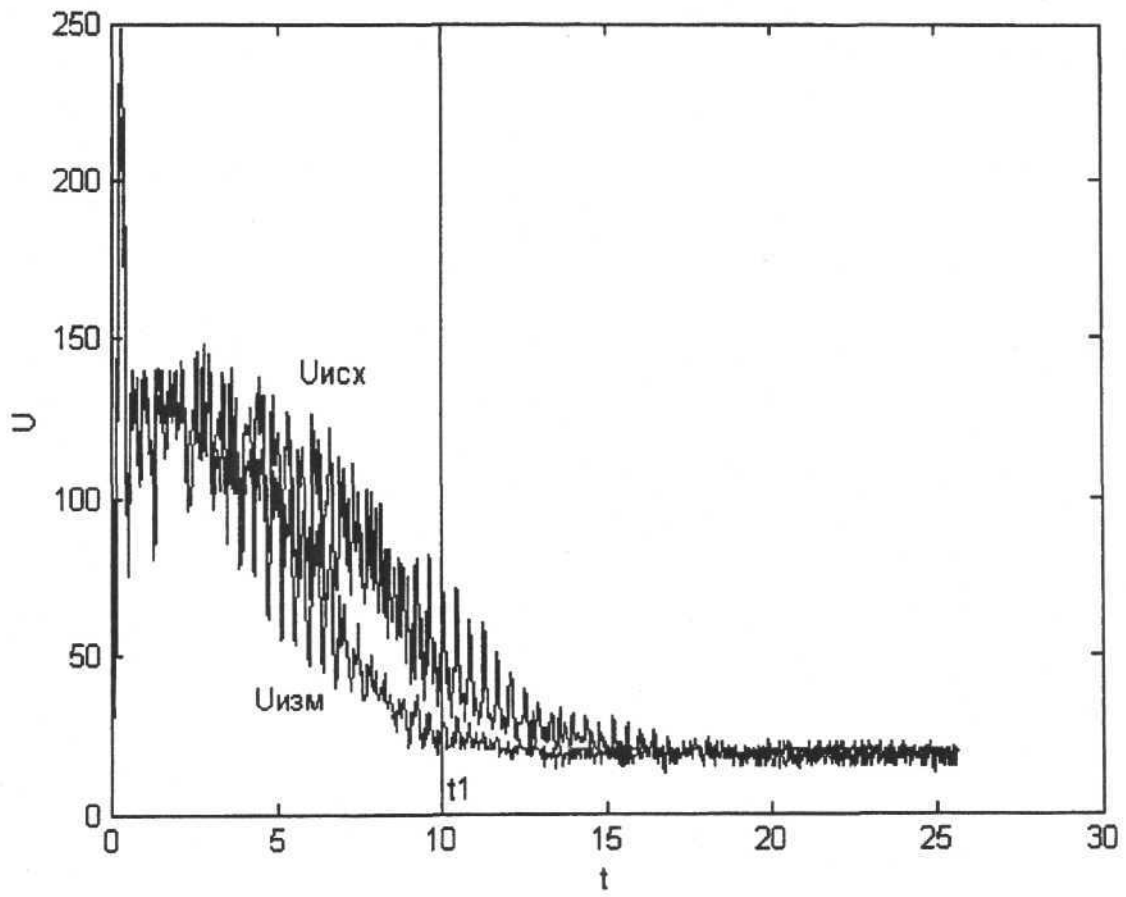
35

40

