РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 471 153** (13) **C2**

(51) МПК
G01F 1/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2008111024/28, 26.07.2006**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.07.2006

Приоритет(ы):
(30) Конвенционный приоритет:
23.08.2005 US 60/710,663
21.07.2006 US 11/459,077

(43) Дата публикации заявки: **27.09.2009** Бюл. № 27

(45) Опубликовано: **27.12.2012** Бюл. № **36**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 94038311 A1, 20.08.1996. RU 2079813 C1, 20.05.1997. SU 1714372 A1, 23.02.1992. SU 1024726 A1, 23.06.1983. US 5317895 A, 07.06.1994.**

(85) Дата начала рассмотрения заявки PCT на национальной фазе: **24.03.2008**

(86) Заявка PCT:
US 2006/029079 (26.07.2006)

(87) Публикация заявки PCT:
WO 2007/024398 (01.03.2007)

Адрес для переписки:
127055, Москва, а/я 11, пат.пов. Н.К.Попеленскому, рег. № 31

(72) Автор(ы):
ГРЕШЕЛЬ Кэри Д. (US),
МУРРЕЙ Гейл П. (US),
ФРОЙНД Вильям Р. мл. (US)

(73) Патентообладатель(и):
Дэниел Мэжэмэнт Энд Кэнтроул, ИНК. (US)

RU 2471153 C2

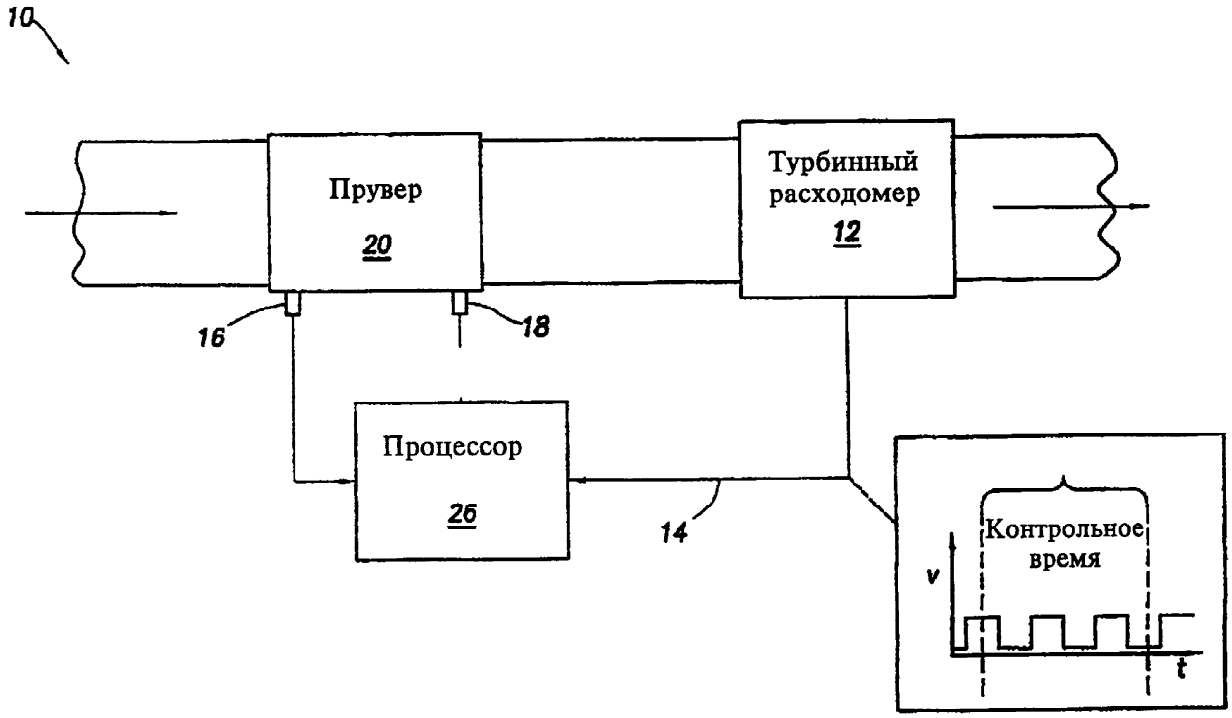
(54) СПОСОБ И СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ СУММАРНОГО РАСХОДА ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ РАСХОДОМЕР

(57) Реферат:

Предлагается способ и система проверки и калибровки ультразвукового расходомера при измерении расхода текучей среды. Техническим результатом является создание способа, системы и расходомера для точного определения расхода текучей среды в трубопроводах. По крайней мере, некоторые из изображенных вариантов исполнения являются способами, предполагающими определение контрольного времени средством контроля, измерение расхода текучей среды вышеуказанным расходомером, производящим множественные измерения за определенный промежуток времени, для получения различных значений расхода текучей среды (измеритель расхода соединен со средством контроля), а также получение значения расходомера за контрольное время, в зависимости от расхода текучей среды. Итоговые показания расходомера за контрольное время, в зависимости от расхода текучей среды, не учитывает: генерацию дискретного выходного сигнала на

RU 2471153 C2

расходомере; а также то, что получаемые значения расходомера основаны на характеристиках импульсной последовательности., 3 н. и 17 з.п. ф-лы, 14 ил.



Фиг. 1

RU 2471153 C2

RU 2471153 C2

RUSSIAN FEDERATION

(19) RU (11) 2 471 153 (13) C2

(51) Int. Cl.
G01F 1/00 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2008111024/28, 26.07.2006**

(24) Effective date for property rights:
26.07.2006

Priority:
(30) Convention priority:
23.08.2005 US 60/710,663
21.07.2006 US 11/459,077

(43) Application published: **27.09.2009** Bull. 27

(45) Date of publication: **27.12.2012 Bull. 36**

(85) Commencement of national phase: **24.03.2008**

(86) PCT application:
US 2006/029079 (26.07.2006)

(87) PCT publication:
WO 2007/024398 (01.03.2007)

Mail address:
127055, Moskva, a/ja 11, pat.pov.
N.K.Popelenskomu, reg. № 31

(72) Inventor(s):
GREShEL' Kehri D. (US),
MURREJ Gejl P. (US),
FROJND Vil'jam R. ml. (US)

(73) Proprietor(s):
Dehniel Mehzhehmehnt Ehnd Kehntroul, INK. (US)

RU 2471153 C2

(54) METHOD AND SYSTEM FOR MEASUREMENT OF TOTAL FLOW OF LIQUID MEDIUM AND ULTRASONIC FLOW METRE

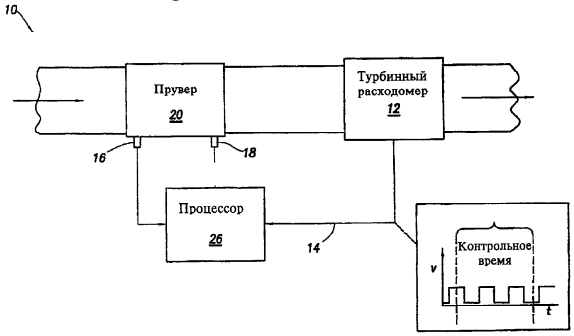
(57) Abstract:

FIELD: instrument making.

SUBSTANCE: at least some of displayed versions are methods that assume detection of reference time by a control facility, measurement of a liquid medium flow with the above flow metre, performing multiple measurements within a certain period of time, to produce various values of liquid medium flow (the flow metre is connected to the control facility), and also production of the flow metre value within the reference time, depending on the liquid medium flow. Total readings of the flow metre within the reference time, depending on the liquid medium flow, do not take into account the following: generation of a discrete output signal at the flow metre; and also the fact that the produced values of the flow metre are based on characteristics of the pulse sequence.

EFFECT: development of a method, a system and a flow metre for accurate detection of liquid medium flow in pipelines.

20 cl, 14 dwg



Фиг. 1

Область техники, к которой относится изобретение

После того как углеводородное сырье добыто из породы, поток текучей среды (сырая нефть и/или природный газ) поступает в сеть трубопроводов, по которым он передается. При этом необходимо точно знать объем текучей среды, протекающей в данный момент в трубопроводе, а при передаче потока потребителю в полном объеме обязательным является высокая точность расчетов.

Уровень техники

Известны способы измерения расхода текучей среды, при которых проверяют точность измерений приборов (проводят их калибровку). На фигуре 1 изображена система 10 для контроля турбинного расходомера 12. Принцип работы турбинного расходомера состоит в повороте турбины под действием потока текучей среды, при котором генерируются электрические импульсы (см.фиг.1), где каждый импульс соответствует определенному объему, а частота импульсов соответствует расходу текучей среды.

Контрольное время (также изображено на фигуре 1) это время, за которое поток проходит от входного датчика 16, расположенного перед средством контроля 20, до выходного датчика 18, расположенного на выходе средства контроля. Сигналы отдатчиков 16 и 18, определяющие контрольное время, поступают на процессор 26. На процессор 26 также поступает импульсный сигнал с сигнальной линии 14. Процессор также определяет импульсы, попадающие в контрольное время. Число импульсов, полученных на расходомере за контрольное время, есть объем текучей среды, протекшей через расходомер за контрольное время. Точность измерений подтверждается сравнением данных, полученных на расходомере и на средстве контроля.

