



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015147598, 05.11.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.11.2015Дата регистрации:
30.01.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.11.2015

(45) Опубликовано: 30.01.2017 Бюл. № 4

Адрес для переписки:

445667, Самарская обл., г. Тольятти, ул.
Белорусская, 14, ОИСиМИП УИР НИЧ ТГУ,
Присяжной В.А.

(72) Автор(ы):

Растегаев Игорь Анатольевич (RU),
Данюк Алексей Валериевич (RU),
Мерсон Дмитрий Львович (RU),
Виноградов Алексей Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

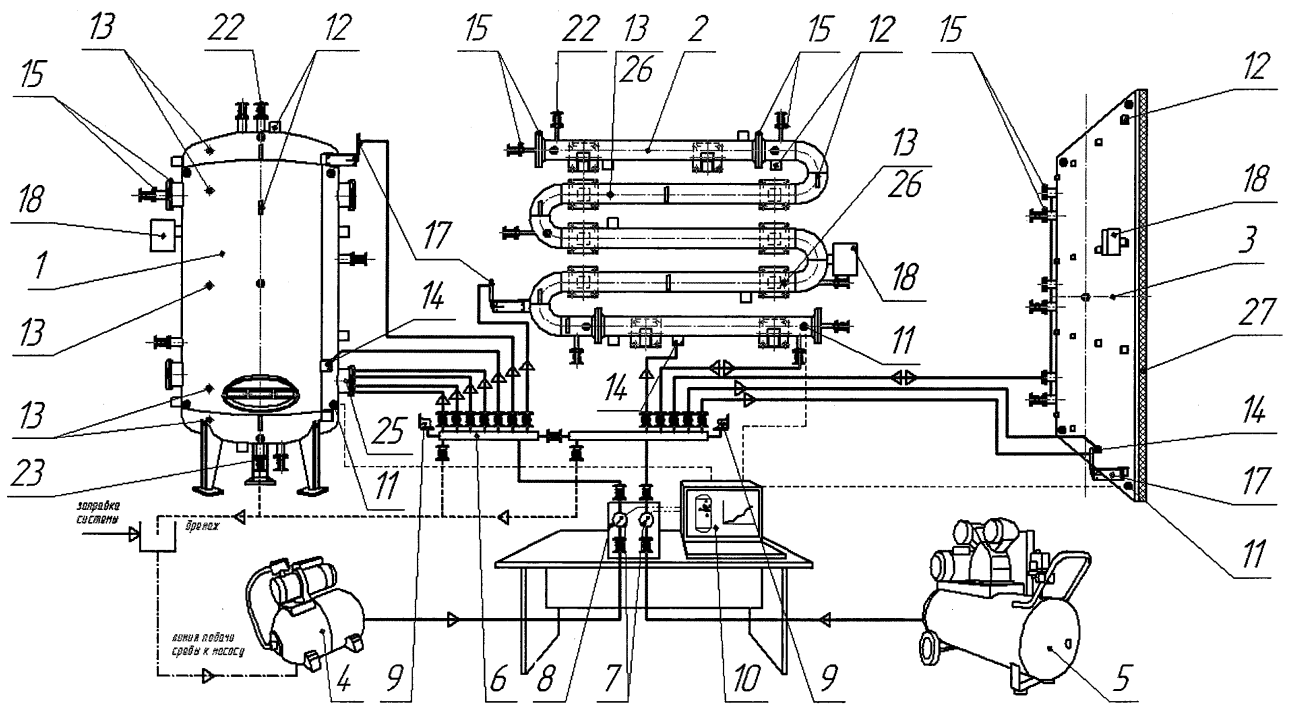
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Тольяттинский государственный
университет" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2352931 C2 20.04.2009. RU
2293304 C2 10.02.2007. SU 1644022 A1
23.04.1991. US 6679119 B2 20.01.2004.

(54) УНИВЕРСАЛЬНЫЙ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СТЕНД ИЗУЧЕНИЯ ГЕНЕРАЦИИ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В ЭЛЕМЕНТАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ИМИТАТОРОВ РЕАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области неразрушающего контроля и технической диагностике промышленного оборудования, а именно к учебно-исследовательским стендам для изучения и демонстрации возможностей метода акустической эмиссии (АЭ). Стенд содержит макет объекта контроля, имитаторы акустической эмиссии, нагружающее оборудование и акустико-эмиссионную систему. Стенд дополнительно

содержит элементы форм объемного, линейного и плоскостного объектов и акустически связанных с ними имитаторов акустической эмиссии, разрушение которых генерируют акустическую эмиссию реального вида, но не приводит к повреждению макета объекта контроля. Технический результат: повышение качества и снижение себестоимости проводимых работ. 3 з.п. ф-лы, 6 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2015147598, 05.11.2015**

(24) Effective date for property rights:
05.11.2015

Registration date:
30.01.2017

Priority:

(22) Date of filing: **05.11.2015**

(45) Date of publication: **30.01.2017** Bull. № 4

Mail address:

**445667, Samarskaya obl., g. Tolyatti, ul.
Belorusskaya, 14, OISiMIP UIR NICH TGU,
Prisyazhnoj V.A.**

(72) Inventor(s):

**Rastegaev Igor Anatolevich (RU),
Danyuk Aleksej Valerievich (RU),
Merson Dmitrij Lvovich (RU),
Vinogradov Aleksej Yurevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
professionalnogo obrazovaniya "Tolyattinskij
gosudarstvennyj universitet" (RU)**

(54) **UNIVERSAL EDUCATIONAL AND RESEARCH TEST BENCH FOR STUDYING OF GENERATION AND PROPAGATION OF ACOUSTIC WAVES IN INDUSTRIAL OBJECTS ELEMENTS FROM ACTUAL ACOUSTIC EMISSION SOURCES SIMULATORS**

(57) Abstract:

FIELD: test and measurement equipment.

SUBSTANCE: invention relates to field of industrial equipment nondestructive control and technical diagnosis, namely, to educational and research test benches for studying and demonstration of acoustic emission (AE) method capabilities. Test bench has control object mockup, acoustic emission simulators, loading equipment and acoustic and emission system.

