



ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (КЫРГЫЗПАТЕНТ)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Кыргызской Республики

(21) 960429.1

(22) 27.06.1996

(31) 07/728, 546

(32) 11.07.1991

(33) US

(86) PCT 92/05584 US (02.07.1992)

(46) 30.06.1999, Бюл. №2, 1999

(71)(73) Микро Моушн, Инк. (US)

(72) Майкл Дж. Золок (US)

(56) Патент US 4491025, кл. G01F 1/84, 1985

(54) **Прибор Кориолиса (варианты) и способ для измерения удельного расхода технологической жидкости, проходящей через него, схема и способ для измерения первого и второго выходных сигналов с ее использованием**

(57) Устройство и способы для использования в измерительном приборе Кориолиса практически полностью устраняют возникающие в результате колебания температуры погрешности измерений, которые в противном случае могут образовываться различиями в рабочей характеристике между индивидуальными входными каналами, которые используются в этом измерительном приборе. В данном случае в этом измерительном приборе используются две пары входных каналов. В процессе использования этот прибор будет повторно измерять внутреннюю фазовую задержку каждой канальной пары, а затем вычитать связанную с каждой канальной парой задержку из основанных на фактическом потоке жидкости результатов измерения. В то время, как одна канальная пара измеряет фактический поток жидкости, другая канальная пара будет измерять свою внутреннюю фазовую задержку, при этом канальные пары будут постоянно чередовать свои функции, образуя соответствующий циклический режим работы. Поскольку обе канальные пары работают в циклическом режиме с довольно высокой скоростью, то текущее значение внутренне фазовой задержки для каждой канальной пары будет довольно точно отражать любые вызываемые колебанием температуры изменения, которые затем могут происходить в рабочей характеристике канальной пары, благодаря чему практически полностью устраняются все вызываемые колебаниями температуры компоненты ошибки из результатов измерения потока, которые выдает эта канальная пара. 4 н. и 37 з.п. ф-лы, 18 ил.

Изобретение относится к устройствам и способам практически полного устранения вызываемых температурой погрешностей измерения с помощью измерительного прибора Кориолиса для измерения удельного массового расхода жидких сред; в противном случае упомянутые погрешности обычно возникают в результате различий в рабочей характеристике между двумя индивидуальными входными каналами, используемыми в измерительном приборе.

В настоящее время измерительные приборы Кориолиса находят все большее практическое применение в самых различных практических областях в качестве точного средства измерения удельного массового расхода различных технологических жидкостей.

В общем измерительный прибор Кориолиса для измерения удельного массового расхода жидкости, например, тот, который описан в патенте US №4491025 (выдан на имя Дж.Е. Смита и др. 1 января 1985 и принадлежащего правоприемнику настоящей заявки; этот патент ниже будем называть просто патент Смита '025), содержит одну или две параллельные трубы, каждая из которых выполнена в виде U-образной трубы Вентури.

Как указано в патенте Смита '025, каждая трубка Вентури приводится в движение с целью возбуждения колебаний вокруг оси с последующим образованием врачающейся системы отсчета. Для U-образной трубы Вентури эту ось можно называть изгибающейся осью. По мере прохождения технологической жидкости через каждую колебающуюся трубку Вентури движение этой жидкости будет образовывать реактивные силы Кориолиса, которые будут перпендикулярны как к скорости жидкости, так и к угловой скорости самой трубы.

Эти реактивные силы Кориолиса, хотя они и будут очень небольшими по сравнению с силой, при которой приводятся в действие трубы Вентури, однако их все же будет достаточно для того, чтобы заставить каждую трубку Вентури скручиваться вокруг оси кручения, чтобы U-образная трубка Вентури располагалась перпендикулярно по отношению к своей изгибающейся оси.

Степень кручения каждой трубы Вентури непосредственно связана с удельным массовым расходом протекающей по ней технологической жидкости.

Довольно часто это кручение измеряют с помощью сигналов скорости, получаемых от электромагнитных датчиков скорости, которые установлены на одной или двух трубках Вентури с целью образования полного профиля скорости движения каждой трубы Вентури по отношению либо к другой трубке Вентури, либо к фиксированной точке отсчета.