На фигуре 2 изображена система 50 контроля работы ультразвукового расходомера 52. Под "ультразвуковым" понимается то, что расходомер посылает ультразвуковые сигналы по направлению потока и против направления, а затем, основываясь на различных характеристиках ультразвукового сигнала, рассчитывается расход. Ультразвуковой расходомер генерирует импульсы блоками, где каждый блок соответствует большому числу ультразвуковых сигналов, переданных по направлению потока и против него, таким образом, каждый блок определяет некоторый промежуток времени (например, одну секунду).

В отличие от турбинного расходомера, который определяет расход в данный момент времени, ультразвуковой расходомер определяет средний расход за время передачи одного блока.

Американский Нефтяной Институт (API) требует контролировать расход способом сравнения значений, полученных расходомером и средством контроля (прувером), где значения расходомера определяются на основании импульсов. В соответствии с этим стандартом данные, получаемые от ультразвукового расходомера, могут быть преобразованы в импульсную форму с целью подтверждения точности измерений. Подобное преобразование может быть осуществлено с помощью внутреннего процессора 54, импульсный сигнал с которого поступает на процессор 26 для подтверждения точности измерений ультразвукового расходомера 52, как описано выше. Тем не менее, импульсы, генерируемые ультразвуковым расходомером, могут быть основаны на среднем расходе за время передачи одного блока, где импульсы генерируются по окончании передачи блока. Таким образом, даже если импульс попал в контрольное время, поток, сформировавший импульс, может еще не пройти,через расходомер, вследствие блокового принципа работы ультразвукового

расходомера.

Аналогично, при преобразовании значения расхода в импульсную форму, некоторые импульсы могут не попасть в контрольное время вследствие блокового принципа работы ультразвукового расходомера. Эти и возможные другие сложности в контроле работы расходомеров, например ультразвуковых расходомеров, создают задержки в реализации подобных способов контроля.

Раскрытие изобретения

Вышеперечисленные проблемы решаются по большей части с помощью предлагаемых изобретением способа и системы измерения параметров потока текучей среды с одновременной проверкой и калибровкой расходомера. По крайней мере, некоторые из изображенных вариантов исполнения являются способами, предполагающими определение контрольного времени средством контроля, измерение расхода текучей среды расходомером, производящим множественные измерения за определенный промежуток времени, для получения различных значений расхода текучей среды (измеритель расхода соединен со средством контроля), а также получение значения расхрдомера за контрольное время, в зависимости от расхода текучей среды. Итоговые показания расходомера за контрольное время, в зависимости от расхода текучей среды, не учитывает: генерацию дискретного выходного сигнала на расходомере; а также то, что получаемые значения расходомера основаны на характеристиках импульсной последовательности.

Другие пояснительные исполнения представляют собой системы, содержащие средство контроля (настроенное на определение контрольного времени) и расходомер. Расходомер представляет собой измерительную муфту, через которую протекает поток текучей среды, на муфте установлена пара датчиков, а также процессор, электрически соединенный с датчиками.

Процессор расходомера электрически соединен со средством контроля. Процессор используется для расчета объема текучей среды, протекшей через расходомер за контрольное время.

Все пояснительные исполнения представляют собой ультразвуковые расходомеры, содержащие измерительную муфту (через которую проходит поток), и некоторое количество ультразвуковых датчиков, установленных на измерительной муфте и расположенных таким образом, чтобы они могли передавать ультразвуковые сигналы в поток текучей среды, протекающей через расходомер. Все ультразвуковые датчики соединены с процессором. Процессор также электрически соединен со средством контроля, сигналы от которого поступают на процессор в течение контрольного периода времени. Процессор рассчитывает тестовый объем, равный расходу текучей среды за контрольный период времени.

Краткое описание чертежей

Для более детального описания различных исполнений в тексте документа будут даваться ссылки на следующие чертежи:

Фигура 1: Изображение системы, состоящей из управляющего устройства и расходомера турбинного типа;

Фигура 2: Изображение системы, состоящей из управляющего устройства и ультразвукового расходомера;

Фигура 3: Ультразвуковой расходомер в разрезе, вид сверху;

Фигура 4: Секция трубопровода с несколькими хордами, вид сбоку;

Фигура 5: Расположение портов датчиков на измерительной муфте; вид сверху;

Фигура 6: График зависимости мгновенного расхода текучей среды через средство

контроля и ультразвуковой расходомер от времени;

Фигура 7: График зависимости значений расхода за время прохождения блока импульсов от времени;

Фигура 8: Выходная импульсная последовательность ультразвукового расходомера;

Фигура 9: Система измерения расхода текучей среды, выполненная в соответствии с исполнениями изобретения;

Фигура 10: Структурная схема ультразвукового расходомера (и связь ультразвукового расходомера со средством контроля) в соответствии с некоторыми исполнениями изобретения;

Фигура 11: Зависимость средних значений расхода, измеренных ультразвуковым способом, от времени; также на фигуре изображены линии, соответствующие контрольному времени и времени прохождения блока импульсов;

Фигура 12: Изображение принципа работы возможных вариантов исполнения устройства;

Фигура 13: Изображение возможных вариантов исполнений устройства;

Фигура 14: Способ, соответствующий исполнениям изобретения.

Осуществление изобретения

В данном документе для описания частей систем используются определенные термины. Данный документ не делает различий между компонентами системы, различными по названию, но не по функции.

В нижеследующем описании, а также в формуле термины "включающий в себя" и "содержащий" стоит понимать как "включающий в себя, но этим не ограниченный…". Также термины "соединен" и "соединяется" следует понимать, как обозначающие прямое или непрямое подключение одного компонента системы к другому. Так, если одно устройство соединено со вторым - это соединение может быть установлено напрямую или через другие компоненты системы.

Термин "текучая среда" может обозначать жидкость или газ, и не связан ни с одним конкретным типом жидкости или газа.

На фигуре 3 изображен ультразвуковой расходомер, предназначенный для измерения расхода текучей среды в соответствии с исполнением изобретения. Измерительная муфта 100, расположенная между другими секциями трубопровода, имеет определенный размер, и представляет собой мерное приспособление. В данном применении термин "трубопровод", используемый по отношению к ультразвуковому расходомеру, может также означать секцию трубы или любую другую установку, внутри которой посылаются ультразвуковые сигналы. Два датчика 120 и 130, а также соответствующие их корпуса 125 и 135 установлены на измерительной муфте 100. Датчики 120 и 130 являются ультразвуковыми приемопередатчиками, это означает, что они как передают, так и принимают ультразвуковой сигнал. В данном контексте термин "ультразвуковой" означает сигнал с частотой, превышающей 20 КГц. Сигналы подобной частоты могут генерироваться пьезоэлектрическим элементом в каждом датчике. Для создания ультразвукового сигнала на пьезоэлектрический элемент подается электрический ток, в результате элемент начинает вибрировать. Вибрации пьезоэлектрического элемента создают ультразвуковой сигнал, направленный от одного датчика через поток текучей среды на второй датчик. Когда ультразвуковой сигнал попадает на пьезоэлектрический элемент, он начинает вибрировать, а созданный при вибрации электрический сигнал переводится в цифровую форму и анализируется электронной частью расходомера.

Линия 110, иногда называемая хордой, проходит между датчиками 120 и 130, под

углом θ к оси 105. Длина хорды 110 есть расстояние между поверхностями датчиков 120 и 130. Точки 140 и 145 соответствуют местам генерации звукового сигнала датчиками 120 и 130 соответственно (т.е. место входа сигнала в поток текучей среды). Положение датчиков 120 и 130 задается углом θ, расстоянием L между датчиками 120 и 130, расстоянием X по оси между точками 140 и 145 и расстоянием D, соответствующим диаметру трубопровода. В большинстве случаев расстояния D, X и L точно задаются при изготовлении расходомера. Обычно после этого устанавливаются датчики 120 и 130 на определенном расстоянии друг от друга (расстояние D между точками 140 и 145), зависящем от размера расходомера (т.е. размеров измерительной муфты). Поток текучей среды течет в направлении 150 по эпюре скоростей потока 152. Вектора скоростей 153-158 показывают, что скорость потока через измерительную муфту 100 возрастает при приближении к центру 105.

Сначала ультразвуковой сигнал создается выходным датчиком 120 и принимается и обрабатывается входным датчиком 130. Спустя некоторое время входной датчик 130 создает ультразвуковой сигнал обратной связи, который впоследствии принимается и обрабатывается датчиком 120. Таким образом, датчики "перекидываются" ультразвуковыми сигналами 115 друг с другом вдоль линии 110. При работе данная последовательность может повторяться тысячи раз в минуту.

Время прохождения ультразвуковой волны 115 между датчиками 120 и 130 зависит отчасти от того, в каком направлении двигается волна, вверх или вниз по потоку. Время прохождения сигнала, двигающегося вниз по потоку (т.е. в направлении потока), больше, чем время прохождения сигнала вверх по потоку (т.е. против направления потока). Время прохождения сигнала вверх и вниз по потоку используется для вычисления средней скорости вдоль пути следования сигнала, а также они могут быть использованы для расчета скорости звука в текучей среде. Данные поперечные измерения расходомера, средняя скорость потока через сечение расходомера используются для расчета объема текучей среды, протекшего через расходомер или трубопровод 100.