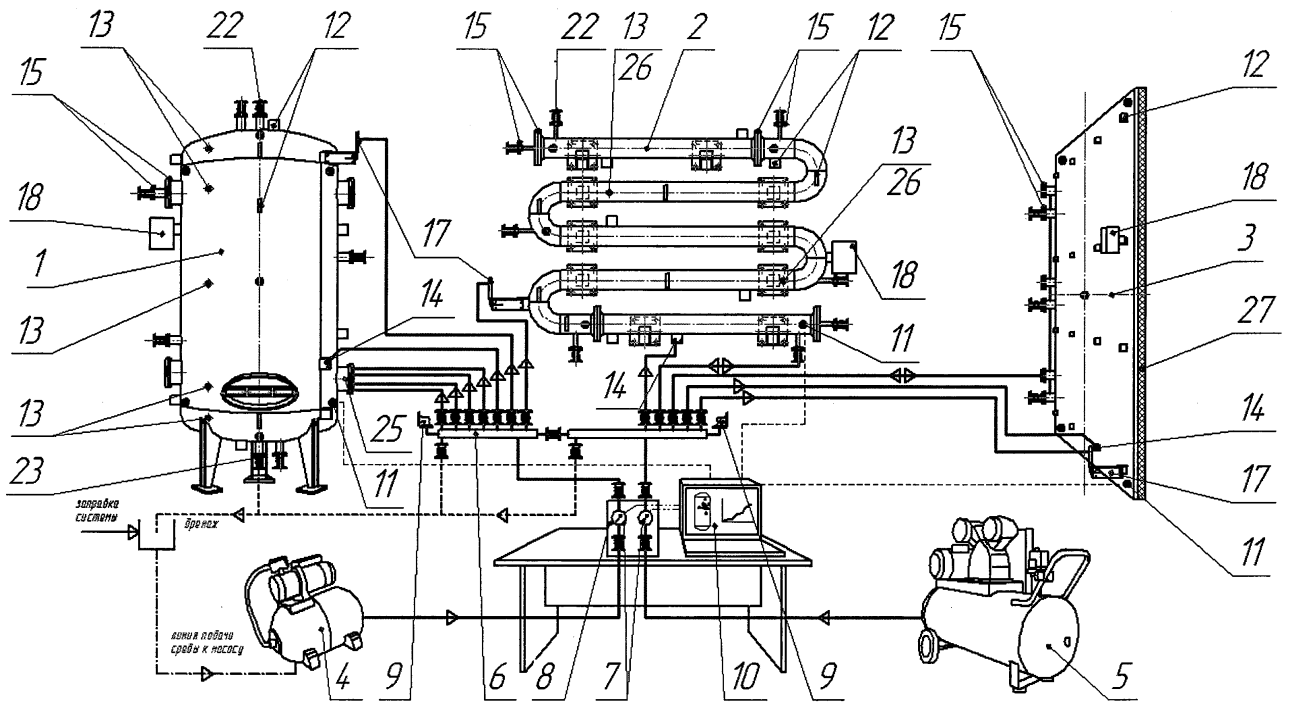
Test bench also contains forms elements of volumetric, linear and flat objects and acoustic emission simulators acoustically connected with them, which destruction generates actual kind of acoustic emission, but does not lead to control object mockup damage.

EFFECT: technical result is increasing quality and reduced costs of conducted works.

4 cl, 6 dwg

RU 2 608 969 C1

RU 2 608 969 C1



Фиг. 1

Изобретение относится к неразрушающему контролю (НК) и технической диагностике (ТД) промышленного оборудования для изготовления, хранения и транспортирования опасных веществ, в частности химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности и энергетике, а именно к области исследования возможностей метода акустической эмиссии (АЭ) для оценки технического состояния опасного промышленного оборудования (ОПО) и обучения специалистов НК и операторов мониторинговых систем АЭ методу. Кроме этого изобретение может быть использовано при аттестации и оценке чувствительности методик и аппаратуры АЭ контроля.

Известно, что метод АЭ устойчиво позволяет выявлять основные процессы разрушения силовых элементов ОПО: трещинообразование, протечка продукта, коррозионное повреждение или повреждение агрессивными средами [1]. Между тем, метод АЭ является одним из «молодых» методов НК и до сих пор остается на стадии опытно-промышленной апробации, и эффективность его применения находится в прямой зависимости от навыков и объема практического опыта специалистов НК. Под объемом практического опыта понимается номенклатура дефектов, которые специалист НК изучил на практической работе в виде признаков АЭ на реальных конструкциях различного вида (геометрии) и которые способен распознать (идентифицировать) в дальнейшем при выполнении АЭ контроля. Обычно это многолетний опыт, накопление которого осложняется тем, что, во-первых, дефект в конструкции является достаточно редким событием; во-вторых, акустические волны при распространении переотражаются и трансформируются трудно прогнозируемым образом на элементах объекта контроля с образованием ложных АЭ событий, отсеивание которых до сих пор остается объектом многочисленных исследований. Задачи изучения генерации АЭ источниками различного вида; изучения переотражения и трансформации акустических волн с образованием ложных событий; а также сокращения времени приобретения практического опыта специалистом НК могут быть решены применением предлагаемого универсального учебно-исследовательского стенда с имитаторами реальных источников АЭ. Для решения поставленных задач универсальный стенд имеет две главные составляющие: первая - это устройства, позволяющие имитировать особенности основных источников АЭ, вторая - это конструкция стенда, позволяющая имитировать особенности формы различных объектов ОПО.

Известен в АЭ методе способ имитации дефекта с помощью излома стержня графитового карандаша [2]. Графитовый стержень толщиной 0,5 мм твердостью НВ/2 упирают в объект контроля под углом 30° и надавливают на карандаш до излома стержня. Во время излома стержня генерируется АЭ, имитирующая дефект типа трещина, а для предотвращения появления АЭ от удара карандаша используется защитный экран.

Недостатком данного способа является то, что сигнал АЭ при изломе стержня отдаленно напоминает дефект типа трещина, кроме этого имитатор не связан с нагружением объекта контроля, а значит данный имитатор АЭ не может реалистично имитировать процесс трещинообразования с изменением напряженно-деформируемого состояния дефекта в соответствии с нагрузкой.

Известен в АЭ методе способ имитации дефектов типа трещина и протечка с помощью стационарных [3] или переносных [4] пьезоэлектрических имитаторов АЭ. Имитаторы АЭ через контактную среду устанавливаются на объект контроля или его макет, и путем формирования сигнала генератором импульсов через пьезоэлектрический преобразователь имитируется нужный тип дефекта.

Недостатком данного способа является невозможность повторения формы АЭ

сигнала генерируемого реальным дефектом из-за резонансных и инерционных характеристик пьезоэлектрических преобразователей. Хотя при данном способе может моделироваться связь нагружения объекта с процессом инициирования источника АЭ, но данная связь не является физическим следствием нагружения дефекта. Поэтому
5 данный имитатор АЭ также не может реалистично имитировать процесс трещинообразования в связи с изменением напряженно-деформируемого состояния дефекта под нагрузкой.

Известен в АЭ методе способ имитации процесса коррозионного растрескивания с помощью оргстекла и ацетона [5]. В данном способе пластинка из оргстекла зажимается
10 в приспособлении с некоторым напряжением, затем для натяжения поверхности наносится ацетон, в результате чего через некоторое время выдержки происходит растрескивание оргстекла.

Данный способ, являясь весьма наглядным экспериментом трещинообразования, но реализуется при постоянном заданном усилии и на материале, не являющимся
15 конструкционным для оборудования ОПО. Поэтому данный имитатор АЭ не позволяет реалистично имитировать коррозионное растрескивание с изменением напряженно-деформируемого состояния дефекта в соответствии с нагрузкой.

Известен в АЭ методе способ имитации коррозионных процессов и воздействия на материал агрессивных сред [6]. В данном способе один конец пластины из исследуемого
20 материала заливается парафином на длину емкости с агрессивной средой. Далее на залитом конце от парафина очищается небольшой участок и устанавливается преобразователь АЭ в части пластины, свободной от парафина. Подготовленный образец залитым концом опускается в емкость с однопроцентным раствором серной кислоты и записывается АЭ химического воздействия.