В измерительных приборах Кориолиса с двумя трубками обе трубы Вентури приводятся в действие противоположным образом, чтобы каждая трубка Вентури колебалась (вибрировала) в качестве индивидуальной стороны камертона. Срабатывание этого "камертона" будет практически полностью устранять все нежелательные вибрации, которые в противном случае могут маскировать силу Кориолиса.

В таком измерительном приборе Кориолиса удельный массовый расход проходящей через прибор жидкости обычно будет пропорционален временному интервалу (так называемое значение " Δt "), который охватывает период от момента, когда одна расположенная на боковой ножке трубы Вентури точка пересекает заданное месторасположение, например, соответствующую среднюю плоскость колебания, и до момента, когда расположенная на противоположной боковой ножке этой же трубы Вентури соответствующая точка пересекает свое соответствующее месторасположение, например, свою соответствующую среднюю плоскость колебания.

Для приборов Кориолиса для измерения удельного массового расхода жидкости с двумя параллельными трубками Вентури упомянуть временной интервал обычно равен разности фазы между сигналами скорости, посыпаемыми в обе трубы Вентури на основной (резонансной) частоте, на которой функционируют трубы Вентури.

Кроме того, резонансная частота, на которой происходит колебание каждой трубы Вентури, зависит от общей массы данной трубы, т. е. от массы самой трубы, когда она будет пустой, плюс масса протекающей по трубке жидкости.

Поскольку общая масса изменяется в зависимости от изменения плотности протекающей по трубке жидкости, то скорее всего, что и резонансная частота будет изменяться по мере любого изменения в плотности жидкости, а следовательно, это изменение резонансной частоты можно будет использовать для отслеживания любых изменений в плотности жидкости.

В течение какого-то периода времени специалисты в данной области полагали, что оба сигнала скорости обрабатываются, по меньшей мере, с помощью какой-то аналоговой схемы с целью последующего генерирования выходных сигналов, которые будут пропорциональны удельному массовому расходу технологической жидкости.

В частности, связанный с каждым датчиком скорости выходной сигнал обычно подается через аналоговую схему, например, через интегратор, а затем через детектор переходов через нулевой уровень (компаратор); аналоговая схема расположена внутри соответствующего индивидуального входного канала.

По данной проблеме отсылаем к патентам US №4879911 (выдан 14 ноября 1989 г. на имя М.Дж. Золока), 4872351 (выдан 10 октября 1989 г. на имя Дж.Р. Руеша), 4843890 (выдан 4 июля 1989 г. на имя А.Л. Самсона и др.) и 4422338 (выдан 27 декабря 1983 г. на имя Дж.Е. Смита), причем все упомянутые патенты принадлежат правоприемнику настоящей заявки.

Хотя описанные в упомянутых патентах различные способы и средства обеспечивают достаточно точные результаты измерений в самых различных областях, однако раскрытие здесь измерительные приборы так же, как и уже известные измерительные приборы Кориолиса, имеют один общий недостаток, который усложняет проблему их практического использования.

В частности, приборы для измерения удельного массового расхода жидкости Кориолиса осуществляют свою функцию посредством обнаружения очень небольшой межканальной разности фаз среди сигналов, которые генерируют датчики скорости, например, значение Δt , и преобразования этой разности в сигнал, который будет пропорционален удельному массовому расходу жидкости. Хотя на первый взгляд значение Δt получают на основе результатов измерения разности фаз, однако это значение фактически является также и результатом измерения фазы.

За счет использования результатов измерения фаз можно относительно легко и просто измерить с высокой степенью точности любой разности фазы, появляющейся между сигналами датчика скорости.

В выпускаемых в настоящее время измерительных приборах Кориолиса по патенту правообладателя настоящей заявки упомянутая разность стремится быть равной примерно 130 мл/сек при максимальном расходе жидкости. Каждый входной канал в измерительном приборе Кориолиса сообщает своему входному сигналу какую-то межканальную фазовую задержку.

Хотя количественное выражение подобной задержки обычно будет очень незначительное, однако довольно часто оно будет значительным и иметь значение, особенно при сравнении с небольшой межканальной фазовой задержкой, например, в 130 л/сек или меньше, и такая задержка будет обнаруживаться.