У ультразвуковых расходомеров может быть более одной хорды. На фигуре 4 изображен ультразвуковой расходомер с несколькими хордами. В данных исполнениях измерительная муфта 100 содержит четыре хордовых пути A, B, C и D, расположенных на различных уровнях потока текучей среды. Каждому хордовому пути A-D соответствуют два датчика, поочередно работающие в режиме приема и передачи. Также на фигуре изображена управляющая электронная часть 160, принимающая и обрабатывающая данные, полученные от четырех пар датчиков, образующих хордовые пути A-D (не изображены на фиг.4).

Точное расположение четырех пар датчиков лучше видно из фигуры 5. Четыре пары портов для датчиков установлены на измерительной муфте 100. Каждая пара портов для датчиков соответствует одному хордовому пути, изображенному на фигуре 4. Первая пара портов 125 и 135 содержит датчики 120 и 130 соответственно (фигура 3), слегка утопленные в корпус муфты. Датчики расположены под непрямым углом θ к оси 105 измерительной муфты 100. Другая пара портов 165 и 175 (на чертеже изображены лишь частично) с установленными в них датчиками, расположена таким образом, что образуемая ими хорда расположена крест накрест с хордой датчиков 125 и 135. Аналогично порты датчиков 185 и 195 расположены параллельно портам 165 и 175, но находятся на другом уровне. На фигуре 5 частично изображена четвертая пара датчиков, расположенных таким образом, что, как и хорды A и B верхней пары датчиков, хорды C и D расположены крест накрест. Скорость потока текучей среды

определяется на каждый хорде A-D. В результате получаются скорости потока для каждой хорды. Эти данные собираются для определения средней скорости потока по всему трубопроводу. Средняя скорость потока используется для определения объема текучей среды, протекающей через трубопровод.

Как видно из описания фигур 3, 4 и 5, ультразвуковой расходомер, вследствие "перекидывания" сигналами (произведения множества измерений), определяет расход за некоторый конечный отрезок времени. Кроме того, в некоторых исполнениях расходомер может производить множественные вычисления расхода (напр., способом "перекидывания") и рассчитывать среднее значение расхода за определенный период времени, в этом случае общее количество текучей среды, протекшей через расходомер за период времени, равно продолжительности периода времени, помноженной на среднее значение расхода, найденное за этот период. В результате произведения множественных измерений за определенный период времени некоторые расходомеры выдают единственное (в некоторых исполнениях, среднее) значение расхода, где объем рассчитывается как произведение (объемных) измерений расхода на время прохождения блока импульсов.

Фигуры 6, 7 и 8 иллюстрируют недостатки описанных способов. В частности, на фигуре 6 изображен график мгновенных значений расхода через средство контроля и расходомер как функции от времени. Спад на графике, изображенный на фигуре 6, может быть, к примеру, результатом разрыва потока, вызванного запуском нового элемента. На фигуре 7 изображены расходы через расходомер как функции от времени. На фигуре 8 изображена выходная импульсная последовательность, основанная на скорости потока через ультразвуковой расходомер. Пунктирные линии на фигуре 7 обозначают время прохождения блока импульсов, а также средние значения расхода (Q_x), рассчитанные в интервалах времени между пунктирными линиями. Пунктирные линии, изображенные на фигуре 7, изображены также и на фигуре 6 для иллюстрации соответствия времени прохождения блоков импульсов и мгновенных значений расхода. Пунктирные линии также продолжаются на фигуру 8 для иллюстрации соответствия выходной импульсной последовательности и средних значений расхода. И хотя точки, обозначающие средние значения расхода (напр., Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 и Q_4), изображены в центре соответствующих временных отрезков, на самом деле среднее значение рассчитывается по окончании времени прохождения блока импульсов. Для объяснения этого процесса возьмем среднее значение расхода Q_0 между вертикальными линиями 400 и 402. Несмотря на то что точка Q_0 изображена посередине между этими линиями, ее значение рассчитывается в момент времени, расположенный дальше линии 402 по оси времени. Так как среднее значение расхода не будет рассчитано до завершения прохождения блока, в том случае если ультразвуковой расходомер должен контролироваться выходной импульсной последовательностью, сама импульсная последовательность основана на среднем значении расхода за прошедший блок и, таким образом, не генерируется до прохождения блока импульсов. Как видно из фигуры 8, выходная импульсная последовательность, соответствующая потоку через расходомер за время прохождения предыдущего блока, задерживается. Размеры задержки могут достигать времени прохождения блока.

На фигурах 6, 7 и 8 штрихпунктирными линиями 404 и 406 изображено контрольное время. Как упомянуто выше, контрольное время это время, за которое поток проходит от входного до выходного датчика. Если требуется контролировать работу ультразвукового расходомера, описанный способ предполагает генерацию

расходомером выходной импульсной последовательности, и подсчет количества импульсов между точкой начала контрольного времени (линия 404) и точкой окончания контрольного времени (линия 406). Тем не менее, на фигурах 6, 7 и 8 выходные импульсы расходомера за контрольное время несколько не соответствуют действительному потоку за контрольное время, т.к. включают в себя ошибку (в некоторых случаях значительную).

Для обращения к этим и другим возможным трудностям, в соответствии с исполнениями изобретения, определяется измеренный объем расходомера, где определение не подразумевает генерацию импульсов и определение измеренного объема, основываясь на характеристиках и/или количестве импульсов. Вместо этого, один или несколько периодов прохождения блока импульсов за контрольное время точнее соотносятся с контрольным временем, и расход ультразвукового расходомера основан отчасти или полностью на отдельных ультразвуковых измерениях, произведенных за время прохождения блока импульсов или периоды, соотнесенные с контрольным временем.

На фигуре 9 изображена система 500, соответствующая некоторым исполнениям изобретения. В частности, на фигуре 9 изображено средство контроля 502, соединенное с трубопроводом 504, а также с ультразвуковым расходомером 506. На фигуре 9 ультразвуковой расходомер 506 расположен на выходе средства контроля, но также возможны исполнения, при которых расходомер расположен на входе средства контроля. Ультразвуковой расходомер 506 содержит собственный процессор 508, отвечающий за работу ультразвуковых датчиков, прием-передачу сигналов, вычисление среднего расхода за время прохождения блока импульсов. На фигуре 9 также изображены входной детектор средства контроля 510 и выходной детектор средства контроля 512, электрически соединенные с процессором 508 ультразвукового расходомера. Соединение детекторов с процессором 508 позволяет процессору более точно устанавливать соответствие контрольного времени и отдельных ультразвуковых измерений, образующее средний расход за время прохождения блока импульсов. На фигуре 9 изображено, что каждый сигнал детектора средства контроля поступает на процессор 508, в альтернативных исполнениях электрические сигналы, посылаемые детекторами средства контроля, могут быть объединены таким образом, чтобы каждый отдельный электрический сигнал поступал на процессор 508 в определенный момент времени, зависящий от контрольного времени. Вследствие того что процессор 508 ультразвукового расходомера электрически соединен со средством контроля, а также из-за жесткой взаимосвязи между контрольным временем и временем прохождения блока сигнала, точность произведения расчетов процессора 508, в соответствии с исполнениями, намного выше, чем в том случае, когда выходной импульсный сигнал ультразвукового расходомера основан на среднем расходе за время прохождения блока импульсов. В некоторых исполнениях ультразвуковой расходомер 506 производит расчет среднего расхода за контрольное время и передает результаты вычислений внешним системам, также расходомер может передавать измеренную продолжительность контрольного времени. Разница между продолжительностью актуального контрольного времени и измеренной продолжительностью контрольного времени является результатом задержек, связанных с квантованием сигнала процессора по времени, а также помех, воздействующих на процессор. Помехи зависят от того, насколько часто программное обеспечение может считывать сигналы от элементов средства контроля. В других исполнениях ультразвуковой

расходомер 506 производит расчет среднего расхода за контрольное время и передает результаты вычислений внешним системам; в этих исполнениях ультразвуковой расходомер может не передавать измеренную продолжительность контрольного времени.

На фигуре 10 изображена структурная схема расположения электрических компонентов ультразвукового расходомера 506 и соответствующего ему средства контроля 502, в соответствии с некоторыми исполнениями. В частности, ультразвуковой расходомер 506 содержит некоторое количество датчиков 600А-600Н. Несмотря на то что на чертеже изображено восемь датчиков, их может быть любое количество - как больше, так и меньше. Каждый датчик соединен с контуром приемника 602 через N-канальный мультиплексор 604 и 2-канальный мультиплексор 612. Контур приемника 602 принимает электрические сигналы, созданные в результате воздействия ультразвуковых сигналов на пьезоэлектрический элемент датчика, усиливает и распознает сигналы. Процессор 508 посылает управляющие сигналы по сигнальным магистралям 606 и 607 для выборочного соединения каждого передатчика 600 с контуром приемника 602, когда датчик находится в режиме приема сигнала. Процессор 508 может быть выполнен в виде автономного процессора или микропроцессорного управляющего устройства. В других исполнениях изобретения функции микропроцессора может выполнять программируемое логическое устройство (ПЛУ), программируемая вентильная матрица (ПВМ), специализированная интегральная схема или подобные устройства.