Данный способ не адаптирован для применения на ОПО и не позволяет оценить трансформацию и затухание сигналов АЭ при их распространении по элементам ОПО. Поэтому данный имитатор АЭ не позволяет реалистично имитировать коррозионные
25 процессы в связи с изменением напряженно-деформируемого состояния дефекта при изменении нагрузки.

Известен в АЭ методе имитатор дефекта типа трещина с помощью образца материала с клинообразным концентратором напряжений и трещиной в вершине клина [7]. Для
30 провоцирования процесса роста трещины в устройстве используется нагружающее устройство в виде болта, вкрученного в один край образца. В процессе вворачивания торец болта упирается во второй край, что приводит к созданию напряжения на концентраторе и росту трещины.

Недостатком данного устройства является акустическая шумность имитатора из-за
35 наличия сигналов от трения в торце болта, в резьбе и в месте контакта с гаечным ключом, при этом шумность повышается с увеличением усилия затяжки. Кроме этого трудно синхронизировать напряженно-деформируемое состояние имитатора с напряжениями, действующими на элементе конструкции при нагружении объекта контроля.

Известен в АЭ методе способ имитации дефектов типа протечка продукта в виде насадок, надетых на трубопровод нагнетающей линии компрессора или насоса [8]. В
40 насадках выполнены отверстия в виде щелей или диффузоров различного размера на каждой насадке. Преобразователь АЭ устанавливается непосредственно на насадку.

Имитатор предназначен для изучения АЭ, сопровождающей различные режимы истечения газов и жидкостей, которые задаются давлением в системе. Однако данный стенд не позволяет оценить трансформацию сигналов АЭ, генерируемых течью при их

распространении по элементам ОПО.

Известен в АЭ методе способ имитации дефекта в виде надреза на стенке реального объекта контроля или его копии/макете [1, 9]. Объект контроля после выполнения имитатора подвергается нагружению внутренним давлением до разрушения с параллельной записью АЭ.

Недостатком данного способа является то, что он опасен и дорогостоящ, следовательно, применим только на оборудовании малой сложности (низкой себестоимости) и не может быть использован многократно.

Анализ известных нам в АЭ методе технических решений показал, что для исследования процессов распространения и трансформации акустических волн на элементах ОПО используются: либо непосредственно объект контроля [например, 1, 2, 4, 10], либо только типовой сосуд, работающий под давлением [например, 1, 3], либо модель в виде листа или трубы из исследуемого материала [например, 5]. В качестве имитаторов АЭ в известных технических решениях используются вышеприведенные способы.

Общим недостатком данных способов является отсутствие имитаторов АЭ, максимально приближенных к реальности, и отсутствие возможности реализации многовариантного исследования, как для изучения проявления сигналов АЭ от различных источников (более двух), так и искажения сигналов АЭ от одного типа источника на объектах ОПО различной геометрии.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является создание стенда, наиболее точно имитирующего условия генерации и распространения АЭ, возникающих при контроле ОПО, с минимальными затратами на имитацию, что повышает качество и снижает себестоимость проводимых работ в области:

- исследования физических принципов излучения АЭ различными источниками;
- исследования распространения, затухания и трансформации сигналов АЭ на элементах ОПО;
- исследования работоспособности алгоритмов фильтрации, шумоподавления и детектирования АЭ сигналов;
- исследования работоспособности алгоритмов локации источников АЭ и отсеивания ложных локационных событий;
- аттестации и оценки чувствительности методик и аппаратуры АЭ контроля к нормируемому для обнаружения дефекту или группе дефектов;
- подготовки и аттестации специалистов НК по применению метода АЭ для контроля ОПО.

Поставленная задача в отличие от известных технических решений достигается:

1). Применением в универсальном стенде набора типовых геометрических элементов конструкций, позволяющим перекрыть широкий спектр объектов контроля.

2). Применением в универсальном стенде оригинальных имитаторов всех основных источников АЭ, что позволяет максимально реалистично и контролируемо имитировать процессы активации дефекта или микроразрушения элемента конструкции подобно возникающему во время испытания/эксплуатации ОПО, без разрушения основных элементов универсального стенда.

3). Применением акустической связи между имитаторами АЭ и макетами элементов конструкций, что позволяет передавать на них сигналы АЭ и изучать не только процессы возникновения АЭ, но и процессы трансформации, распространения, отражения и затухания акустических волн на элементах конструкций объекта контроля.

4). Применением в универсальном стенде нагружающего оборудования, которое

позволяет с контролируемой шумностью управлять и отслеживать процесс разрушения имитаторов АЭ, а также реализовать исследования влияния реверберации акустических волн в полезном объеме объектов на качество и достоверность АЭ контроля путем заполнения макета жидкой или газообразной средой и удалять ее.

5 Вышеперечисленные особенности предлагаемого универсального стенда позволяют многократно воссоздавать множество ситуаций, возникающих во время эксплуатации и технического диагностирования широкого спектра промышленного оборудования (сосуды, трубопроводы, трубчатые печи, резервуары и др.), при минимальных затратах. Получение заявленного технического результата возможно только за счет комплексного
10 использования вышеперечисленных отличительных особенностей универсального стенда.

На фиг. 1 представлена общая схема универсального учебно-исследовательского стенда изучения генерации и распространения акустических волн в элементах реальных промышленных объектов. Фиг. 2 - схема внутреннего устройства макета объемного
15 объекта, фиг. 3 - схема стационарного имитатора типа протечка продукта, фиг. 4 - схема съемного имитатора типа протечка продукта, фиг. 5 - схема имитатора типа раскрытие трещины, фиг. 6 - схема имитатора типа коррозионное повреждение или агрессивное воздействие среды. Расшифровка и описание позиций, указанных на рисунках, приведена по ходу описания устройства.

20 Предлагаемое устройство содержит:

А). Макет объемного объекта - поз. 1 (объект, в котором сигнал АЭ распространяется преимущественно в плоскости и до затухания успевает обогнуть объект в различных направлениях несколько раз). Более подробно макет объемного объекта представлен на фиг. 2. Он состоит из двух эллиптических или полусферических днищ (поз. 19) и
25 цилиндрической обечайки (поз. 20), сваренных между собой, и устанавливаемый на опоры (поз. 21). На корпус днищ приварены штуцера: воздушного вентиля (поз. 22), дренажного вентиля (поз. 23) и вентиля имитаторов протечки во фланец и вентиль (поз. 15 и 16). На корпусе обечайки приварены: люк-лаз (поз. 24), технологический штуцер (поз. 25), штуцера имитаторов протечки во фланец и в вентиль различного
30 диаметра (поз. 15 и 16), бобышки имитаторов дефектов типа протечка продукта (поз. 26) и волноводы для крепления остальных типов имитаторов (поз. 12). Количество штуцеров, волноводов и их размеры на днищах и обечайке не являются принципиальным моментом для работы устройства, однако важно для исследования распространения волн, чтобы большая часть стенки макета оставалась цельной (т.е. не иметь штуцеров,
35 сварных соединений и др. акустических преград). Через технологический штуцер (поз. 25) заведены трубопроводы подачи испытательной среды на имитаторы дефектов от коллектора (поз. 6) и трубопровод наполнения сосуда жидкостью в случае необходимости имитации реверберации акустических волн в объеме объекта контроля. Внутренние трубопроводы на фиг. 2 показаны толстой сплошной линией.

