

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034289**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.01.24

(51) Int. Cl. **G01F 23/288** (2006.01)
G01F 23/292 (2006.01)

(21) Номер заявки
201790801

(22) Дата подачи заявки
2015.10.09

**(54) УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ФЛЮИДА ВНУТРИ
КОНТЕЙНЕРА**

(31) **1417969.1**

(56) US-A-4503330
JP-A-S63241488
GB-A-780849
US-B1-6545286
US-A-4745293

(32) **2014.10.10**

(33) **GB**

(43) **2017.08.31**

(86) **PCT/GB2015/052962**

(87) **WO 2016/055803 2016.04.14**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ДЖОНСОН МЭТТИ ПАБЛИК
ЛИМИТЕД КОМПАНИ (GB)**

(72) Изобретатель:
**Джонс Оуэн Джон Ллойд, О'Доэрти
Фрэнсис (GB), Сэварейде Тор Магнус
(NO)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Раскрыты устройство (10) и способ для определения уровня (24) флюида (22) в пределах контейнера (20). Устройство (10) содержит блок (12) источника для испускания пучка (18) радиационного излучения во внутреннюю область контейнера (20), блок (12) источника, содержащий источник (14) радиационного излучения и коллиматор (16) для коллимации радиационного излучения, испускаемого источником (14), для предоставления упомянутого пучка (18), причем упомянутый блок (12) источника регулируется для изменения угла (θ) пучка (18) относительно горизонтали (34); по меньшей мере один детектор (26) для детектирования радиационного излучения, испускаемого источником (14) и проходящего через, по меньшей мере, участок внутренней области контейнера (20); и средство обработки для регистрации данных, соответствующих величине радиационного излучения, детектированного в упомянутом по меньшей мере одном детекторе (26) как функция угла (θ) пучка (18); и определения уровня (24) флюида (22) на основании изменения упомянутых данных с углом (θ) пучка (18).

034289
B1

034289
B1

Настоящее изобретение относится к устройству и способу определения уровня флюида в пределах контейнера, и относится, в частности, но не исключительно, к способу и устройству для определения уровня флюида в пределах контейнера посредством детектирования радиационного излучения, которое прошло через участок контейнера, в котором может находиться флюид.

Использование радиационного излучения для измерения уровня флюида в контейнере известно. Например, в документе WO 2013/005011 раскрыты способ и устройство для определения местоположения фазовой границы, такой как уровень заполнения, в контейнере.

Однако, рабочие параметры существующих устройств и способов обычно подвержены влиянию имеющихся и варьирующихся уровней фонового радиационного излучения, например, из-за проводимого поблизости рентгеновского или другого неразрушающего испытания (NDT), или из-за изменения в наращиваемых отложениях на стенках контейнера, в частности, из-за наростов радиоактивного материала. При таких обстоятельствах, некоторые известные устройства вынуждены отключаться и прекращать получение информации об уровне. Кроме того, существующие способы и устройства обычно требуют калибровки на месте, периодически изменяя уровень в резервуаре.

Варианты реализации настоящего изобретения призваны преодолеть одну или несколько проблем, связанных с техникой предшествующего уровня.

В соответствии с первым аспектом изобретения предоставляется устройство для определения уровня флюида в пределах контейнера, при этом устройство содержит

блок источника для испускания пучка радиационного излучения во внутреннюю область контейнера, причем блок источника содержит источник радиационного излучения и коллиматор для коллимации радиационного излучения, испускаемого источником, для предоставления упомянутого пучка, причем упомянутый блок источника регулируется для вариации угла пучка относительно горизонтали;

по меньшей мере один детектор для детектирования радиационного излучения, испускаемого источником и проходящего через, по меньшей мере, участок внутренней области контейнера; и

средство обработки для регистрации данных, соответствующих величине радиационного излучения, детектированного в упомянутом по меньшей мере одном детекторе, как функция угла пучка; и

определения уровня флюида на основании изменения упомянутых данных в зависимости от угла пучка.