Также из фигуры 10 видно, что каждый датчик 600 соединен с соответствующим приводом 608. Привод 608 может быть выполнен в различных формах. В некоторых исполнениях привод 608 содержит электросхему, создающую и усиливающую сигналы переменного тока, которые затем подаются на соответствующие датчики для создания вибрации пьезоэлектрического элемента и, как следствие, ультразвукового сигнала. В данных исполнениях привод 608 подчиняется командам процессора 508, посылающего управляющие сигналы по сигнальной магистрали 610. В альтернативных исполнениях привод 608 усиливает сигналы переменного тока, подающиеся на него процессором 508 (а также, возможно, другими устройствами), схожие с теми, которые подаются по сигнальной магистрали 610. Каждый датчик соединен с контуром приемника 602 через N-канальный мультиплексор 604 и 2-канальный мультиплексор 612. В результате работы программного обеспечения процессор 508 выборочно соединяет каждый датчик 600 с запускающим устройством 608, когда датчик находится в режиме приема сигнала. Также из фигуры 10 видно, что средство контроля 502 соединено с процессором 508. Как описано выше, процессор 508 принимает сигналы как от входящего и выходящего датчиков, так и другие формы сигналов, позволяющие определить контрольное время.

Ниже идет описание принципа вычисления показаний расходомера и/или среднего расхода по отношению к контрольному времени в соответствии с исполнениями изобретения. На фигуре 11 изображен расход при прохождении блока импульсов как функция от времени; пунктирные линии обозначают время прохождения блока импульсов (напр., линии 400 и 402), штрихпунктирные - контрольное время (напр., линии 404 и 406). Как описано выше, несмотря на то, что средние значения расхода Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 и Q_4 на графике отображаются посередине отрезка, они рассчитываются по окончании прохождения блока импульсов. Для тех блоков, которые полностью попадают в контрольное время (такие как время t_2-t_3 и t_3-t_4), приращение к общему объему составляет среднее значение расхода за время прохождения блока импульсов,

умноженное на длительность прохождения блока. Для тех блоков, которые попадают в контрольное время лишь частично (такие как время t_1-t_2 и t_4-t_5), в соответствии хотя бы с одним исполнением, рассчитываются значения расхода в начале контрольного времени (Q_{start}) и расхода текучей среды в конце контрольного времени (Q_{stop}), эти значения используются для расчета приращения к объему за время частичного прохождения блока импульса. После определения Q_{start} и Q_{stop} общий объем текучей среды, протекшей за контрольное время, рассчитывается по формуле:

$$Vol_{meterproof} = \left(Q_1\left(t_2 - t_1\right) - Q_{start}\left(t_{start} - t_1\right)\right) + Q_2\left(t_3 - t_2\right) + Q_3\left(t_4 - t_3\right)\right) + Q_{stop}\left(t_{stop} - t_4\right) \quad (1)$$

где $Vol_{meterproof}$ есть показание расходомера за контрольное время, Q_x - среднее значение расхода за время прохождения блока импульсов, t_x - некоторое определенное время, t_{start} - момент начала контрольного времени, t_{stop} - момент окончания контрольного времени.

Q_{start} может быть определено различными способами. В некоторых исполнениях Q_{start} определяется как линейная интерполяция между средними значениями расхода Q_1 и Q_2 (расположенных точно посередине соответствующего временного отрезка прохождения блока импульсов). В других исполнениях производится аппроксимация по времени уравнения кривой, проходящей через множество точек Q_x средних значений расхода, или определяется перекрытие контрольного времени, по любому из существующих или будущих способов подбора аппроксимирующей кривой. Значение Q_{start} (используя значение t_{start}) может быть найдено из уравнения кривой, проходящей через множество точек Q_x средних значений расхода. Независимо от способа нахождения значения Q_{start} видно, что Q_{start} отчасти зависит от значения среднего расхода Q_1. Среднее значение расхода Q_1, по определению, получается в результате множества отдельных ультразвуковых измерений, некоторые из которых могут быть произведены уже по истечению контрольного времени.

Так как в большинстве случаев поток через средство контроля и расходомер стабилизируется при приближении к окончанию контрольного времени, точка Q_{stop} может быть найдена, как и Q_{start}, с помощью линейной интерполяции. Чаще значение Q_{stop} удобно принять равным значению среднего расхода за время прохождения последнего блока импульсов, не полностью попавшего в контрольное время. Для определения Q_{start} и Q_{stop} могут быть использованы любые методы интерполяции.

Ранее описанные исполнения предполагают определение значений Q_{start} и Q_{stop}, зависящих, хотя бы отчасти, от средних значений расхода, которые, в свою очередь, зависят от отдельных ультразвуковых измерений, не полностью попадающих в контрольное время.

В соответствии с альтернативными исполнениями, те измерения, которые выходят за рамки контрольного времени, не учитываются при подсчете расхода.

На фигуре 12 изображен расход при прохождении блока импульсов как функция от времени; пунктирные линии обозначают время прохождения блока импульсов, штрихпунктирные - контрольное время и как эти времена соотносятся в альтернативных исполнениях. За время прохождения блока расходомер производит множество ультразвуковых измерений, каждое значение среднего расхода (Q_1, Q_2, Q_3 и т.д.) основано на множестве измерений, произведенных за время прохождения блока импульсов. Если блок полностью или большей частью попадает в контрольное время (например, блоки, соответствующие средним значениям расхода Q_2 и Q_3), для расчета

соответствующих средних значений расхода используются все ультразвуковые измерения, произведенные за время прохождения соответствующего блока. Если блоки перекрывают контрольное время в конце контрольного периода времени, то для расчета среднего значения расхода используется лишь часть ультразвуковых измерений, произведенных за время прохождения блока.

Рассмотрим период прохождения блока, наиболее близкого к началу контрольного периода времени. Время прохождения этого блока частично перекрывает контрольное время. В соответствии с альтернативным исполнением процессор 508 определяет время перекрытия между контрольным временем и временем прохождения блока (напр., используя сигналы от датчиков средства контроля). Затем процессор рассчитывает среднее значение расхода, основываясь на отдельных ультразвуковых измерениях, произведенных за контрольное время, исключая те, которые не вошли в период времени перекрытия. Аналогичные операции производятся и теми блоками, которые перекрывают контрольный период времени в его конце. В данных исполнениях определение измеренного объема за контрольное время рассчитывается по следующей формуле:

$$Vol_{meterproof} = Q_{partial_start}(t_2 - t_{start}) + Q_2(t_3 - t_2) + Q_3(t_4 - t_3) + Q_{partial_stop}(t_{stop} - t_4) \quad (2)$$

где $Q_{partial_start}$ есть среднее значение расхода за время перекрытия блока, перекрывающего контрольный период времени в начале периода, $Q_{partial_stop}$ есть среднее значение расхода за время перекрытия блока, перекрывающего контрольный период времени в конце периода.

На фигуре 13 изображена система, соответствующая альтернативным исполнениям изобретения. В частности, сигналы от датчиков средства контроля напрямую соединены с процессором 508, внешний процессор 800 соединен с датчиками 510 и 512. Также процессор 800 соединен с процессором ультразвукового расходомера 508. В данных исполнениях процессор 508 передает на процессор 800 отдельные ультразвуковые измерения (возможно, вместе со временем произведения измерений) или средние значения расхода, рассчитанные за время прохождения каждого блока. В данных исполнениях процессор 800 определяет, какие из средних значений расхода и/или отдельных ультразвуковых измерений попадают в контрольное время, и рассчитывает показания расходомера, которые затем проверяются, как описано выше.

На фигуре 14 показана реализация способа, соответствующего исполнениям изобретения. В частности, способ предполагает после начала исполнения (блок 1000) определение контрольного времени (блок 1004). Контрольное время определяют как время, за которое поток проходит от входного датчика 510, расположенного перед средством контроля 502 (изображен на фигурах 5 и 9), до выходного датчика 512, расположенного на выходе средства контроля. Ультразвуковые измерения производят за контрольное время (блок 1008). Как описано выше, полученные значения могут быть результатом множества ультразвуковых измерений, произведенных за время прохождения одного или нескольких блоков. На следующем этапе (блок 1012) определяют измеренный объем, протекший за контрольное время, и процесс измерений завершают (блок 1016).

Вычисление измеренного объема за контрольное время (блок 1012) может быть произведено различными способами, соответствующими различным исполнениям изобретения; независимо от способа, вычисление измеренного объема не основано на характеристиках импульсов выходной импульсной последовательности. В частности,

в некоторых исполнениях, при подсчете расхода за контрольное время, исключаются измерения, перекрывающие контрольный период времени. В других исполнениях ультразвуковой расходомер подает на выход одно или несколько значений среднего расхода, каждое из которых соответствует определенному периоду прохождения блока импульсов. Эти значения используются для интерполяции значения расхода в начале и, возможно, конце контрольного периода времени. Таким образом, в данных исполнениях отдельные ультразвуковые измерения, выпадающие из контрольного времени, используются для определения показаний расходомера за контрольное время в силу того, что отдельные ультразвуковые измерения объединяются для получения средних значений расхода, используемых при интерполяции. В некоторых исполнениях изобретения производится линейная интерполяция между средними значениями расхода двух периодов прохождения блока импульсов. В альтернативных исполнениях для интерполяции могут быть использованы три или более средних значений расхода для определения уравнения кривой, проходящей через все точки, соответствующие средним значениям расхода. Из полученного уравнения можно определить частичный расход для тех блоков, которые перекрывают контрольный период времени.