40 Б). Макет линейного объекта - поз. 2 (объект, в котором сигнал АЭ распространяется преимущественно по линии, при этом сигнал АЭ до затухания успевает несколько раз обогнуть объект по сечению, но не по длине). Макет представляет собой трубопровод, выполненный в любой конфигурации, с целью обеспечения компактности (для примера на фиг. 1 макет показан в зигзагообразном виде). Макет может быть набран из любых
45 известных элементов трубопровода (отводы, переходы, тройники и т.д.) или только из некоторых из них. Количество штуцеров, волноводов и их размеры не являются принципиальным моментом для работы устройства. Для изучения распространения и трансформации сигнала АЭ важно, чтобы макет линейного объекта на конечных

участках достаточной для локации длины содержат фланцевые соединения. Внутренних устройств макет линейного объекта не содержит и в случае необходимости изучения вопроса прохождения акустических сигналов в среду при их распространении наполняется полностью жидкостью. Макет линейного объекта также, как и макет 5 объемного объекта, содержит: воздушный вентиль (поз. 22), штуцера имитаторов протечки во фланец и/или вентиль и фланец трубопровода (поз. 15), бобышки имитаторов дефектов типа протечка продукта (поз. 26) и волноводы для крепления остальных типов имитаторов (поз. 12). Количество штуцеров, волноводов и их размеры не являются принципиальным моментом для работы устройства, кроме того, что штуцер 10 должен быть не более диаметра трубы. Через любой из штуцеров (кроме воздушного и дренажного) может быть подана испытательная среда вовнутрь макета, дренаж жидкой среды после окончания исследований осуществляется через коллектор нагружающего устройства (поз. 6). Активация имитаторов И1÷И5 происходит посредством нагружения всего макета линейного объекта.

15 В). Макет плоскостного объекта - поз. 3 (объект, в котором сигнал АЭ распространяется преимущественно в плоскости и затухает раньше, чем успевае обогнуть объект). Макет представляет собой лист металла со сварными швами или без них. На макет приварены штуцера имитаторов протечки во фланец и вентиль (поз. 15) и волноводы для крепления остальных типов имитаторов (поз. 12). Количество 20 штуцеров, волноводов и их размеры не являются принципиальным моментом для работы устройства. Дренаж жидкой среды с имитаторов АЭ после окончания исследований осуществляется через коллектор нагружающего устройства (поз. 6). К макету с обратной стороны и по бокам могут прикрепляться акустически проводящие или поглощающие материалы (поз. 27) для имитирования прохождения акустических 25 сигналов через стенку или поглощения их на границе фаз.

Г). Нагружающее устройство предназначено для заполнения рабочей средой макетов промышленных объектов, а также позволяет задавать точку начала разрушения и управлять скоростью разрушения образца имитатора АЭ, тем самым программировать процесс разрушения (подробнее описание способа задания точки начала и скорости 30 разрушения образца имитатора приведено далее по ходу описания конструктивных особенностей и практической реализации имитатора АЭ каждого вида). В нагружающем устройстве может быть использована жидкая или газообразная рабочая среда. Нагружающее устройство состоит из: компрессора с ресивером (поз. 4), насоса с гидроаккумулятором (поз. 5), раздаточного коллектора (поз. 6), запорных вентиля 35 (все, что не используются как имитаторы), датчики давления с выходом на ЭВМ (поз. 7), блок регулировки давления (поз. 8), предохранительного клапана (поз. 9) и гибких соединительных трубопроводов, которые на рисунке обозначены: утолщенной линией - линия подачи жидкой или газовой среды; толстой штрихпунктирной линией - линия подачи среды к насосу; толстой штриховой линией - линия дренажа среды из макетов. 40 Количество линий нагружения имитаторов, объектов, линий дренажа, а также запорных, регулирующих вентиля и предохранительных устройств не являются принципиальным моментом для работы устройства, и их можно как объединять, так и перегруппировать по сравнению с вариантом, представленным на рисунках.

Д). АЭ система для регистрации и анализа АЭ сигналов - поз. 10. Сигналы АЭ при 45 приведении в действие имитаторов АЭ с макетов (поз. 1, 2 или 3) регистрируются с помощью преобразователей АЭ (поз. 11). На фиг. 1, чтобы не загромождать рисунок, кабели подключения (тонкая штриховая линия) и номер позиции преобразователей АЭ указаны только для одного преобразователя на каждом макете. Тип и производитель

АЭ системы не являются принципиальным моментом для работы устройства, важно чтобы АЭ система была многоканальной и минимально соответствовала требованиям [10 или заменяющего его стандарта].

Е). Волноводы для установки имитаторов - поз. 12 обеспечивают акустическую связь имитаторов АЭ с макетами объектов контроля и представляют собой металлические пластины, приваренные с одной стороны к макету, а с другой стороны имеющие два отверстия для закрепления имитаторов АЭ различного вида, указанных далее. Кромка волновода со стороны отверстий для переотражения АЭ сигналов скошена под углом 45° (см. фиг. 4 и 5). Волноводы на макетах (поз. 1, 2 и 3) идентичны и, чтобы на фиг. 1 не загромождать рисунок, указаны по одному на каждом макете.

И). Имитаторы АЭ. В состав устройства входят и могут применяться отдельно или совместно на макетах (поз. 1, 2 или 3) следующие имитаторы АЭ:

И1) Стационарный имитатор дефекта типа протечка продукта - в сборе (поз. 13), представляет собой отверстие в стенке объекта для выхода испытательной среды, подаваемой нагружающим устройством под давлением или самотеком, и может быть реализован, например, в виде, представленном на фиг. 3. Имитатор выполняется в виде пробки с отверстием (поз. 28), вкручивающейся в бобышку макета (поз. 26). В случае макета объемного объекта имитатор с другой стороны через штуцер (поз. 29) и гибкий трубопровод подключается к коллектору нагружающего устройства (поз. 6). В случае макета линейного объекта испытательная среда подается через макет. На резьбу пробки перед наворачиванием для лучшего акустического контакта наносится акустически прозрачная среда. Место прилегания пробки и штуцера к стенке объекта уплотняется прокладкой (поз. 30). Каждый вид дефекта имитируется каждый раз на отдельной пробке путем варьирования двух параметров: диаметр и глубина отверстия. Диаметр дефекта изготавливается сверлением, лазерным или плазменным способом (в зависимости от требуемого диаметра). Затем глубина дефекта задается остаточной толщиной пробки после заглубления сверла диаметром, равным или близким внутреннему диаметру подводящего штуцера. Режим истечения продукта связан с давлением в системе, поэтому задается и отслеживается с помощью блока регулировки давления (поз. 8).