Изменяя угол пучка относительно горизонтали и определяя уровень флюида на основании изменения данных, соответствующих величине радиационного излучения, детектированного в детекторе как функция угла пучка, настоящее изобретение позволяет непрерывно измерять уровень флюида в контейнере, даже когда уровни фонового радиационного излучения высоки и/или изменяются. Это позволяет осуществлять непрерывное измерение уровня флюида в резервуаре при работе вблизи проведения рентгеновского, или других видов, неразрушающего испытания. Кроме того, настоящее изобретение позволяет непрерывное измерение уровня флюида, даже когда имеются наросты на внутренних стенках контейнера. Нет необходимости в калибровке устройства путем периодического изменения уровня флюида в пределах резервуара, что дает возможность установить устройство, не прерывая функционирование контейнера.

Упомянутая величина радиационного излучения может быть величиной радиационного излучения, такой как, например, число отсчетов, регистрируемых в детекторе при заданном периоде времени, или скорость детектирования радиационного излучения в детекторе.

Уровень флюида может соответствовать границе между двумя флюидными фазами, например, между двумя различными жидкостями, двумя различными газами, или газом и жидкостью.

Блок источника может быть регулируемым посредством вращения коллиматора для изменения угла пучка. Предпочтительно коллиматор поворачивается вокруг источника.

Устройство может содержать двигатель для привода вращения коллиматора.

Двигатель может содержать датчик угла поворота для индикации угла пучка.

Коллиматор может содержать больше чем одну щель для коллимации радиационного излучения, испускаемого источником.

Щели могут быть размещены так, что только один пучок радиационного излучения испускается по направлению к детектору в любой момент времени. Предоставляя больше чем одну коллимационную щель, больше чем один пучок радиационного излучения может быть развернут последовательно поперек по меньшей мере части внутренней области контейнера в течение единственного полного поворота коллиматора, тем самым, увеличивая эффективность работы устройства.

Ось вращения коллиматора может быть центрована по существу на источнике.

Это может упростить конструкцию блока источника.

Детектор может содержать пластиковый сцинтиллятор. Детектор предпочтительно сконфигурирован для неподвижного монтажа на контейнере или вблизи контейнера. Предпочтительно детектор представляет собой удлиненный детектор, и блок источника регулируется для изменения угла пучка так, что пучок развертывается вдоль детектора. Детектор предпочтительно имеет возможность регистрации высоких скоростей отсчета, например скоростей отсчета, по меньшей мере 1000 отсчетов в секунду, более

предпочтительно по меньшей мере 10000 отсчетов в секунду, более предпочтительно по меньшей мере 100 000 отсчетов в секунду и более предпочтительно по меньшей мере 1000000 отсчетов в секунду. Высокая скорость отсчета детектора может позволить детектору работать, даже когда уровни фонового радиационного излучения высоки.

Уровень флюида может быть определен на основании угла пучка, относительно горизонтали, соответствуя максимальной скорости изменения упомянутых данных в зависимости от угла пучка.

Упомянутая максимальная скорость изменения упомянутых данных может быть максимальной скоростью изменения, когда пучок входит или оставляет флюид, то есть, когда пучок пересекает уровень флюида в пределах контейнера.

Уровень флюида может быть определен как расположенный ниже положения пучка, в его горизонтальной конфигурации, именно - как расстояние, равное $a \cdot \tan \theta_{\max}$, где a - дистанция между осью вращения коллиматора и детектором и θ_{\max} - угол пучка относительно горизонтали, соответствующий упомянутой максимальной скорости изменения упомянутых данных в зависимости от угла пучка.

Упомянутое средство обработки может быть сконфигурировано для:

- (i) усреднения данных по повторным измерениям до определения уровня флюида;
- (ii) применения Гауссовой фильтрации к данным до определения уровня флюида; и/или
- (iii) применения фильтрации Фурье к данным до определения уровня флюида.

Усреднение или фильтрация данных могут улучшить отношение сигнал/шум и улучшить устойчивость устройства к фоновому радиационному излучению, в частности к флуктуирующему фону, не увеличивая размер источника или время сбора данных.

Упомянутые средства обработки могут быть сконфигурированы для подгонки гладкой функции к данным до определения уровня флюида, на основании угла пучка относительно горизонтали, соответствующего максимальной скорости изменения упомянутой подогнанной функции в зависимости от угла пучка.