Исполнения, описанные выше, подразумевают определение контрольного времени с помощью датчиков средства контроля. Тем не менее, некоторые исполнения избавлены от произведения подобных измерений. В частности, система 1100 контроля работы контрольного расходомера включает в себя контрольный расходомер 1102. Контрольный расходомер 1102 представляет собой любой подходящий расходомер (напр., турбинный или ультразвуковой расходомер) с известной точностью измерений. Контрольный расходомер 1102 передает значения расхода на компьютер, управляющий потоком/средство контроля 1104. Компьютер 1104 связан с расходомером, работа которого контролируется, в данном случае на фигуре изображен ультразвуковой расходомер 1106. В отличие от исполнений, описанных ранее, вместо определения контрольного времени, компьютер 1104 сам генерирует сигналы, обозначающие начало и окончание контрольного времени. За контрольное время и по его окончании компьютер 1104 собирает информацию от контрольного расходомера 1102. В тех исполнениях, в которых контрольный расходомер 1102 является турбинным, компьютер 1104 получает электрические импульсы, созданные под действием потока через расходомер. В тех исполнениях, в которых контрольный расходомер 1102 является ультразвуковым, компьютер 1104 передает сигналы начала и окончания контрольного времени контрольному расходомеру 1102; контрольный расходомер, на основании этих данных, рассчитывает среднее значение расхода за контрольное время (или объем и измеренное время) по принципам, схожим с описанными ранее.

Компьютер 1104 соединен с ультразвуковым расходомером 1106. В течение контрольного периода времени или по его окончании компьютер 1104 собирает данные с ультразвукового расходомера 1106 и "проверяет" ультразвуковой расходомер 1106, сравнивая показания объема контрольного, расходомера 1102 и ультразвукового расходомера 1106. Компьютер 1104 передает сигналы начала и окончания контрольного времени расходомеру 1106; расходомер 1106 на основании этих данных рассчитывает среднее значение расхода за контрольное время (или объем и измеренное время) по принципам, схожим с описанными ранее.

Другой пример альтернативных исполнений - система весовой проверки расходомера. В весовой системе проверки поток текучей среды течет через

расходомер, а затем в резервуар, связанный с системой измерения веса. В подобных системах начало контрольного времени определяется моментом времени, когда вес в резервуаре достигает нижней заданной границы, сигнал окончания контрольного времени - моментом достижения верхней заданной границы. Сигналы начала и окончания передаются расходомером, расходомер рассчитывает среднее значение расхода за контрольное время (или объем и измеренное время) по принципам, схожим с описанными ранее. Любая система контроля, использующая сигналы начала и окончания, использует принцип описанных выше измерений.

Несмотря на то что выше описаны различные исполнения изобретения, опытным инженером могут быть произведены любые модификации, не противоречащие сути изобретения. Исполнения, описанные в данном документе, не являются единственными возможными. Например, тогда как в данном документе были рассмотрены различные исполнения изобретения, основанные на ультразвуковом расходомере, любая система, производящая множество ультразвуковых измерений для расчета средних значений потока за время прохождения блока импульсов, может использовать описанные выше техники расчета. Кроме того, тогда как в данном документе описаны исполнения, связанные с ультразвуковым расходомером, предполагающие квантование сигнала по времени, в соответствие с альтернативными исполнениями, контрольное время может задавать продолжительность прохождения блока импульсов. Так, например, процессор (как процессор 508 на фигуре 9, или процессор 800 на фигуре 13) использует контрольное время в качестве времени прохождения блока. В подобных исполнениях множество ультразвуковых измерений, произведенных за контрольное время, будет использовано для нахождения среднего значения расхода за контрольное время, а объем определяется как среднее значение расхода, умноженное на контрольное время. Следовательно, область охраны изобретения не ограничена описанными в данном документе исполнениями изобретения, но ограничена последующей формулой изобретения, область охраны которой включает в себя все объекты формулы изобретения.

Формула изобретения

1. Способ измерения суммарного расхода текучей среды, включающий использование средства контроля, посредством которого задают контрольное время, измеряют несколько раз расход текучей среды ультразвуковым расходомером, который электрически соединяют со средством контроля, и получают группу значений расхода текучей среды за период контрольного времени, после чего вычисляют расход за контрольное время на основании полученного расхода за период контрольного времени.

2. Способ по п.1, в котором используют контрольный период времени, в течение которого каждое последующее измерение осуществляют с учетом всех предыдущих значений расхода за контрольное время и определяют измеренный объем текучей среды, основанный на средних значениях расхода за контрольное время и учитывающий продолжительность контрольного периода времени.

3. Способ по п.1, в котором определяют ультразвуковым расходомером начальное среднее значение расхода, определяемое по совокупности отдельных значений расхода за время прохождения начального блока импульсов, который частично перекрывает контрольное время, по контрольному времени и времени прохождения начального блока импульсов определяют продолжительность периода перекрытия, причем для определения объема учитывают только значения расхода за период перекрытия.

4. Способ по п.3, в котором определяют среднее значение расхода за период перекрытия.

5. Способ по п.1, в котором определяют ультразвуковым расходомером начальное среднее значение расхода, основанное на совокупности значений расхода за время прохождения начального блока импульсов, который частично перекрывает контрольное время, и определяют расход за контрольное время с учетом начального среднего значения расхода.

6. Способ по п.5, в котором определяют период перекрытия как разность между контрольным временем и временем прохождения начального блока импульсов, определяют первое интерполяционное значение расхода, причем интерполяцию выполняют с учетом начального среднего значения расхода и продолжительности периода перекрытия, и определяют расход за контрольное время с учетом первого интерполяционного значения расхода.

7. Способ по п.5, в котором определяют период перекрытия как разность между контрольным временем и временем прохождения начального блока импульсов, получают зависимость в виде графика, проходящего через начальную точку, соответствующую начальному среднему значению расхода, и точки, соответствующие последующим средним значениям расхода, получаемым за полное контрольное время или часть его, посредством зависимости определяют расход за период перекрытия, который генерируют в искомый расход текучей среды.

8. Способ по п.1, в котором контрольное время задают посредством входного и выходного датчиков, которыми снабжают средство контроля.

9. Система измерения суммарного расхода текучей среды, включающая средство контроля, выполненное с возможностью задания контрольного времени, ультразвуковой расходомер, содержащий измерительную муфту, установленную в потоке текучей среды, датчики, установленные на измерительной муфте, и процессор ультразвукового расходомера, который электрически соединен со средством контроля и датчиками и выполнен с возможностью определения объема текучей среды, протекшей через ультразвуковой расходомер за контрольное время.

10. Система по п.9, в которой процессор выполнен с возможностью получения за контрольное время совокупности значений расхода и на основании измерений, сделанных за контрольное время, возможности расчета среднего значения расхода за контрольное время.

11. Система по п.9, в которой процессор выполнен с возможностью определения начального среднего значения расхода, основанного на совокупности значений расхода в течение начального периода прохождения блока импульсов, частично перекрывающего контрольное время, и возможностью расчета объема текучей среды, протекшей через ультразвуковой расходомер, основываясь на начальном среднем значении расхода.

12. Система по п.11, в которой процессор выполнен с возможностью до начала расчета объема протекшей текучей среды определения периода перекрытия между временем прохождения начального блока импульсов и контрольным временем и использования интерполяции для определения первого интерполяционного значения расхода, основанного на среднем значении расхода и периоде перекрытия, и на основе первого интерполяционного значения расхода определения объема текучей среды, протекшей через ультразвуковой расходомер.

13. Система по п.10, в которой процессор выполнен с возможностью до начала расчета объема протекшей текучей среды определения периода перекрытия между

временем прохождения начального блока импульсов и контрольным временем и получения зависимости в виде графика, проходящего через начальную точку, соответствующую начальному среднему значению расхода, и точки, соответствующие последующим средним значениям расхода, получаемым за полное контрольное время или часть его, и использования полученной зависимости для определения расхода за период перекрытия и расчета расхода в расходомере на основе полученного расхода за период перекрытия.

14. Система по п.9, в которой процессор выполнен с возможностью определения совокупности отдельных значений расхода за период прохождения начального блока импульсов, частично перекрывающего контрольное время, и периода перекрытия между временем прохождения начального блока импульсов и контрольным временем, и выполнен с возможностью исключения отдельных значений расхода, не попавших в период перекрытия, из итогового определения расхода.