И2) Съёмный имитатор дефекта типа протечка продукта - в сборе (поз. 14) представляет собой отверстие для выхода испытательной среды, подаваемой нагружающим устройством под давлением или самотеком из элемента, акустически связанного с объектом контроля, и может быть реализовано, например в виде представленном на фиг. 4. Имитатор И2 подобен И1, т.к. для имитации дефекта используются те же пробки с отверстиями (поз. 28) и соединительные штуцера с гибким трубопроводом (поз. 29). И2 отличается тем, что пробки и штуцера вкручиваются в угловой корпус (поз. 31), который с помощью болтовых соединений (поз. 32) крепится на волноводе (поз. 12) любого из макетов (поз. 1, 2 или 3). Для улучшения передачи АЭ сигналов на контактную поверхность корпуса с волноводом и резьбу пробки перед установкой наносится акустически прозрачная среда.

Режим истечения продукта связан с давлением в системе, поэтому задается и отслеживается с помощью блока регулировки давления (поз. 8).

И3) Имитатор дефекта типа открывшийся свищ, представляет собой имитатор И1 или И2 и отличается тем, что в отверстие пробки (поз. 28) фиг. 3 и фиг. 4 вставляется мембрана или заглушка из эластичного материала, которая обеспечивает герметичность до некоторого уровня давления. При наборе давления выше данного уровня заглушка прорывается с постепенным образованием течи.

И4) Имитатор дефекта типа протечка продукта через фланец - в сборе (поз. 15) представляет собой несплошность во фланцевом соединении, через которую выходит испытательная среда, подаваемая нагружающим устройством под давлением или самотеком. Имитатор, например, может быть реализован следующим образом. В прокладке фланцевого соединения царпиной, разрывом или другим способом выполняется несплошность, которая при обжатии соединения дает зазор требуемых размеров. Имитатором может быть любое фланцевое соединение крепления вентилей к штуцерам, крышек к штуцерам и люкам, а также фланцевое соединение на макете линейного объекта. На фиг. 1, чтобы не загромождать рисунок, имитаторы данного вида указаны по одному на каждом макете, при этом имеется в виду, что любое фланцевое соединение (кроме технологического штуцера (поз. 25)) может быть задано имитатором данного вида. Режим истечения продукта связан с давлением в системе, поэтому задается и отслеживается с помощью блока регулировки давления (поз. 8).

И5) Имитатор дефекта типа протечки продукта в вентиль - в сборе (поз. 16) представляет собой несплошность в клапане или сальнике штока вентиля, через которую выходит испытательная среда, подаваемая нагружающим устройством под давлением или самотеком. Имитатор, например, может быть реализован следующим образом. В вентиле устанавливается тарированный зазор между седлом и прокладкой клапана вентили по перемещению штока. Режим истечения продукта связан с давлением в системе, поэтому задается и отслеживается с помощью блока регулировки давления (поз. 8).

И6) Имитатор дефекта типа развитие трещины - в сборе (поз. 17) представляет собой образец материала, в котором любым из способов формируется трещиноподобный дефект, развитие которого во время испытания провоцируется нагружающим устройством и может быть реализован, например, в виде, представленном на фиг. 5. Образец материала (поз. 33) выполняется в виде стандартного образца для определения трещиностойкости типа D [11] или удлиненного образца типа 3 [12 или 13, 14] или им подобного. Образец (поз. 33) отличается от указанных выше длиной и наличием дополнительных двух отверстий для крепления на волновод (поз. 12). Помимо этого для ввода АЭ в волновод кромка образца скошена под углом 45° . Перед установкой на макет на испытательной машине на усталость любого типа в вершине концентратора напряжений образца выращивается трещина определенной длины. Образец с трещиной начальной длины (поз. 33) концом со скошенной кромкой крепится к волноводу (поз. 12) любого из макетов через акустически прозрачную среду и закрепляется с помощью болтовых соединений (поз. 32). В отверстия на другом конце образца с помощью держателя корпуса (поз. 34) и упора штока (поз. 35) закрепляется силовое устройство нагружающего оборудования (поз. 36), например, гидроцилиндр одностороннего действия - при статическом нагружении образца или сервопривод - при динамическом нагружении образца. Для последнего варианта дополнительно требуется использование клапанного устройства переключения набора/сброса давления в над- и подпоршневой камере силового устройства. Момент страгивания и скорость роста трещины регулируется длиной выращиваемой трещины и давлением в нагружающем устройстве, поэтому может задаваться и отслеживаться с помощью блока регулировки давления (поз. 8) или клапанного устройства. Длина требуемой трещины определяется по известным зависимостям линейной механики разрушения через коэффициент интенсивности напряжений в зависимости от нормируемой в исследованиях нагрузки страгивания и роста трещины.

И7) Имитатор дефекта типа коррозионное повреждение или агрессивное воздействие

среды - в сборе (поз. 18) представляет собой образец материала, на который воздействует активная среда, который, например, может быть реализован в виде, представленном на фиг. 6. Образец исследуемого материала (поз. 37) в виде пластины через акустически прозрачную среду одной стороной приворачивается болтовыми соединениями (поз. 5 32) к волноводу (поз. 12). Образец, в случае необходимости, может устанавливаться и под напряжением, например с помощью изгибающих трубочин. На образец надевается ванна (поз. 38) и фиксируется с помощью держателя (поз. 39), который с помощью болтовых соединений (поз. 32) приворачивается к другой стороне образца. В ванную наливается агрессивная среда (поз. 40) и в зависимости от задачи исследования (моделирования степени агрессивности среды) подбирается из сред стандартного ряда 10 специализированных методик испытаний [например, 11, 15, 16 и др.]. Удаление агрессивной среды после исследований проводится через сливную систему, состоящую из штуцера (поз. 41), вентиля (поз. 42) и штуцера со сливным шлангом (поз. 43).

И8) Имитатор дефекта типа коррозионное растрескивание под напряжением 15 представляет собой имитатор И6, который погружается в ванную с коррозионно-агрессивными средами (показана условно штриховой линией (поз. 44) на фиг. 5). В ванную наливается агрессивная среда и в зависимости от задачи исследования (моделирования степени агрессивности среды) подбирается из стандартного ряда специализированных методик испытаний [например, 11, 15, 16 и др.]. Затем в образце 20 с помощью силового цилиндра создаются напряжения по уровню ниже провоцирующих рост трещины согласно зависимостям линейной механики разрушения. Отличительной особенностью данного имитатора от И6 является то, что рост трещины провоцирует исключительно коррозионно-агрессивная среда.

Удаление агрессивной среды после исследований проводится через сливную систему, 25 подобную описанной в имитаторе И7.