Подгонка гладкой кривой к данным может улучшить устойчивость устройства к воздействию шума на данные, в частности шума, обусловленного фоновым радиационным излучением, не увеличивая размер источника или время сбора данных.

В одном варианте реализации угол пучка пошагово изменяется по множеству значений.

В другом варианте реализации угол пучка изменяется непрерывно.

Источник радиационного излучения может содержать источник гамма-излучения.

В соответствии с другим объектом изобретения предоставляется способ определения уровня флюида в пределах контейнера, способ, содержащий следующие этапы:

предоставление блока источника для испускания пучка радиационного излучения во внутреннюю область контейнера, блока источника, содержащего источник радиационного излучения и коллиматор для коллимации радиационного излучения, испускаемого источником для предоставления упомянутого пучка;

предоставление детектора для детектирования радиационного излучения, испускаемого источником и проходящего через, по меньшей мере, участок внутренней области контейнера;

регулировка упомянутого блока источника для изменения угла пучка относительно горизонтали;

регистрация данных, соответствующих величине радиационного излучения, детектированного в детекторе как функция угла пучка; и

определение уровня флюида на основании изменения упомянутых данных в зависимости от угла пучка.

Предпочтительно детектор представляет собой удлиненный, неподвижный детектор, и регулировка содержит регулировку блока источника для развертки пучка вдоль детектора.

Предпочтительные варианты реализации настоящего изобретения описываются ниже посредством только примера и не для какого-либо ограничения, и в связи с сопровождающими чертежами, на которых фиг. 1 изображает устройство в соответствии с вариантом реализации изобретения при использовании для измерения уровня флюида в контейнере;

фиг. 2 - блок источника для устройства на фиг. 1;

фиг. 3 - изменение данных, соответствующих величине радиационного излучения, детектированного в детекторе как функция угла пучка радиационного излучения;

фиг. 4 - изменение величины радиационного излучения, детектированного в детекторе как функция угла пучка радиационного излучения в соответствии с компьютерной моделью устройства в соответствии с вариантом реализации настоящего изобретения;

фиг. 5 - данные, соответствующие величине радиационного излучения, детектированного в детекторе как функция угла пучка радиационного излучения, измеренного с использованием устройства в соответствии с вариантом реализации настоящего изобретения;

фиг. 6 - данные, соответствующие величине радиационного излучения, детектированного в детекторе как функция угла пучка радиационного излучения, измеренного с использованием устройства в соответствии с вариантом реализации настоящего изобретения, устройство было модифицировано для мо-

делирования наростов отложений на стенках контейнера и

фиг. 7 - альтернативный блок источника для устройства на фиг. 1.

Со ссылкой на фиг. 1 описывается устройство в соответствии с вариантом реализации изобретения. Устройство 10 включает в себя блок 12 источника, содержащий источник 14 в виде источника гамма-излучения, например, источник Cs-137, и коллиматор 16 для коллимации радиационного излучения, испускаемого источником 14. Блок 12 источника размещен для испускания пучка радиационного излучения 18 во внутреннюю область контейнера 20. Контейнер 20 может содержать переменный объем флюида 22, уровень 24 которого должен быть определен. Устройство 10 также включает в себя детектор 26, в виде пластикового сцинтиллятора 26 для детектирования радиационного излучения, испускаемого источником 14.

Блок 12 источника и детектор 26 расположены на противоположных сторонах контейнера 20. Гамма-излучение, испускаемое источником 14, является достаточно проникающим для прохождения через стенки контейнера 20.

На фиг. 2 показана схематическая иллюстрация блока 12 источника. Коллиматор 16 окружает источник 14 и включает в себя щель 28 для коллимации радиационного излучения, испускаемого источником 14, до узкого пучка 18. Коллиматор 16 размещен для вращения, причем ось вращения центрована на источнике 14. Вращение коллиматора заставляет угол θ пучка радиационного излучения 18 изменяться относительно горизонтали.

Серводвигатель, редуктор и система с датчиком угла поворота (не показаны) позволяют управлять углом и информировать об угле θ , на который указывает пучок 18. Кроме того, защитный экран 30 вокруг источника 14 препятствует испусканию радиационного излучения в направлениях, отличных от направления во внутреннюю область контейнера 20, через щель 32 в защитном экране 30.