Выпускаемые в настоящее время измерительные приборы Кориолиса основываются на допущении, что каждый входной канал придает своему соответствующему сигналу скорости какую-то определенную и фиксированную степень фазовой задержки. Следовательно, эти измерительные приборы Кориолиса обычно полагаются на первое измерение, т. е. на условие потока истинного нуля, которое имеет место в процессе калибровки измерительного прибора, либо межканальной фазовой разности (Δt), либо указанного удельного массового расхода.

Следовательно, хотя эти приборы измеряют фактический расход жидкости, однако затем они же будут вычитать (каким-то образом) полученное в результате измерения значение из измеренной разности Δt или из значения удельного массового расхода, чтобы выдать абсолютно точное значение удельного массового расхода проходящей через прибор технологической жидкости.

К сожалению, практика доказала, что подобное допущение не является верным. Прежде всего, следует указать на то, что довольно часто каждый входной канал выдает различную степень внутренней фазовой задержки по отношению к другому каналу; кроме того, образуемая каждым входным каналом фазовая задержка зависит от температуры, при этом фазовая задержка дифференцированно изменяется от одного канала к другому в зависимости от соответствующих изменений температуры.

Подобное изменение температуры является главной причиной появления вызываемой температурой межканальной фазовой разности. Поскольку измеренная фазовая разность (Δt), которая является прямым следствием прохождения потока жидкости через приборы, будет относительно небольшой, однако в определенных ситуациях погрешность в измеренной фазовой разности между сигналами скорости, которую можно приписать обусловленной температурой межканальной фазовой разности, может оказаться довольно значительной.

Подобная погрешность обычно не учитывается в выпускаемых в настоящее время измерительных приборах Кориолиса для измерения удельного массового расхода жидкости. В каких-то конкретных ситуациях подобная погрешность может привести к появлению довольно большой и зависимой от температуры погрешности в результатах измерения удельного массового расхода жидкости, что в конечном итоге приводит к неправильному измерению расхода жидкости.

Одно из известных решений этой проблемы заключается в образовании специального кожуха вокруг используемых в измерительном приборе Кориолиса трубок и вокруг электронного блока этого прибора; с помощью этого кожуха в приборе будет поддерживаться заданная температура.

В случае использования именно этого технического решения проблемы, целью которого является предохранение прибора от воздействия на него колебаний внешней температуры и поддержание внутри прибора относительно постоянной температуры, мы сталкиваемся с резким уве-

личением расходов по установке прибора, причем в данном случае ограничивается также диапазон его практического использования.

Следовательно, в тех случаях, когда проблема расходов имеет первостепенное значение, практически исключается возможность использования этого измерительного прибора. В тех случаях, когда измерительный прибор предполагается установить в помещении, и он не будет испытывать отрицательное влияние изменения температуры в широких пределах, происходящая из-за вызываемой колебаниями температуры междуканальной фазовой разности погрешность измерения, которая вообще-то не исключается, будет стремиться оставаться очень незначительной и относительно постоянной.

Пользователь к такой погрешности обычно относится снисходительно. К сожалению, в других ситуациях, когда прибор не заключен в регулирующий температурный режим кожух, например, при его использовании на открытом воздухе, где он подвергается воздействию широких колебаний температуры, упомянутая погрешность может оказаться довольно значительной, и она может изменяться от измерения к измерению, а поэтому эту погрешность необходимо будет учитывать.

Помимо погрешностей, непосредственно связанных с обуславливающими изменениями температуры междуканальными фазовыми разностями, многие выпускаемые в настоящее время приборы Кориолиса для измерения удельного массового расхода жидкости часто имеют дополнительный источник связанных с колебанием температуры погрешностей измерения.

В частности, с помощью приборов Кориолиса обычно измеряют температуру трубы Вентури, и вследствие изменений эластичности трубы Вентури в зависимости от изменения температуры соответствующим образом изменяется значение коэффициента измерительного прибора, основанное на текущей температуре трубы. После этого измененный таким образом коэффициент измерительного прибора используют для пропорционального связывания значения междуканальной фазовой разности (Δt) с удельным расходом.