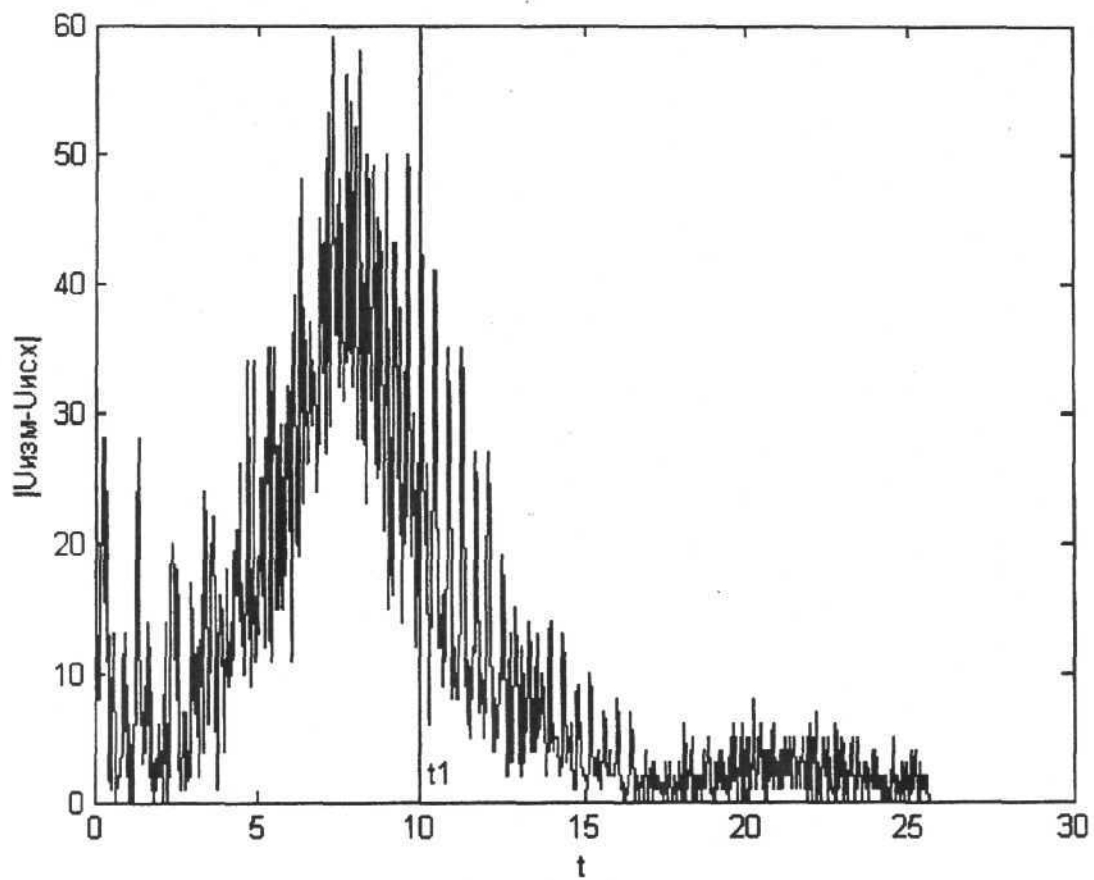
45

50

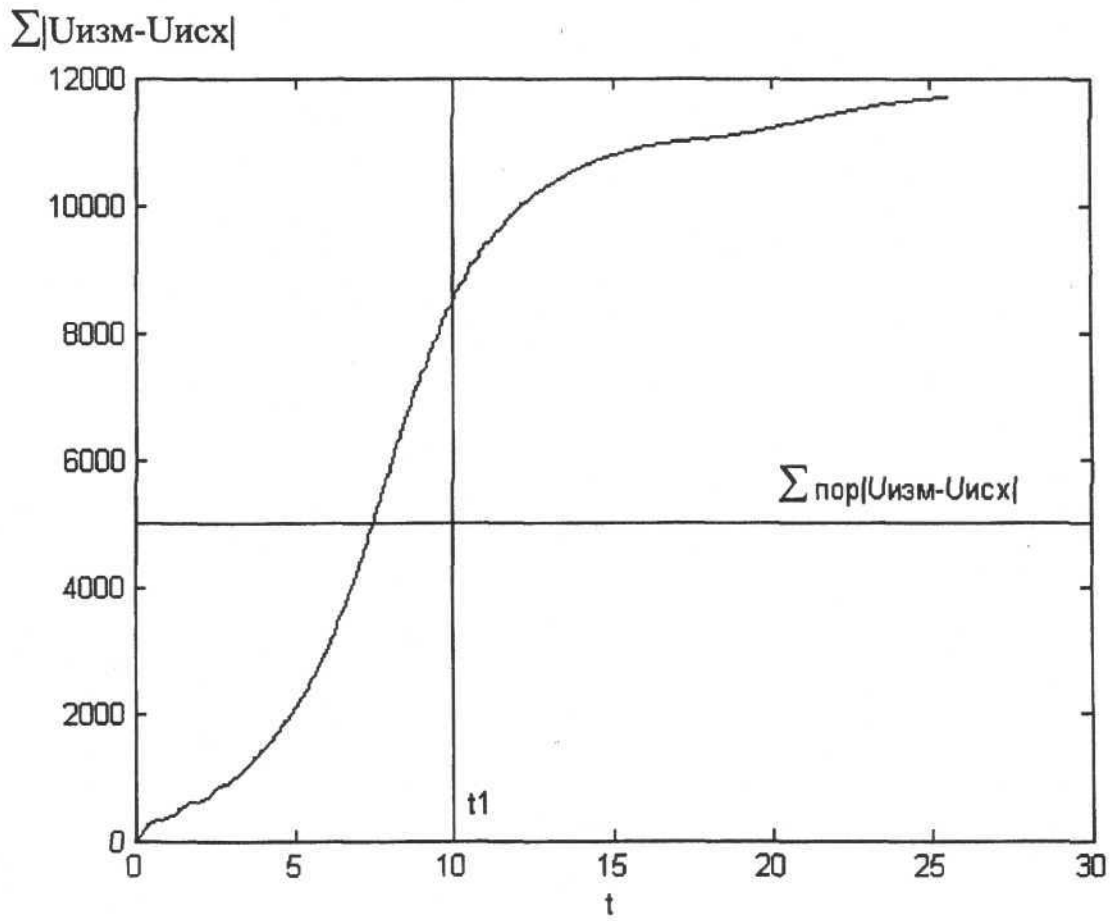