Изменение угла θ пучка 18 приводит к тому, что пучок 18 сканирует поперек различных частей детектора 26. В зависимости от уровня 24 флюида 22 в пределах контейнера 20, пучок 18 будет иногда попадать на детектор 26, не проходя через флюид 22, тогда как иногда он пройдет через флюид 22 перед достижением детектора 26. При этом изменяется величина поглощения пучка. Записывая данные, соответствующие величине радиационного излучения, принятого в детекторе 26 как функция угла θ пучка 18, оказывается возможным определить уровень 24 флюида для флюида 22 в контейнере 20, как будет описано ниже.

Угол θ пучка может изменяться непрерывно или пошаговым образом. Величина радиационного излучения, детектированного в детекторе 26, может быть зарегистрирована как величина радиационного излучения (например, число отсчетов), принятого в заданный период времени, или как скорость детектирования радиационного излучения (например, скорость отсчетов) в детекторе 26.

На фиг. 3 показано изменение величины радиационного излучения, детектированного в детекторе (как число отсчетов) в зависимости от угла пучка, в соответствии с компьютерной моделью устройства 10, для двух различных уровней 24 флюида. Угол пучка обозначен в градусах по 60° -му диапазону измерений, в которых пучок 18 разворачивается от угла, при котором он указывает на положение несколько ниже детектора 26 (левая сторона на фиг. 3), до угла, при котором он указывает на положение чуть выше детектора 26 (правая сторона на фиг. 3). Следует отметить, что на фиг. 3 угол пучка обозначен не относительно горизонтали 34. В этом примере, когда пучок 18 проходит через флюид 22, он почти полностью поглощается до достижения детектора 26, так, что детектор 26 регистрирует низкую скорость отсчетов, когда пучок 18 детектируется самой нижней, погруженной частью детектора 26. Когда пучок 18 разворачивается вверх к горизонтальному положению 34, число отсчетов, зарегистрированных в детекторе 26, увеличивается, поскольку длина пути пучка 18 через флюид 22 (и, следовательно, поглощение пучка 18) уменьшается. Скорость отсчетов продолжает увеличиваться, поскольку пучок появляется из флюида. В конечном счете, пучок 18 более не пересекает флюид 22 и падает на часть детектора 26, который не погружен в флюид 22. Поскольку пучок 18 все еще сканирует выше, по направлению к горизонтальному положению 34 и далее, регистрируемое число отсчетов уменьшается вследствие того, что пучок 18 покинул пределы детектирования детектора 26 и/или стал заблокированным верхней стенкой контейнера 20.

Относительно двух кривых, показанных на фиг. 3, правая кривая соответствует более высокому уровню 24 флюида. Для более высокого уровня 24 флюида пучок 18 выходит из сканирования флюида 22 позже и, следовательно, повышающийся край кривой возникает позже. Однако понижающийся край кривой возникает в той же самой точке, поскольку это зафиксировано геометрией контейнера 20 и детектора 26. На правой кривой на фиг. 3 вертикальная полоса указывает угол θ_{\max} , соответствующий максимальному наклону кривой, то есть максимальной скорости изменения радиационного излучения в зависимости от угла пучка 18, когда пучок 18 пересекает уровень 24 флюида 22 в контейнере 20. Было установлено, что эта максимальная скорость изменения появляется при угле θ_{\max} , при котором центр пучка 18 чуть появляется из флюида 22, как показано на фиг. 1. Поэтому, определяя угол θ_{\max} , при котором возникает максимальная скорость изменения, оказывается возможным вычислить положение уровня 24 флюида. В отношении фиг. 1 расстояние S уровня 24 флюида ниже пучка 18 в его горизонтальном положении 34 дается соотношением $S = a \cdot \tan \theta_{\max}$, где a - дистанция между осью вращения коллиматора (которая, в

этом варианте реализации совпадает с источником 14) и детектором 26, и θ_{\max} - угол пучка 18 относительно горизонтали 34, соответствующий максимальной скорости изменения величины детектированного радиационного излучения в зависимости от угла пучка 18. Таким образом, глубина h флюида 22 в контейнере 20 дается соотношением $h=H-S=H-a \cdot \tan\theta_{\max}$, где H - высота источника 14 выше основания контейнера 20.