И9) Имитатор дефекта типа водородное повреждение металла представляет собой имитатор И8 или И7 с особенностями, показанными условно на фиг. 5 и фиг. 6. Отличием И9 от И8 является то, что в образце (поз. 33) не выращивается предварительно трещина, а от И8 и И7 тем, что в ванную заливаются водородсодержащие электролиты (поз. 40). 30 При этом процесс водородного повреждения образца интенсифицируется применением гальванической системы, состоящей из источника питания постоянного тока (поз. 45), положительный полюс которого подключается к погружному электроду (поз. 46), а отрицательный соединяется с образцом (поз. 47). Для выявления и фильтрации паразитной АЭ, возникающей в процессе электролиза среды, процесс наводороживания 35 до разрушения образца производится периодами с остановками, при этом АЭ записывается на всем протяжении испытания.

Учитывая заложенную многовариантную возможность использования универсального стенда, обобщенный алгоритм его применения сводится к следующему виду:

40 1. Постановка задачи имитации/исследования: выбор количества требуемых имитаций; выбор элементов стенда, удовлетворяющих требуемым имитациям; выбор метода нагружения и закона изменения нагрузки; выбор граничных условий распространения сигналов АЭ по объекту контроля; выбор количества имитаторов АЭ и места их расположения; выбор способа и условий регистрации АЭ; выбор нагрузки срабатывания 45 имитаторов АЭ (при необходимости); установить критерии оценки.

2. Подготовительные работы: подготовка образцов имитаторов АЭ и вспомогательных элементов, закрепление их на волноводе универсального стенда и проверка качества акустического контакта волновода; установка датчиков АЭ и

проверка качества их акустического контакта; проверка безопасности, подключение, оценка работоспособности и настройка АЭ системы согласно инструкции по эксплуатации; измерение акустических характеристик объекта контроля и корректировка мест установки датчиков АЭ согласно [10] с обеспечением требуемой точности локализации места установки имитатора(ов) АЭ; составление гидродневматической 5
схемы подключения нагружающего оборудования стенда и монтаж устройств системы; включение нагружающего оборудования, проверка герметичности всей системы, подключение датчиков нагружающего устройства к АЭ системе и их тарировка; установка с проверкой качества акустического контакта контрольного(ых) датчика 10
(ов) АЭ на волноводе или корпусе макета объекта рядом с имитатором(рами) АЭ; заполнение макета жидкой средой (при необходимости); предварительное нагружение имитаторов АЭ (при необходимости); подготовка коррозионно-агрессивной среды (при необходимости); запись и измерение фонового АЭ шума до и после включения нагружающего оборудования;

3. Проведение испытания: включение регистрации АЭ с записью формы сигналов; нагружение имитаторов АЭ по закону изменения нагрузки с заливкой коррозионно-агрессивной среды (при необходимости) и включением гальванической системы (при необходимости); проведение испытаний до достижения показателя цели имитации; 15
остановка нагружения и записи АЭ.

4. Обработка АЭ данных: выделение сигналов из помех; выделение ложных локаций из условия определенности места установки источника АЭ; параметрический анализ сигналов АЭ; определение класса опасности источника по [10] или другой нормативной документации; сравнение чувствительности разных подходов определения класса опасности; сравнение АЭ от источника при варьировании внешних условий; выявление 20
причин ошибок и разработка мероприятий по их исключению; оформление результатов.

При нескольких имитациях п. 2, 3 и 4 повторяются для каждой имитации. При аттестации практических знаний специалистов НК применение стенда осуществляется по тому же алгоритму, но аппаратура устанавливается вне видимости объекта контроля. При этом операции: установка датчиков АЭ и настройка согласно [10] по п. 2 30
обобщенного алгоритма проводится специалистами НК до выполнения всех остальных операций, которые выполняются обслуживающим персоналом. По п. 3 обобщенного алгоритма специалист НК управляет только АЭ системой. Целью п. 4 обобщенного алгоритма в данном случае является: определить класс опасности источника, остановить испытание до нормируемой точки-признака разрушения объекта контроля и выдать 35
заключение о типе обнаруженного(ых) источника(ов) АЭ и его (их) координаты.

Источники информации

1. Иванов В.И., Власов И.Э. Метод акустической эмиссии. В кн.: Неразрушающий контроль: справочник: в 8 т. / под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 7., Кн. 1., 2-е изд., испр. М.: Машиностроение, 2005, 829 с.
2. Патент US №4018048 от 13.05.76, G01N 29/00.
3. Шаталов А.А., Шемякин В.В., Рябов О.Л., Стрижков С.А. Специализированный стенд для обучения и сдачи практического экзамена по акустико-эмиссионной диагностике промышленных объектов / Безопасность труда в промышленности, 2001, №7, с. 24-26.
4. Патент SU №1366936 от 15.01.88 г., G01N 29/04.
5. V. Genis, A. Pollock Nondestructive Evaluation Courses for Undergraduate Engineering and Engineering Technology Students / Proceedings of the EWGAE-ICAE 2012 - www.ndt.net
6. Харебов В.Г., Попков Ю.С. Автоматизированные системы комплексного

коррозионного мониторинга и перспективы применения метода АЭ в их составе / В мире НК, 2008. - №3 [41], с. 14-17.

7. Патент US №5014556 от 16.01.90 г., G01N 29/00.

8. Ю.Б. Дробот, В.А. Грешников, В.Н. Багачев Акустическое контактное течеискание / М.: Машиностроение, 1989, 120 с.

9. F. Rauscher Laboratory experiments for assessing the detectability of specific defects by acoustic emission testing / Proceedings of the EWGAE 2008 - www.ndt.net

10. ПБ 03-593-03. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. Сер. 03. Вып. 38. М.: НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2003. 56 с.

11. ANSI/NACE TM 0177 Laboratory Testing of Metals for Resistance to Specific Forms of Environmental Cracking H₂S Environments / Standard USA.

12. ГОСТ 25.506-85. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. Издательство стандартов, 1985.

13. РД 50-345-82. Методические указания. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при циклическом нагружении. Издательство стандартов, 1983.

14. ASTM E647. Standard Test Method for Measurement of Fatigue Crack Growth Rates / Standard USA.

15. ГОСТ 26294-84. Соединения сварные. Методы испытаний на коррозионное растрескивание. Издательство стандартов, 1986.

16. СТО Газпром 2-5.1-148-2007. Методы испытаний сталей и сварных соединений на коррозионное растрескивание под напряжением. ИРЦ Газпром, 2007.