Температуру трубы Вентури измеряют посредством преобразования в цифровую форму выходного сигнала от соответствующего аналогового датчика температуры, например, от устойчивого к температурным колебаниям устройства (RID) из платины, который обычно устанавливают на внешней поверхности трубы Вентури. Преобразованный в цифровую форму выходной сигнал обычно принимает форму сигнала частоты, который довольно часто генерирует преобразователь напряжение - частота (V/F) и который подсчитывается на протяжении какого-то конкретного интервала синхронизации, чтобы выдать затем аккумулированное цифровое значение, которое будет пропорционально температуре трубы Вентури.

К сожалению, на практике преобразователи V/F обычно демонстрируют какой-то температурный дрейф, который на основе величины изменения окружающей температуры может привести к возникновению погрешности, которая иногда достигает нескольких градусов, в результатах измерения температуры трубы Вентури. Подобная ошибка неизбежно оказывается на погрешности при измерении удельного массового расхода жидкости.

В патенте US №4817448 (выдан 4 апреля 1989 г. на имя Дж.В. Харгардена и др., который также принадлежит правопреемнику настоящей заявки) описывается ранее предложенное решение, которое имеет непосредственное отношение к зависимым от температуры вариациям в рабочей характеристике входных каналов измерительных приборов Кориолиса.

В упомянутом патенте раскрывается двухканальная переключающая входная схема для использования в измерительных приборах Кориолиса. В частности, эта схема содержит двухполюсной, двухпозиционный переключатель полевого транзистора, расположенный между выходами датчиков скорости и входами в оба канала.

В одной своей позиции переключатель полевого транзистора (PET) обеспечивает соединение выходов левого и правого датчиков скорости с соответствующими входами левого и правого каналов соответственно; при нахождении переключателя в противоположной позиции, упомянутые соединения меняются на обратное. Переключатель меняет свою позицию при каждом последовательном цикле движения трубы Вентури.

Следовательно, выходной сигнал от каждого датчика скорости будет поочередно подаваться в оба канала в определенной последовательности. На протяжении интервала из двух циклов происходят соответствующие измерения временных интервалов по отношению к сигналу скорости, который или которые подаются в оба канала, с последующим их усреднением с целью выдачи одного значения временного интервала, из которого уже были удалены погрешности, которые можно приписать каждому индивидуальному каналу.

Затем это конечное значение временного интервала используют для определения удельного массового расхода жидкости, проходящей через измерительный прибор.

Хотя предложенное решение фактически почти полностью устраниет вызываемые изменением температуры междуканальные фазовые разности, однако этому решению присущ недостаток, который несколько ограничивает его диапазон использования. В частности, упомянутые в патенте '448, выданном Харгартену и др., входные схемы измерительного прибора не включают в себя интеграторы.

Из-за отсутствия этапа фильтрования низких частот, который выполняют интеграторы, упомянутые входные схемы будут восприимчивы к помехам. К сожалению, описанная в этом патенте схема переключения не предусматривает установку интеграторов в переключающей части входной схемы, а, следовательно, для обеспечения соответствующей защиты от помех необходимо установить за переключателем полевого транзистора соответствующий интегратор. К сожалению, в данном случае довольно трудно будет компенсировать, если это вообще будет возможно, присущую интегратору задержку по фазе.

Поскольку интегратор имеет тенденцию образовывать исключительно большой источник задержки по фазе во входной схеме, то включение такого интегратора будет добавлять какой-то ошибочный компонент, например, нескомпенсированную задержку по фазе в уже измеренные значения Δt .

Более того, эта задержка по фазе будет также изменяться по мере изменения температуры. Следовательно, полученные значения измеренного удельного массового расхода жидкости будет содержать какой-то компонент погрешности. Следовательно, становится очевидным, что предложенное по патенту '448 решение ограничивается теми случаями и ситуациями, которые относительно свободны от помех.

Следовательно, все еще существует необходимость в создании такого измерительного прибора Кориолиса, который будет гарантировать выдачу точных значений относительно удельного массового расхода жидкости, причем эти значения будут по существу нечувствительны к колебаниям температуры окружающей среды, а сам измерительный прибор будет обладать соответствующим иммунитетом против возможных помех, связанных с отрицательным влиянием колебаний температуры.