Поскольку положение уровня 24 флюида определяется относительным увеличением отсчетов, а не абсолютным значением отсчетов, измерение устойчиво и к изменениям фонового излучения, и к изменениям в наращивании отложений на внутренних стенках контейнера 20. Кроме того, устройство также не подвержено влиянию изменений давления в пределах контейнера 20. Важно то, что устройство не требует периодической калибровки для резервуара. Определение уровня 24 флюида просто требует знания размеров контейнера 20 и положений блока 12 источника и детектора 26.

На фиг. 4 показаны результаты моделирования для измерений уровня 24 флюида в контейнере 20 в форме стального резервуара высотой 2 метра и шириной 1 м. При моделировании пучок 18 имел ширину приблизительно 20° на детекторе 26, и глубина флюида изменялась в пределах от 1 м (самая широкая кривая) до 2 м (самая узкая кривая). Моделирование подтверждает, что положение уровня 24 флюида соответствует углу пучка θ_{\max} , для которого изменения числа отсчетов максимально, когда пучок входит или покидает флюид 22.

На фиг. 5 показаны фактические данные, зарегистрированные как отсчеты в зависимости от угла пучка для различных уровней воды в стальном резервуаре, который имеет приблизительно 2 м глубины и 1 м ширины, используя источник $1,11 \text{ ГБк Cs-137}$, и позволяя отсчетам радиационного излучения накопиться в течение 2 с при каждом угле 9 пучка. Глубина флюида изменяется в пределах приблизительно от 1 м (самая широкая кривая) и до приблизительно 2 м (самая узкая кривая). Ясно видно изменяющееся положение повышающегося края кривой с глубиной флюида. Блок 12 источника располагается на 1,95 м выше основания резервуара 20, так, что уровни флюида выше этой высоты не могут быть точно определены. Для уровня флюида приблизительно 2,2 м была измерена плоская кривая, поскольку это соответствует наполненному водой резервуару и полностью погруженному детектору 26. Падение пиковой скорости отсчетов с увеличением глубины флюида обусловлено шириной пучка 18 радиационного излучения на детекторе 26, который шире, чем зазор между уровнем 24 воды и вершиной детектора.

Уровень фонового радиационного излучения ясно видим на фиг. 5 как плоские части кривых с правой стороны. Этот фоновый уровень уменьшается с увеличением глубины воды, поскольку резервуар включал в себя погруженную трубу, содержащую маленькие калибровочные источники. При низких уровнях воды больше этих калибровочных источников противостоят детектору, без поглощения водой, приводя к более высокому уровню фона. Несмотря на вариацию величины радиационного излучения от калибровочных источников, демонстрируется, что устройство является устойчивым к флуктуациям фона.

На фиг. 6 показан ряд измерений, соответствующих представленным на фиг. 5, но отличающихся тем, что контейнер 20 был модифицирован для моделирования концентрации наростов отложений на стенках резервуара 20 посредством помещения свинцового листа толщиной 3 мм и высотой 13 см перед детектором 26 на высоте 1,44 м наверху резервуара 20 (эквивалентный приблизительно 5-15 см влажного нароста). Часть графика на фиг. 6 оттенена для индикации углов пучка, при которых пучок 18 радиационного излучения падает на свинцовый лист. Отсчеты радиационного излучения, зарегистрированные при каждом угле пучка, накапливались за 1 с. Провал в отсчетах наблюдался тогда, когда пучок проходил над наростом, как показано на фиг. 6. Однако это не влияло на возможность устройства точно определить уровни 24 флюида из повышающихся краев кривых. Устройство может даже быть приспособлено для вычисления положения и толщины нароста при его сканировании на основании относительного уменьшения зарегистрированных отсчетов.