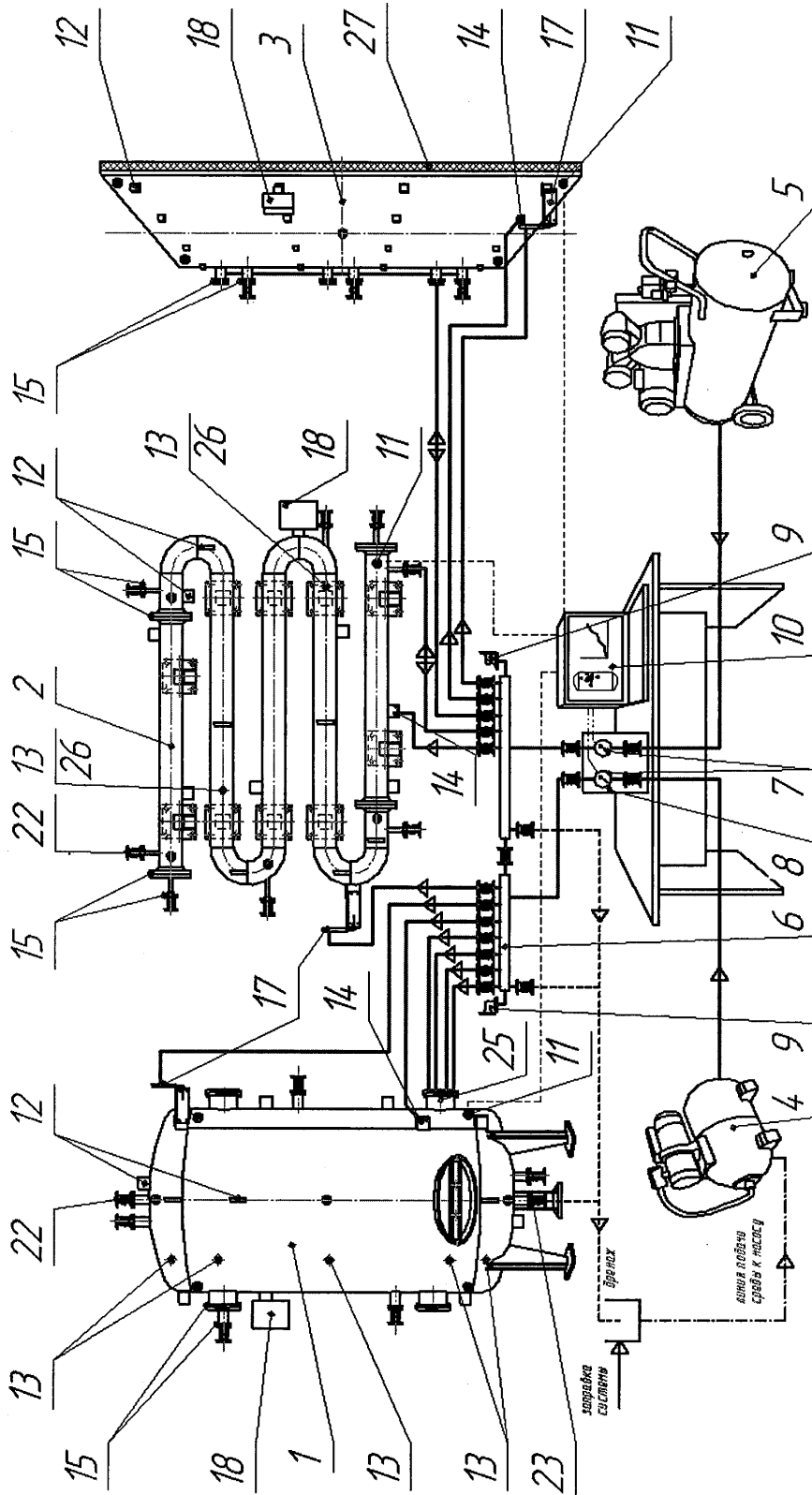
(57) Формула изобретения

1. Универсальный учебно-исследовательский стенд, состоящий из макета объекта контроля, имитаторов акустической эмиссии, нагружающего оборудования и акустико-эмиссионной системы, отличающийся тем, что содержит элементы форм объемного, линейного и плоскостного объектов и акустически связанных с ними имитаторов акустической эмиссии, разрушение которых генерирует акустическую эмиссию реального вида, но не приводит к повреждению макета объекта контроля.

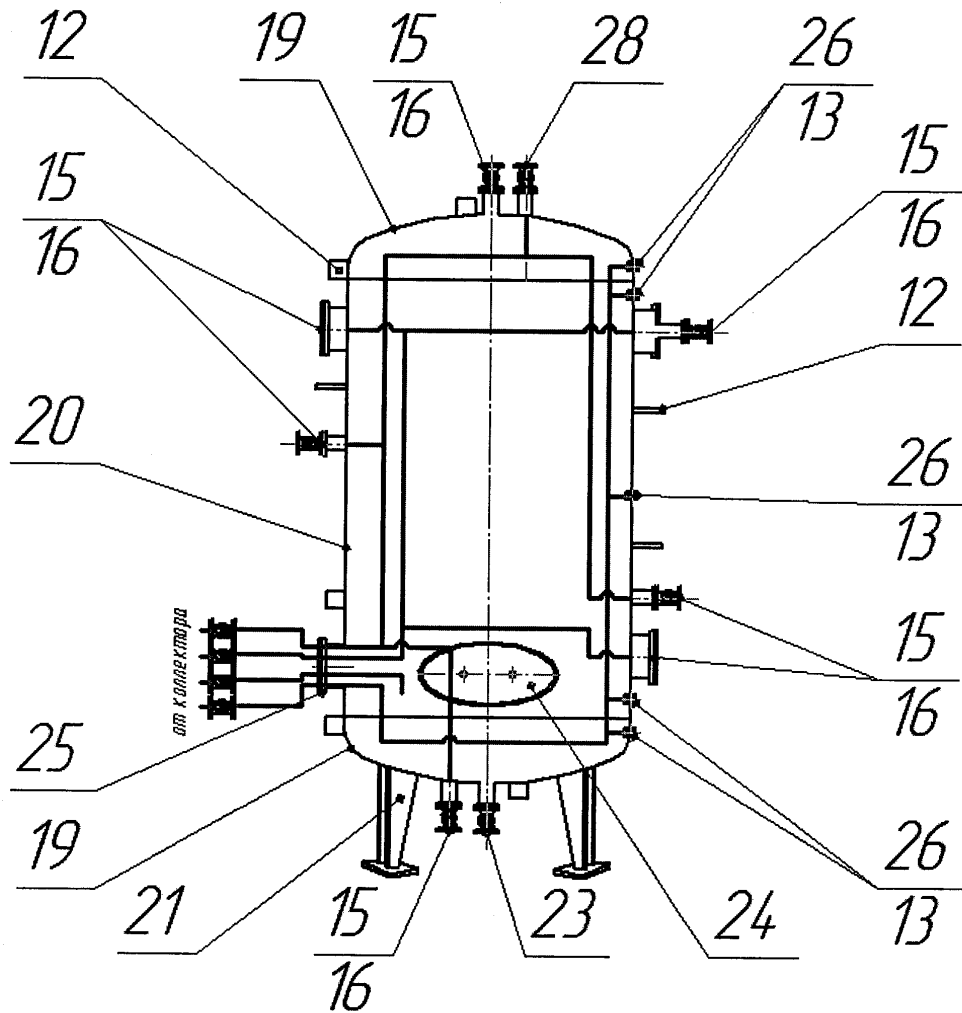
2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что содержит имитаторы акустической эмиссии основных процессов разрушения промышленных объектов, а именно: протечки продукта, трещинообразования, коррозионного повреждения и повреждения химически агрессивными средами.

3. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что имитаторы акустической эмиссии имеют связь с нагружающим устройством, что позволяет задавать точку начала разрушения и управлять скоростью разрушения образца имитатора, тем самым программировать процесс разрушения.