Такой измерительный прибор должен будет обладать минимальным (если таковые вообще будут) связанными с колебаниями температуры погрешностями измерения на протяжении относительно широких диапазонов колебания температуры внешней среды, а, следовательно, станет возможным использовать измерительный прибор для выдачи исключительно точных результатов измерения удельного массового расхода жидкости в самых различных областях практического использования приборов к практически без необходимости заключать приборы в кожух или корпуса с регулируемым температурным режимом.

Более высокая степень точности измерений и экономические соображения (отпадает необходимость в сооружении специальных кожухов или корпусов) значительно расширяет диапазон практического применения такого измерительного прибора.

Задачей изобретения является создание такого измерительного прибора Кориолиса, который гарантирует выдачу точных результатов измерения, которые не будут зависеть от колебаний температуры окружающей среды и измеренные значения потока и массового расхода жидкости которого не содержат какой-либо значительной погрешности, или вообще не содержат никаких погрешностей, которые в противном случае являются результатом появления во входных каналах переключающих переходных состояний.

Это достигается за счет осуществления циклического срабатывания каждого канала прибора, в частности, за счет использования относительно короткого периода между:

- а) измерением внутренней фазовой задержки этого канала, и
- б) измерением потока жидкости, основанным на значениях Δt .

Затем исходное значение или значения корректируют обычно путем вычитания из них измеренного значения фазовой задержки, чтобы выдать скорректированное значение Δt . После этого с помощью скорректированного, а не исходного значения или значений Δt (что типично для известного уровня техники) определяем правильное значение Δt , удельного массового расхода жидкости.

Следует обратить внимание на то, что два одинаковых входных канала (т.е. левый и правый каналы), которые обычно используют в измерительных приборах Кориолиса известного

уровня техники, по изобретению заменяют двумя парами входных каналов (т.е. парами А-С и В-С), что дает возможность измерить текущую внутреннюю фазовую задержку, демонстрируемую каждой парой каналов.

Каждая из пар каналов используется так, чтобы образовать цикл между измерением своей собственной внутренней фазовой задержки, т.е. режим “установки на нуль”, и измерением значений Δt для фактических условий потока жидкости, т.е. режим “измерения”.

При довольно короткой продолжительности цикла значение задержки фазы электротока будет точно отражать любые вызываемые колебанием температуры изменения, происходящие в рабочей характеристике каждой канальной пары. После получения точного значения задержки фазы электротока это значение будет использоваться для корректировки значений Δt на основе расхода жидкости, которые получают с помощью пары каналов в следующем режиме измерения этой пары.

Поскольку выдаваемые каждой канальной парой результаты основанного на расходе жидкости измерения Δt будут корректироваться с учетом связанной с этой конкретной канальной парой задержки фазы электротока, то эти значения Δt не содержат каких-либо значительных компонентов вызываемой колебанием температуры погрешности, причем это не зависит от температуры окружающей среды и ее колебаний.

Например, созданный в соответствии с изобретением измерительный прибор Кориолиса можно будет успешно использовать в окружающей среде с широким колебанием температурного режима и по существу без какого-либо отрицательного влияния на точность измерения со стороны колебаний температуры.

По предпочтительному варианту изобретения обладающая всеми признаками новизны схема измерения расхода жидкости использует три индивидуальных идентичных входных канала (т. е. каналы А, В и С), посредством которых и происходит последовательное и чередующееся взятие результатов измерения междуканальной фазовой разности от каждой из двух пар каналов, т. е. от пар А-С и В-С этих трех каналов.

Канал С выступает в качестве эталонного канала и в него непрерывно подается один из двух сигналов датчика скорости, а также специально для целей предпочтительного варианта изобретения сигнал левого датчика скорости в качестве его входного сигнала. Ввод в каналы А и В представлен входными сигналами левого или правого датчика скорости.