Практически, скорости отсчетов фона могут превышать 1000000 отсчетов в секунду. Хотя фоновый уровень (видимый на фиг. 5) может быть измерен точно и вычтен, необходимо также учитывать шум вида \sqrt{n} , связанный с большой скоростью n отсчетов фона. Это важно для поддержания точности измерения, особенно при использовании маленького источника. Три способа для уменьшения шума в сигнале были смоделированы: усреднение по времени, Гауссова фильтрация и фильтрация Фурье. В методике временного усреднения, пучок 18 многократно развертывался поперек детектора 26, после чего данные усреднялись по всем точкам. Методика Гауссовой фильтрации использовала широкополосный Гауссов фильтр для сглаживания данных. Используя методику Фурье, данные, собранные по более, чем четырем разверткам пучка 18 поперек детектора 26, были объединены для получения периодической функции, из которой был получен спектр Фурье. Высокочастотный шум Пуассона был удален, используя фильтр нижних частот перед обратным преобразованием отфильтрованного спектра Фурье для получения гладких кривых, из которых определялся уровень флюида. Методики Гауссовой и Фурье фильтрации, как было замечено, производили подобные же усовершенствования, но Гауссова методика фильтрации может быть предпочтительна для получения быстрых измерений уровня флюида, поскольку она требует только одной полной развертки пучка 18 поперек детектора 26. Методика Гауссовой фильтрации давала возможность обеспечить точность лучше чем ± 2 см при отношении сигнал/шум, равном 10.

Угол θ_{\max} пучка 18, соответствующий максимальной скорости изменения детектированного радиационного излучения в зависимости от угла пучка 18, может быть найден подгонкой гладкой функции к данным и оценкой функции по всему диапазону измерения. Угол θ_{\max} , соответствующий максимальному градиенту подогнанной кривой затем используется для определения уровня 24 флюида, как описано выше. Этот способ также снижает воздействие шума на определяемый уровень флюида. Может быть использована любая гладкая функция, подгоняемая к форме данных, например функция Вейбулла, или полиномиальная функция. Функция может быть подогнана с использованием стандартных методик, например, регрессией по методу наименьших квадратов.

Должен быть компромисс между интервалом обновления (время отсчета), размером источника и устойчивостью к фону. При увеличении времени сбора данных при каждом угле и/или при увеличении размера источника (для увеличения скорости отсчетов сигнала в детекторе 26) устройство может работать хорошо при более высоких скоростях отсчета фона. Однако желательно минимизировать время сбора данных для обеспечения более частых обновлений измерений, и желательно использовать как можно меньшие источники радиационного излучения.

Например, при использовании источника 370 МБк с резервуаром шириной 1 м (подавая дозу приблизительно 5 мкЗв на детектор) и коллиматор с шестью пучками, вращающийся с частотой 1 Гц, необходимо собирать данные в течение 18 с для предоставления нового измерения с точностью до ± 2 см или лучше при наличии фонового радиационного излучения с уровнем приблизительно 50 мкЗв. То есть, при работе с фоновым радиационным излучением с уровнем приблизительно 50 мкЗв ступенчатое изменение уровня флюида требовало бы 18 с на сбор данных прежде, чем устройство могло бы сообщить о новом уровне флюида с точностью до ± 2 см. Тем не менее, устройство может обновлять измерение уровня флюида каждую секунду, сохраняя значение данных за 18 с и отбрасывая самое давнее значение данных за секунду каждый раз, когда следующее значение данных за секунду добавляется. Конечно, когда устройство работает в среде, в которой уровень фонового радиационного излучения намного ниже, интервал обновления может быть сокращен, поскольку отношение сигнал/шум намного ниже. Интервал обновления может быть изменен динамически, поскольку уровень фонового радиационного излучения измеряется всякий раз, когда пучок 18 радиационного излучения не облучает детектор 26, как рассмотрено выше в связи с фиг. 1. При условиях низкого фонового радиационного излучения измерение уровня флюида может быть обновлено каждую секунду с желаемой точностью.

Для увеличения скорости сбора данных коллиматор может быть предоставлен с множественными щелями, а не с единственной щелью 28, как в описанном выше варианте реализации в связи с фиг. 1 и 2. На фиг. 7 показан вариант реализации блока 12' источника, в котором коллиматор 16' включает в себя три щели 28', разделенных приблизительно на 120° относительно оси вращения, для предоставления трех узких коллимированных пучка радиационного излучения, так, что каждый полный поворот коллиматора 16' приводит к трем разверткам пучка радиационного излучения поперек детектора 26. В другом варианте реализации, коллиматор может включать в себя шесть щелей для создания шести пучков.