15. Система по п.9, в которой средство контроля выполнено в виде измерительной муфты, установленной в потоке текучей среды, и содержит входной датчик, связанный с потоком текучей среды, выходной датчик, расположенный ниже по потоку от входного и связанный с потоком текучей среды, и контрольный элемент, установленный с возможностью перемещения в потоке между входным и выходным датчиками, причем время прохождения от входного до выходного датчика является контрольным временем.

16. Система по п.9, в которой процессор выполнен с возможностью до начала расчета объема протекшей текучей среды определения периода перекрытия между первым и вторым периодами времени и определения на основе методов интерполяции первого интерполяционного значения расхода, основанного на среднем значении расхода и периоде перекрытия, и с возможностью определения значения расхода на основании первого интерполяционного значения расхода.

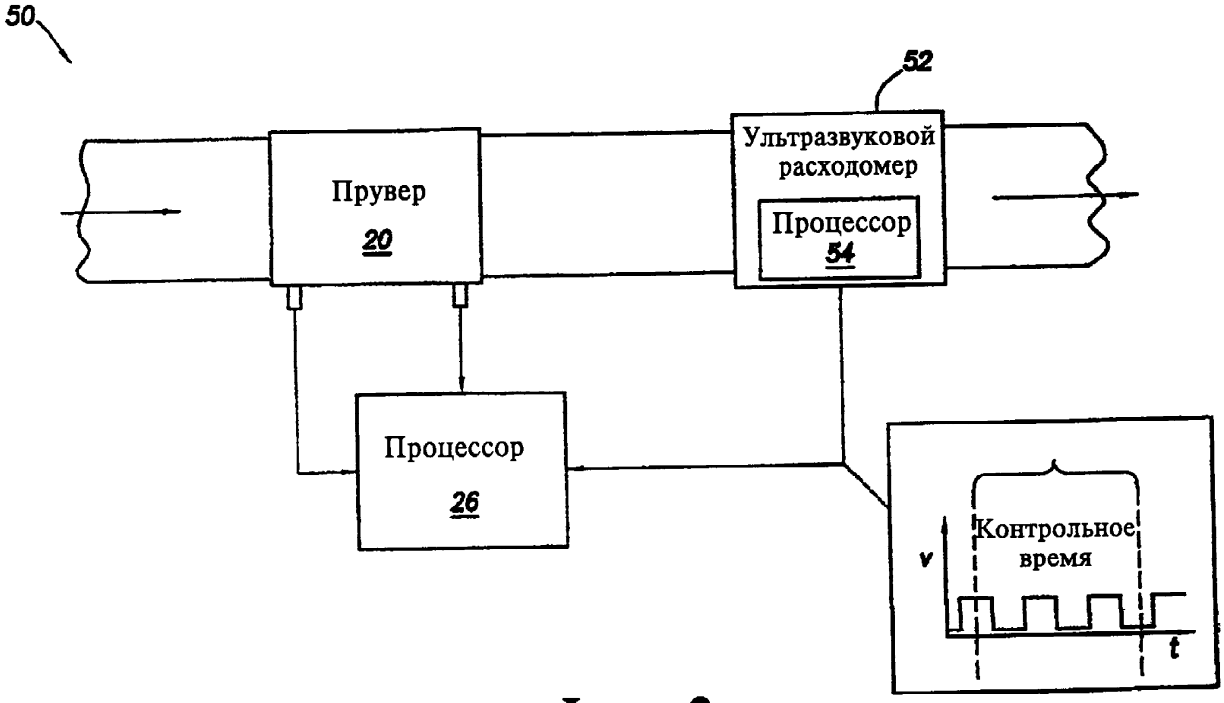
17. Ультразвуковой расходомер, включающий средство контроля, измерительную муфту, установленную на потоке текучей среды, группу ультразвуковых датчиков, установленных на измерительной муфте с возможностью передачи ультразвуковых сигналов в поток текучей среды внутри измерительной муфты, процессор, электрически соединенный с датчиками и средством контроля и выполненный с возможностью приема от средства контроля сигналов, указывающих на начальный период времени, и определения объема текучей среды, протекшей через ультразвуковой расходомер за начальный период времени.

18. Расходомер по п.17, в котором процессор выполнен с возможностью осуществления расчета начального среднего значения расхода, основанного на совокупности значений расхода в течение второго периода прохождения блока импульсов, частично перекрывающего первый период, и объема текучей среды, протекшей через расходомер, на основании начального среднего значения расхода.

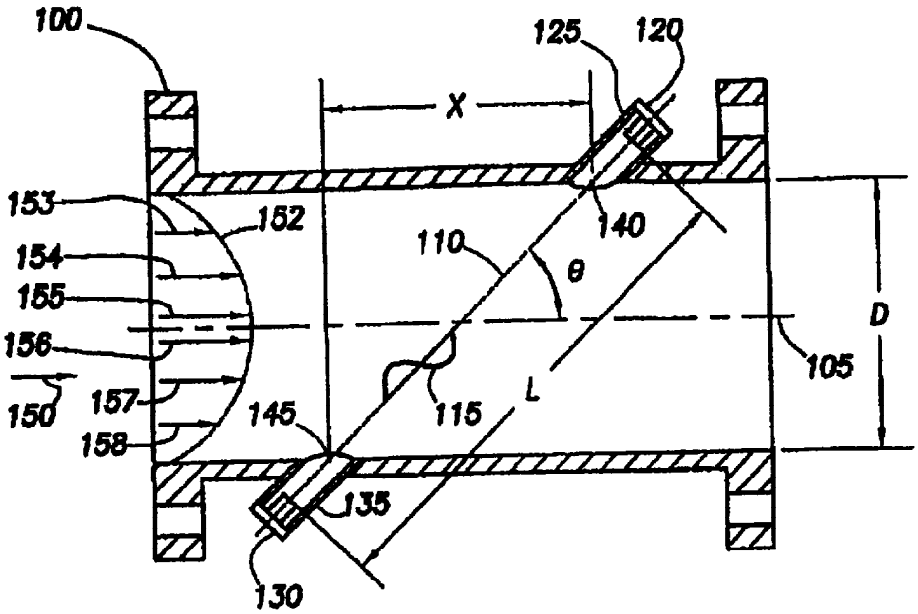
19. Расходомер по п.17, в котором процессор выполнен с возможностью до начала расчета объема протекшей текучей среды определения периода перекрытия между первым и вторым периодами времени, на основе методов интерполяции определения первого интерполяционного значения расхода на основании среднего значения расхода и периода перекрытия и получения зависимости в виде графика, проходящего через начальную точку, соответствующую начальному среднему значению расхода, и точки, соответствующие последующим средним значениям расхода, получаемым за первый период времени или часть его, и использования полученной зависимости для определения расхода за период перекрытия и расчета расхода в ультразвуковом

расходомере на основе полученного расхода за период перекрытия.

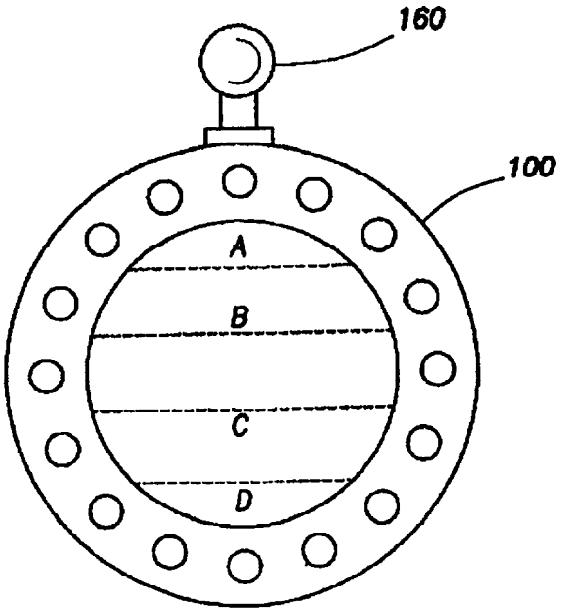
20. Расходомер по п.17, в котором процессор, выполнен с возможностью определения значений расхода за второй период времени, частично перекрывающий первый период, и определения периода перекрытия, соответствующего перекрытию между первым и вторым периодами времени, и с возможностью учета для окончательного определения объема только тех значений расхода, которые попали в период перекрытия.