Хотя как нулевой режим, так и режим измерения включают измерение междуканальной разности фаз в какой-то паре каналов, однако главное различие между ними заключается в том, что при нулевом режиме один и тот же сигнал датчика скорости подается в оба канала какой-то определенной пары, чтобы результирующее измерение междуканальной фазовой разности выдавало конечный результат измерения внутренней фазовой задержки для этой пары каналов; в режиме измерения сигналы левого и правого датчиков скорости подаются в соответствующие различные каналы конкретной пары, чтобы выдать результат (пусть и не скорректированный) основанного на текущем потоке жидкости значения Δt для последующего его использования при определении текущих значений удельного массового расхода жидкости.

Хотя в течение выполнения обоих режимов отбираются результаты измерения междуканальной фазовой разности (Δt), однако для упрощения объектов изобретения и чтобы избежать возможных недоразумений автор изобретения проводит четкое различие между этими значениями.

Ниже заявитель будет ссылаться только на те измерения фазы, которые осуществляются в нулевом режиме и результаты которых выступают в качестве измерений междуканальной фазовой разности, и только на те измерения, которые осуществляются в режиме измерения и результаты которых выступают в качестве значений Δt .

Следует особо подчеркнуть, что для любой канальной пары, работающей в нулевом режиме, например, для пары А-С, один и тот же сигнал, например, левого датчика скорости, подается на входы обоих каналов этой пары. Затем в течение так называемого интервала “установки на нуль” последовательно и повторно отбирают результаты измерения междуканальной фазовой разности, причем эти результаты будут усредняться в течение этого же интервала.

В идеальном случае, если оба канала данной пары демонстрируют одну и ту же внутреннюю фазовую задержку, т.е. если задержка по фазе через канал А будет равна задержке по фазе эталонного канала С, тогда все конечные результаты измерения междуканальной фазовой разности будут равны нулю.

Однако в действительности в какой-то один момент все три канала обычно обладают различными внутренними фазовыми задержками. И тем не менее, поскольку фазовая задержка для каждой пары каналов измеряется относительно одного и того же эталонного канала, например, канала С, то любые различия в фазовой задержке между двумя парами каналов обуславливаются различиями в задержке внутренней фазы, происходящей между каналами А и В.

После окончания интервала “установки на нуль” вход в неэталонный канал данной пары переключается на другой сигнал датчика скорости, т.е. на сигнал правого датчика скорости. Затем ждем истечения какого-то конкретного периода времени, включающего в себя так называемый интервал “переключения”, перед моментом начала функционирования канальной пары в режиме “измерения”, в течение которого происходят измерения основанных на расходе жидкости значений Δt . Интервал переключения будет достаточно продолжительным, чтобы дать возможность устояться всем вызванным переключением переходным состояниям.

В тот момент, когда одна пара каналов, например, А-С, работает в своем нулевом режиме, другая пара каналов, например, В-С, работает в своем режиме измерения, чтобы гарантировать непрерывный процесс измерения потока жидкости. Для любой канальной пары будет корректироваться каждое последовательное и основанное на текущем расходе жидкости значение Δt , полученное в течение режима измерения, причем эта корректировка обычно осуществляется посредством вычитания самого последнего значения внутренней фазовой задержки, которая уже была измерена для этой канальной пары в течение предыдущего режима установки на нуль или просто нулевого режима.

Длительность интервала, в течение которого одна канальная пара работает в режиме измерения, т.е. интервал измерения, будет равна всему периоду времени, в течение которого другая пара каналов работает в нулевом режиме. Этот последний период времени включает в себя интервал времени, в течение которого последний канал переключает свой ввод неэталонного канала с сигнала от правого на сигнал от левого датчика скорости с последующим выполнением операции установки на нуль и окончательным переключением ввода своего неэталонного канала с сигнала от левого датчика вновь на сигнал от правого датчика скорости.

После завершения интервала измерения канальные пары просто переключают режимы работы, например, канальная пара В-С первоначально переключает свой ввод неэталонного канала с сигнала от правого на сигнал от левого датчика скорости, а канальная пара А-С начинает измерения основанных на расходе жидкости значений Δt .

После завершения этапа переключения ввода канальная пара В-С выполняет режим установки на нуль с последующим переключением канала в противоположном направлении - хотя канальная пара А-С остается в режиме измерения.