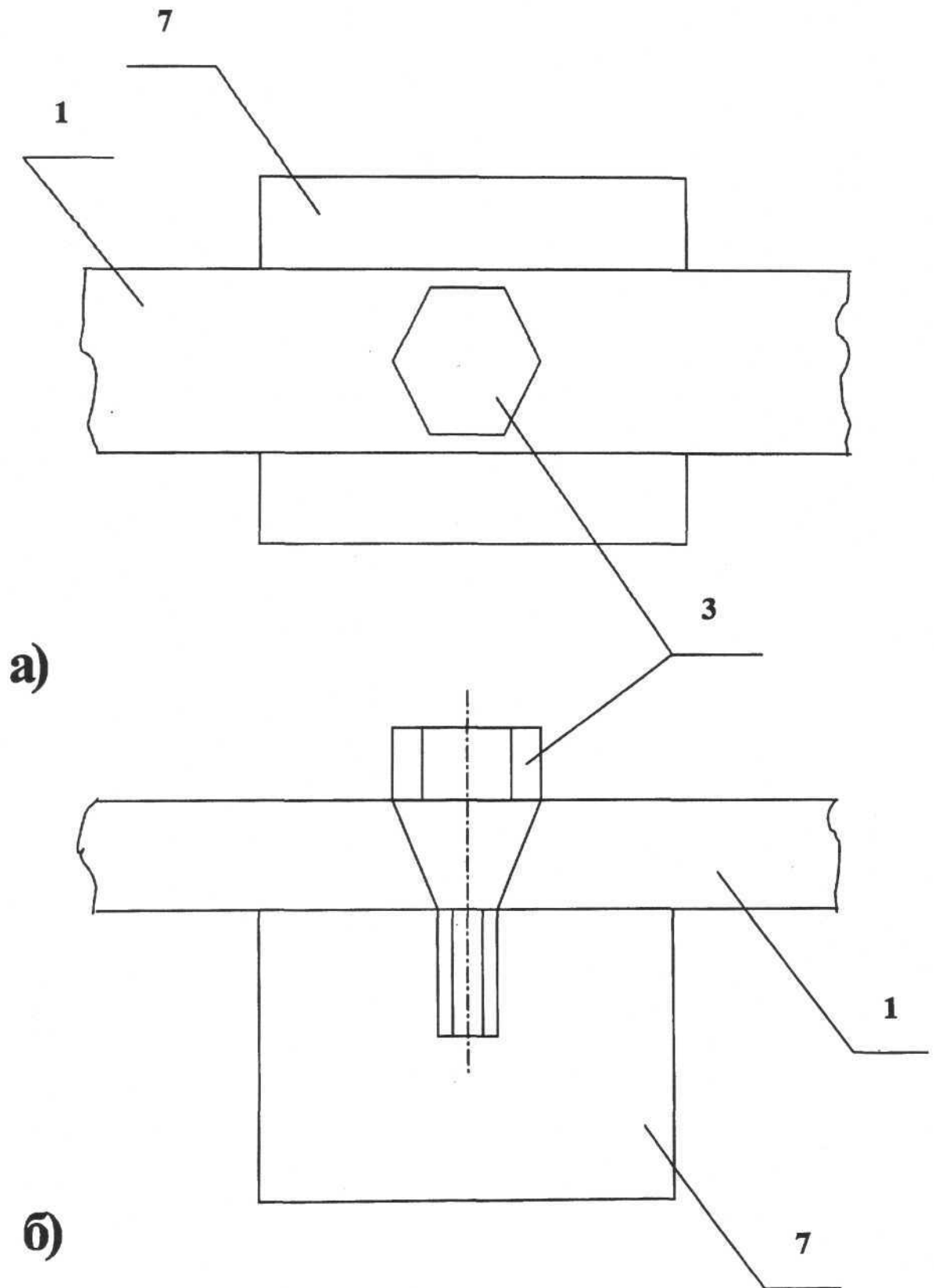
Фиг.2



Фиг.3