Кроме того, ширина щели 28, или щели 28', коллиматора 16, 16' может быть выбрана для обеспечения желаемой ширины коллимированного пучка 18, или пучков. Увеличение ширины щели 28, 28' увеличивает площадь детектора 26, облучаемого под каждым углом θ пучка, тем самым, увеличивая отношение сигнал/шум.

Специалист в данной области техники увидит, что могут быть использованы другие детекторы, кроме описанного выше пластикового сцинтиллятора. Различные типы детекторов могут быть использованы в зависимости от мощности дозы детектируемого радиационного излучения. В некоторых вариантах реализации детектор может быть сегментирован или сформирован из множественных отдельных детекторов. Это может обеспечить дополнительную информацию относительно положения пучка 18 на детекторе 26. Для регистрации событий детектирования в детекторе 26 может быть использован фотоэлектронный умножитель. Хотя собираемые данные были описаны как скорость отсчетов, величина радиационного излучения, детектируемого детектором, альтернативно может быть зарегистрирована как напряжение или ток.

Устройство предпочтительно совместимо со стандартом si12 (уровень полноты безопасности 2), то есть, оно детектирует и информирует о любых ошибках. Устройство имеет возможность собственной диагностики и информировать о собственном отказе.

Специалисты в данной области техники увидят, что вышеупомянутые варианты реализации были описаны посредством примера только, а не в ограничительном смысле, и что различные изменения и модификации возможны без отступления от объема притязаний изобретения, как это определено в соответствии с приложенной формулой.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для определения уровня флюида в пределах контейнера, содержащее блок источника для испускания пучка радиационного излучения во внутреннюю область контейнера, причем блок источника содержит источник радиационного гамма излучения и коллиматор для кол-

лимации радиационного излучения, испускаемого источником, для создания упомянутого пучка, причем упомянутый блок источника регулируется для изменения угла пучка относительно горизонтали посредством вращения коллиматора вокруг источника для изменения угла (θ) пучка;

по меньшей мере один детектор для детектирования радиационного излучения, испускаемого источником и проходящего через, по меньшей мере, участок внутренней области контейнера, причем блок источника и детектор расположены на противоположных сторонах контейнера; и

средство обработки для

регистрации данных, соответствующих величине радиационного излучения, детектированного упомянутым по меньшей мере одним детектором как функция угла (θ) пучка; и

определения уровня флюида на основании изменения упомянутых данных в зависимости от угла пучка,

причем уровень флюида определяется на основании угла (θ) пучка относительно горизонтали, соответствуя максимальной скорости изменения упомянутых данных в зависимости от угла пучка,

причем упомянутая максимальная скорость изменения упомянутых данных является максимальной скоростью изменения, когда пучок входит во флюид или покидает флюид, и

причем уровень флюида определяется как расположенный ниже положения пучка в его горизонтальной конфигурации на расстоянии, равном $a \cdot \tan\theta_{\max}$, где a - дистанция между осью вращения коллиматора и детектором, и θ_{\max} - угол пучка относительно горизонтали, соответствующий упомянутой максимальной скорости изменения упомянутых данных в зависимости от угла пучка.

2. Устройство по п.1, причем устройство содержит двигатель для управления вращением коллиматора.

3. Устройство по п.2, причем двигатель содержит датчик угла поворота для индикации угла пучка.

4. Устройство по любому из предыдущих пунктов, причем коллиматор содержит больше чем одну щель для коллимации радиационного излучения, испускаемого источником.

5. Устройство по любому из предыдущих пунктов, причем ось вращения коллиматора центрована по существу на источнике.

6. Устройство по любому из предыдущих пунктов, причем детектор содержит пластиковый сцинтиллятор.

7. Устройство по любому из предыдущих пунктов, причем упомянутое средство обработки сконфигурировано для:

(i) усреднения данных по повторным измерениям до определения уровня флюида;

(ii) применения Гауссовой фильтрации к данным до определения уровня флюида;

(iii) применения фильтрации Фурье к данным до определения уровня флюида; и/или

(iv) подгонки гладкой функции к данным, до определения уровня флюида, на основании угла пучка относительно горизонтали, соответствующего максимальной скорости изменения упомянутой подогнанной функции в зависимости от угла пучка.