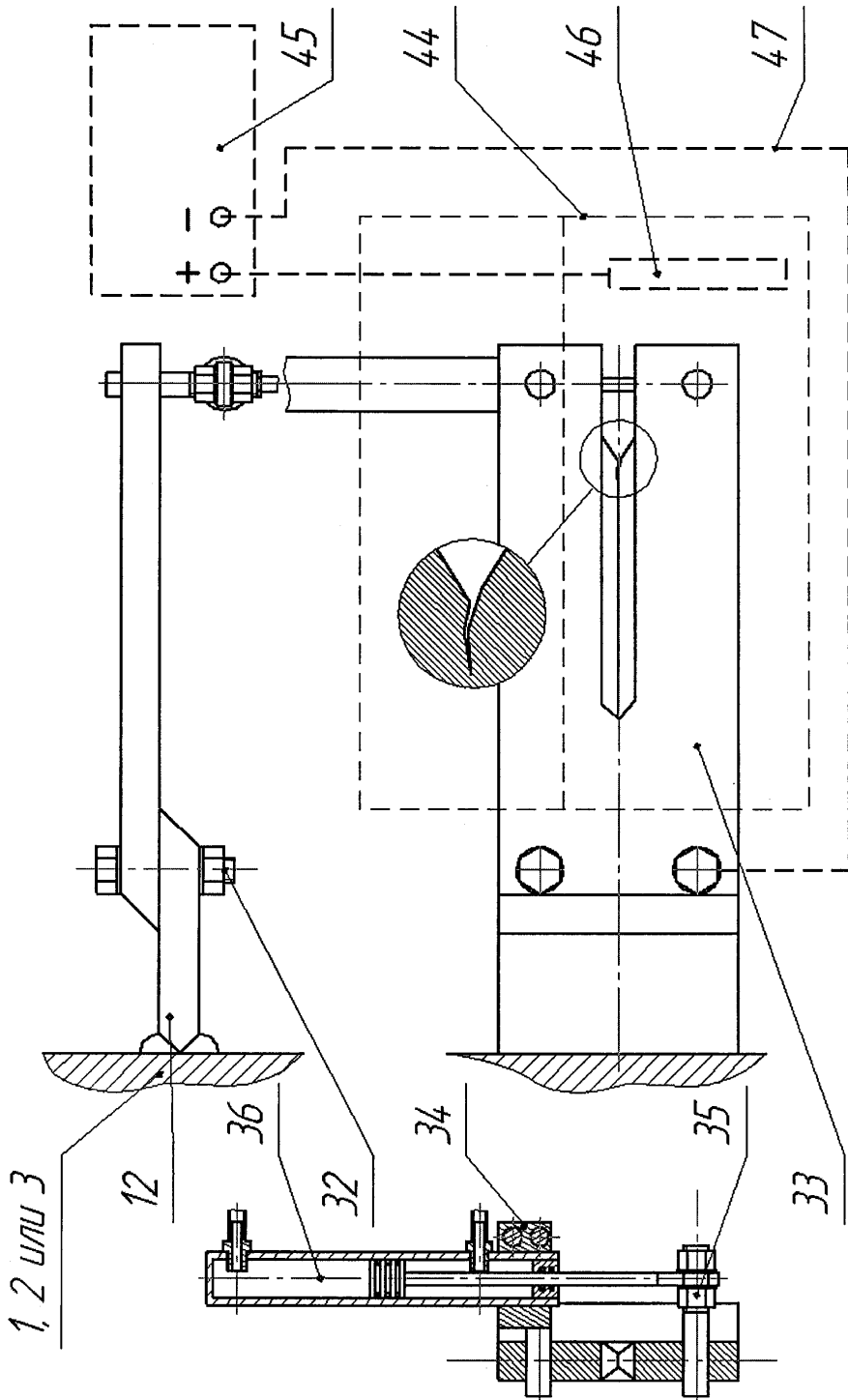
4. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что акустическая связь имитаторов акустической эмиссии с макетами объектов контроля осуществляется через универсальные волноводы, выполненные в виде пластин, которые одной стороной привариваются к макету, а с другой стороны к ним прижимаются имитаторы акустической эмиссии.



Фиг. 1

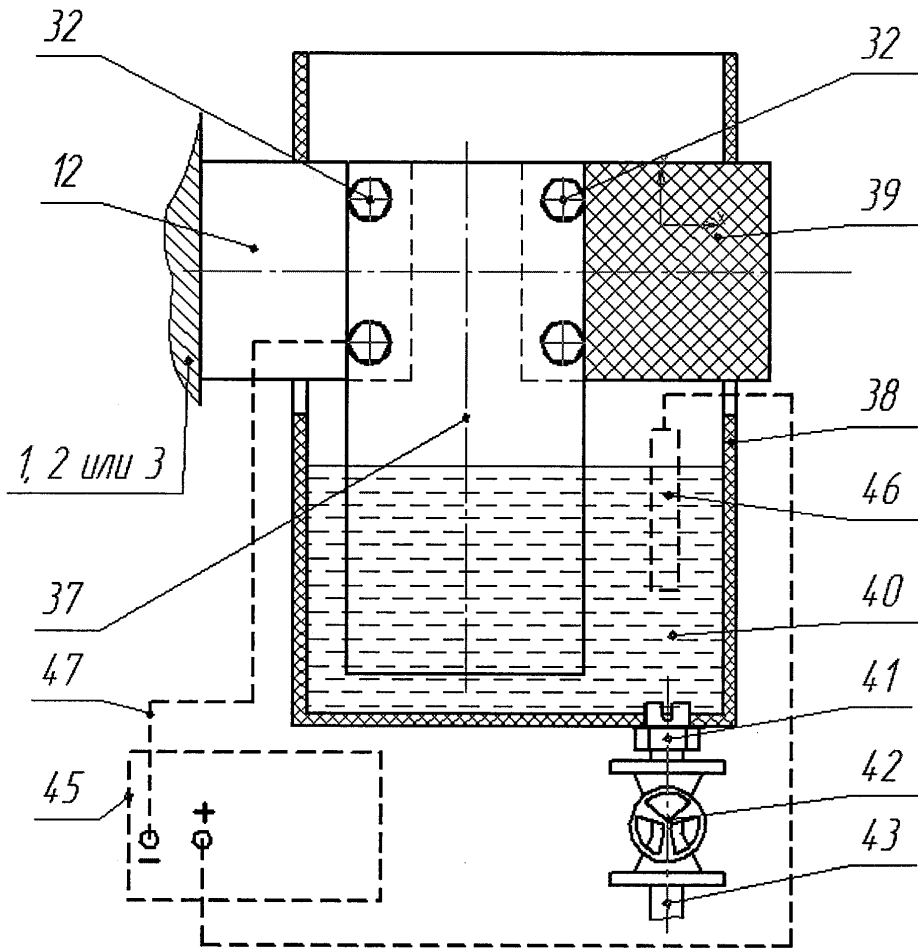


Фиг. 2



Фиг. 5

33



Фиг. 6