50
52
Ультразвуковой расходомер
Процессор
54
Прувер
20
Процессор
26
Контрольное время
v
t

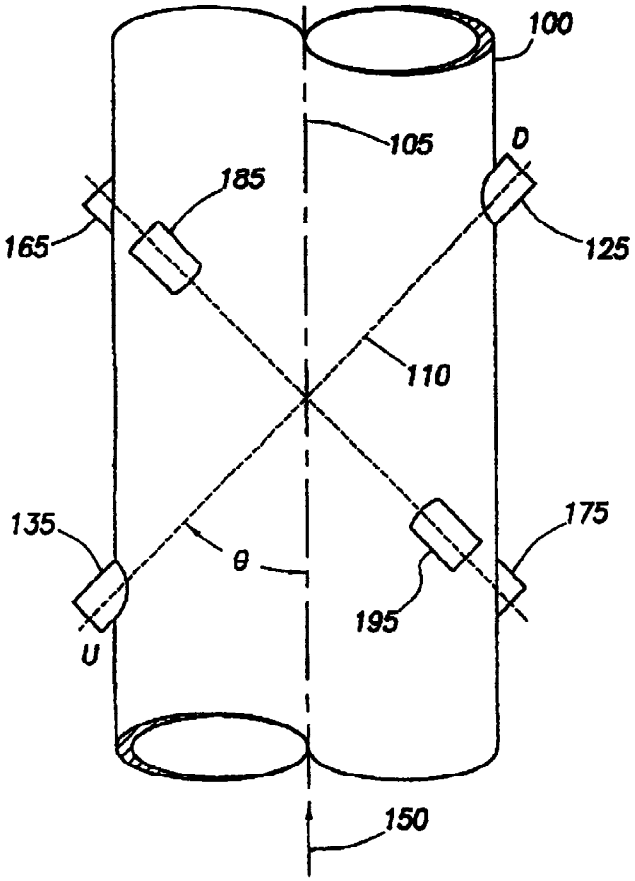
Фиг. 2


100
125
120
X
153
152
140
154
110
θ
155
D
156
105
150
157
145
115
L
158
135
130

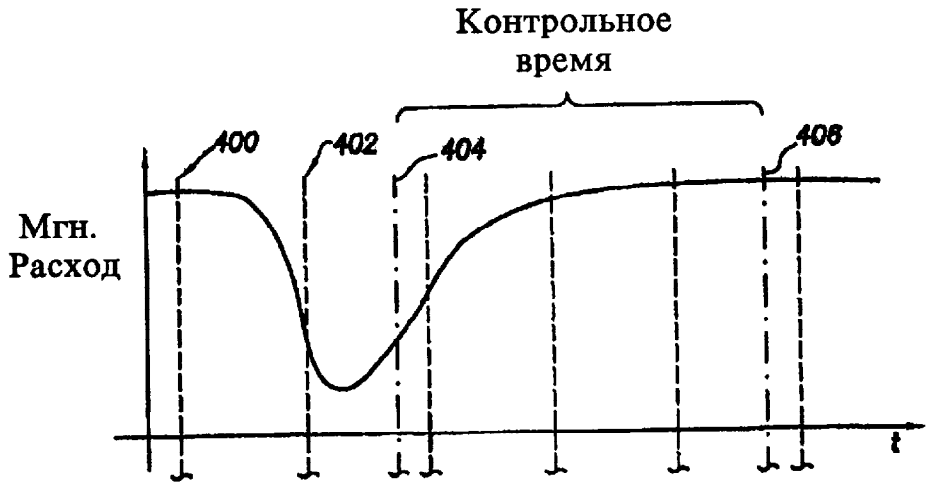
Фиг. 3



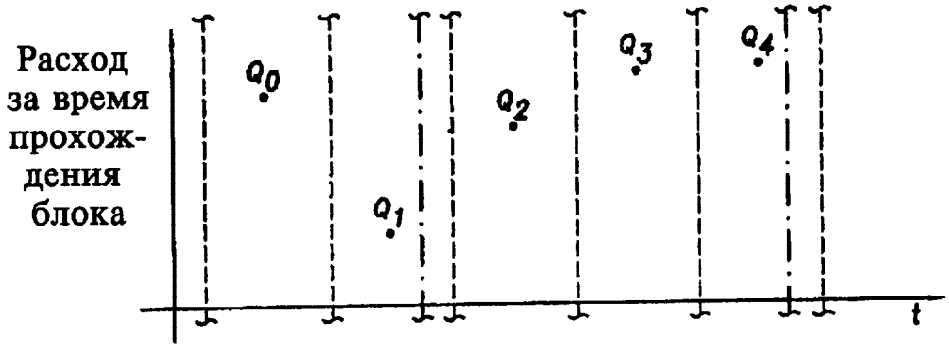
Фиг. 4



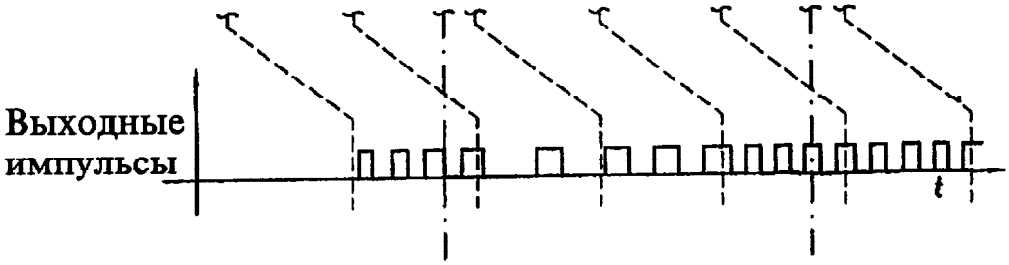
Фиг. 5



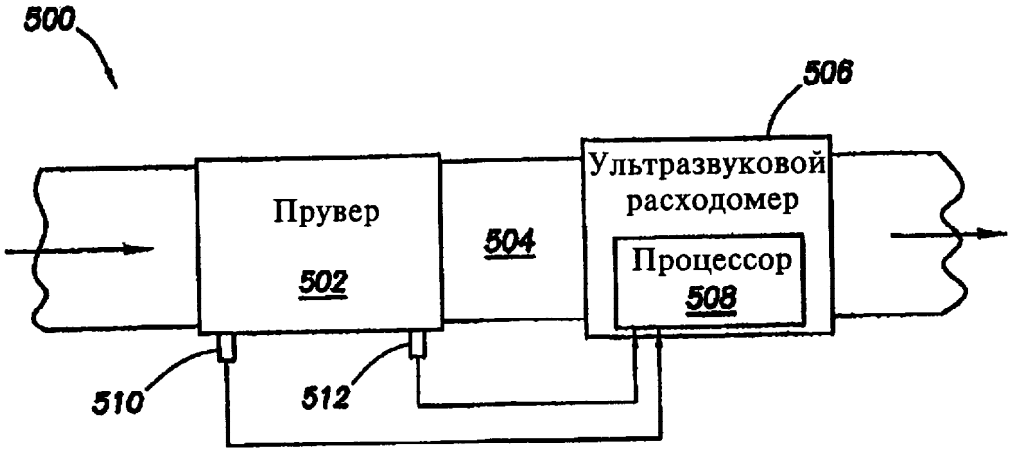
Фиг. 6



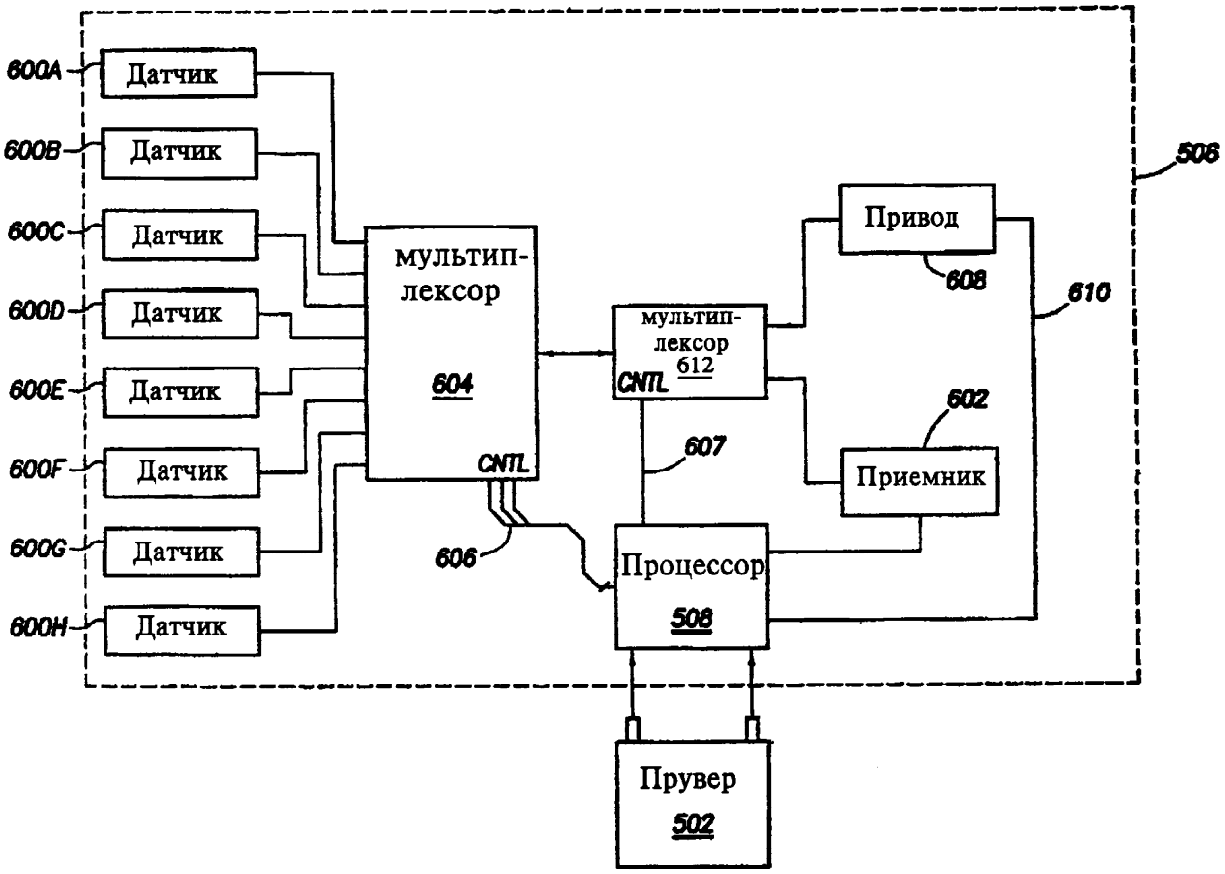
Фиг. 7



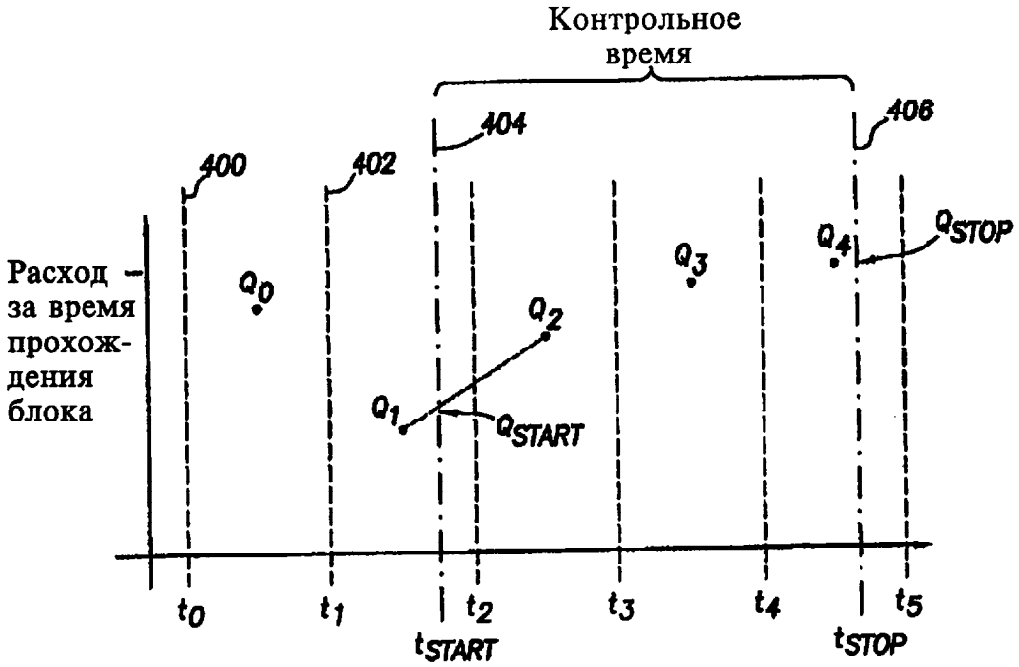
Фиг. 8



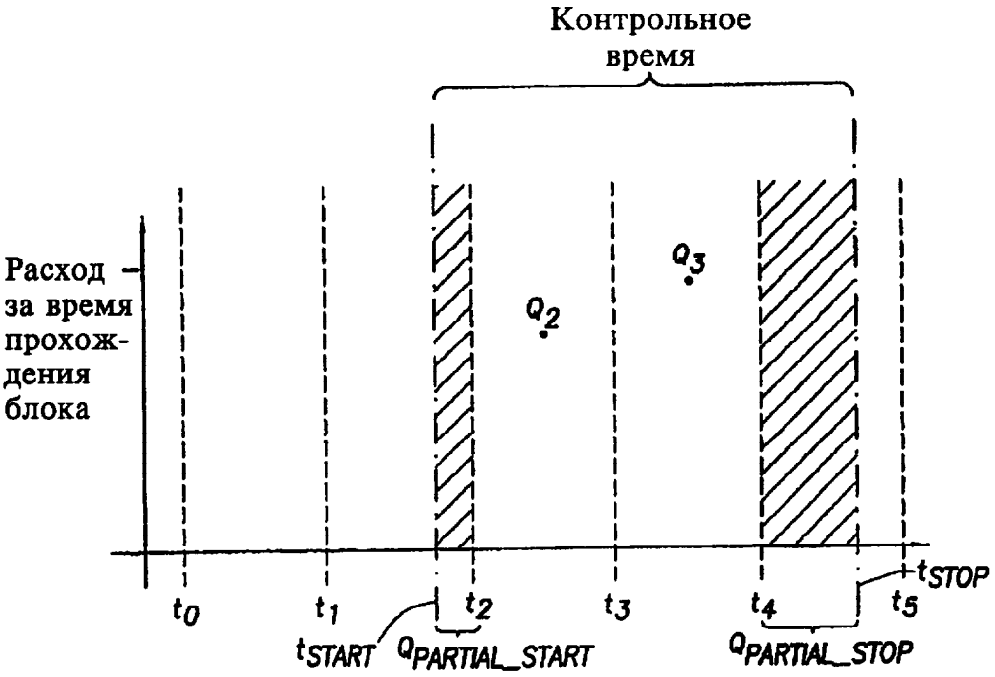
Фиг. 9


600A
600B
600C
600D
600E
600F
600G
600H
Датчик
Датчик
Датчик
Датчик
Датчик
Датчик
Датчик
Датчик
мультип-
лексор
604
CNTL
606
мультип-
лексор
612
CNTL