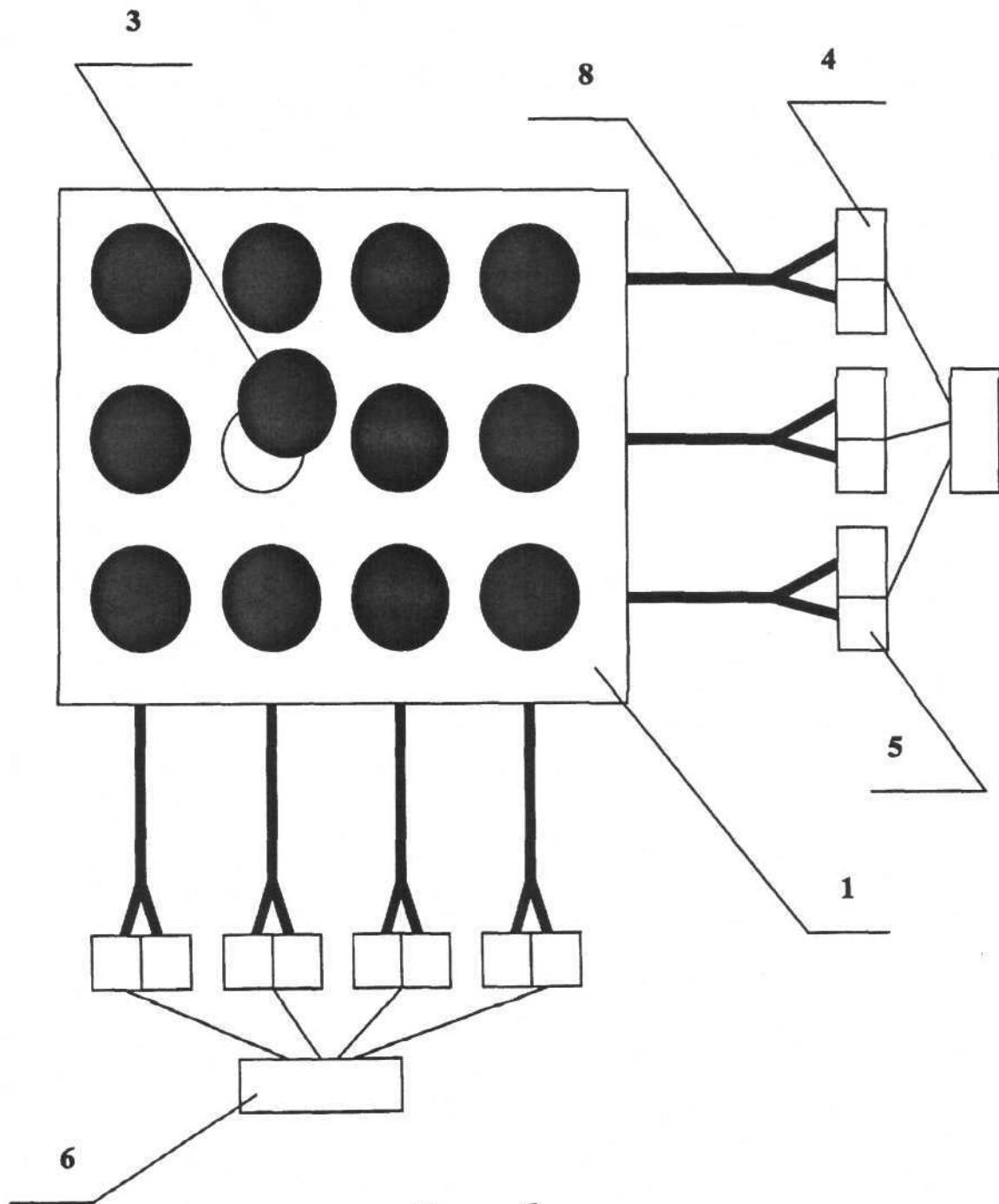


Фиг.4



**Фиг.5**





Фиг.6