8. Устройство по любому из предыдущих пунктов, содержащее средство для изменения угла пучка пошагово по множеству значений.

9. Устройство по любому из пп.1-7, содержащее средство для изменения угла пучка непрерывно.

10. Способ определения уровня флюида в пределах контейнера посредством устройства по любому из пп.1-9, при этом способ содержит следующие этапы, на которых:

испускают блоком источника пучка радиационного излучения во внутреннюю область контейнера, причем блок источника содержит источник радиационного излучения и коллиматор для коллимации радиационного излучения, испускаемого источником, для создания упомянутого пучка;

детектируют детектором радиационного излучения, испускаемого источником и проходящего через, по меньшей мере, участок внутренней области контейнера, причем блок источника и детектор расположены на противоположных сторонах контейнера;

регулируют упомянутый блок источника для изменения угла (θ) пучка относительно горизонтали посредством вращения коллиматора вокруг источника;

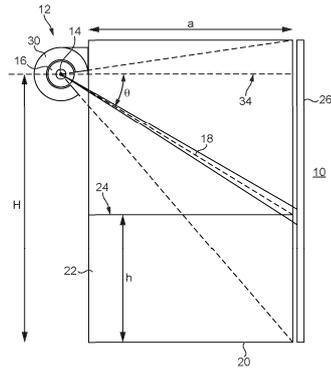
регистрируют данные, соответствующие величине радиационного излучения, детектированного детектором, как функцию угла пучка; и

определяют уровень флюида на основании вариации упомянутых данных в зависимости от угла пучка,

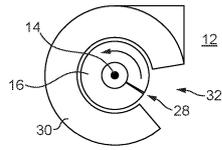
причем уровень флюида определяется на основании угла (θ) пучка относительно горизонтали, соответствуя максимальной скорости изменения упомянутых данных в зависимости от угла пучка,

причем упомянутая максимальная скорость изменения упомянутых данных является максимальной скоростью изменения, когда пучок входит во флюид или покидает флюид, и

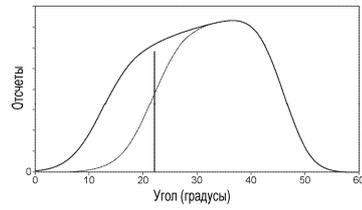
причем уровень флюида определяется как расположенный ниже положения пучка в его горизонтальной конфигурации на расстоянии, равном $a \cdot \tan\theta_{\max}$, где a - дистанция между осью вращения коллиматора и детектором, и θ_{\max} - угол пучка относительно горизонтали, соответствующий упомянутой максимальной скорости изменения упомянутых данных в зависимости от угла пучка.



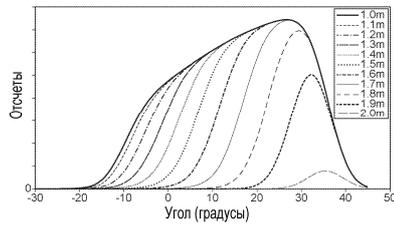
Фиг. 1



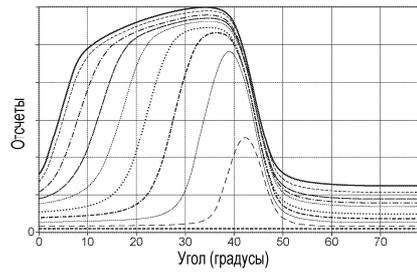
Фиг. 2



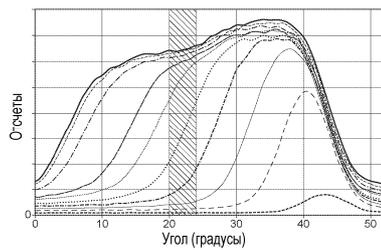
Фиг. 3



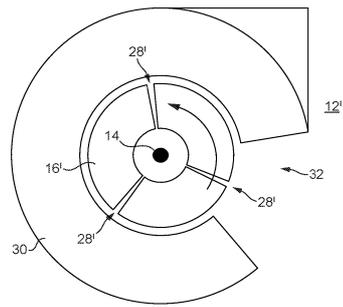
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7