607
Привод
608
610
602
Приемник
Процессор
508
506
Прувер
502

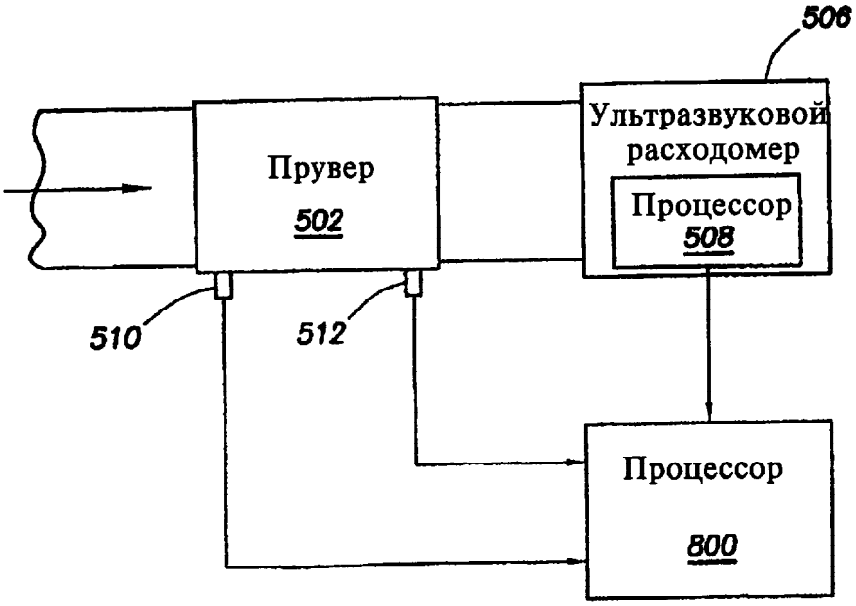
Фиг. 10


Контрольное
время
404
406
400
402
Расход –
за время
прохож-
дения
блока
Q_0
Q_1
Q_2
Q_3
Q_4
Q_{START}
Q_{STOP}
t_0
t_1
t_2
t_3
t_4
t_5
t_{START}
t_{STOP}

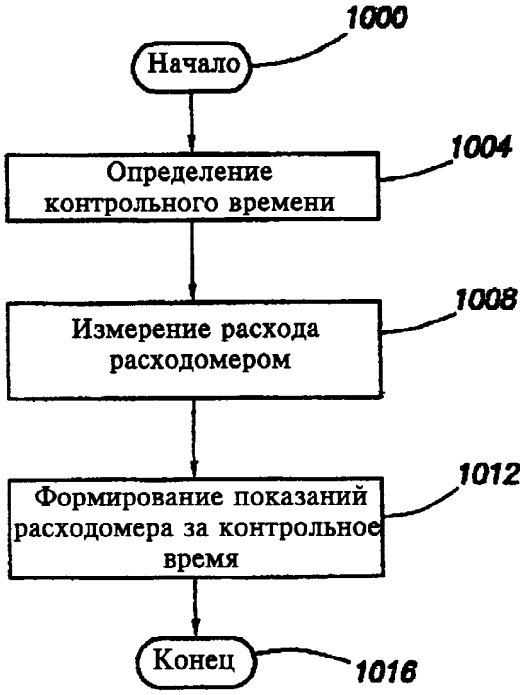
Фиг. 11


Контрольное время
Расход за время прохождения блока
Q_2
Q_3
t_0
t_1
t_2
t_3
t_4
t_5
t_{START}
t_{STOP}
$Q_{PARTIAL_START}$
$Q_{PARTIAL_STOP}$

Фиг. 12


506
Ультразвуковой расходомер
Процессор
508
Прувер
502
510
512
Процессор
800

Фиг. 13


1000
Начало
1004
Определение контрольного времени
1008
Измерение расхода расходомером
1012
Формирование показаний расходомера за контрольное время
Конец
1016

Фиг. 14