Кроме того, по изобретению устраняются практически все вызываемые колебанием температуры погрешности измерения температуры трубы Вентури, причем это достигается с помощью устойчивого к температурным колебаниям устройства и особенно связано с температурным дрейфом в преобразователе напряжение - частота. В более узком смысле, чтобы устранить все эти погрешности, необходимо будет избирательно и последовательно преобразовать два эталонных напряжения, помимо напряжения устойчивого к температурным колебаниям устройства, с помощью преобразователя напряжение - частота в значениях частоты (на основе соответствующих подсчетов), а затем использовать эти значения частоты для определения линейной зависимости, особенно коэффициента пропорциональности, которая связывает подсчитанное значение частоты с измеренной температурой трубы Вентури.

После этого путем простого умножения подсчитанного значения частоты для напряжения устойчивого к температурным колебаниям устройства на упомянутый коэффициент получаем значение для соответствующей измеренной температуры трубы Вентури.

Поскольку эталонные напряжения по существу не будут изменяться, а если и будут, то в очень незначительной степени, по мере колебания температуры и каждое из этих напряжений будет повторно преобразовываться с помощью преобразователя напряжение - частота с относительно короткой периодичностью, приблизительно через каждые 0.8 секунды, то любой образуемый в результате преобразования напряжение - частота температурный дрейф будет точно отражаться в результирующих или конечных значениях подсчитанной частоты для самих эталонных напряжений.

Так как температурный дрейф в равной степени влияет на подсчитанные значения для обоих эталонных напряжений и напряжения устойчивого к температурным колебаниям

устройства, но не изменяет зависимостей между ними, то коэффициент пропорциональности после его умножения на значение подсчитанной частоты для напряжения устойчивого к температурным колебаниям устройства выдает истинное значение температуры, которое по существу не зависит от любого температурного дрейфа, образуемого преобразователем напряжение - частота.

За счет устранения вызываемых колебаниями температуры погрешностей в измеренной температуре будет соответствующим образом модифицирован коэффициент измерительного прибора, чтобы последний с высокой степенью точности отражал любые изменения в температуре трубы Вентури.

Более того, хотя измерительный прибор и по изобретению определяет текущее значение отметки механического нуля (т.е. нулевого значение смещения потока в измерительном приборе), основанное на количестве измерений Δt без потока, выполненных в течение калибровки измерительного прибора, однако одним из важных признаков предлагаемого измерительного прибора является использование упомянутого значения для последующей корректировки фактических измерений потока только в случае, если содержание помех или искажений в результатах измерения Δt без потока будет достаточно низким, в противном случае упомянутое значение вообще игнорируется.

Количество измерений Δt без потока регулируется одним из трех следующих факторов:

а) всякий раз, когда стандартное отклонение результатов измерения опускается ниже предела сходимости;

б) всякий раз, когда пользователь вручную заканчивает процесс отметки механического нуля или

в) если уже было выполнено заданное максимальное количество таких измерений.

Смысл настоящего изобретения станет более ясным из следующего ниже детального его описания, сопровождающегося ссылками на чертежи, на которых: на фиг. 1 - общая схема измерительной системы Кориолиса для измерения удельного массового расхода; на фиг. 2 - детализированная блок-схема хорошо известного электронного блока, показанного на фиг. 1; на фиг. 3 - показано правильное расположение чертежей на фиг. 3A и 3B; на фиг. 3A и 3B - коллективное воспроизведение блок-схемы высокого уровня предпочтительного варианта схемы измерения потока по изобретению; на фиг. 4 - показано правильное расположение чертежей на фиг. 4A и 4B; на фиг. 4A и 4B - коллективное воспроизведение схемы синхронизации операций, выполняемых канальными парами A-C и B-C в схеме измерения потока, показанной на фиг. 3A и 3B; на фиг. 5 - таблица состояний схемы, которая расположена в пределах схемы измерения потока, показанной на фиг. 3A и 3B; на фиг. 6 - воспроизведение упрощенной блок-схемы основного контура измерения потока, который обслуживает микропроцессор, расположенный в пределах схемы измерения потока, показанной на фиг. 3A и 3B; на фиг. 7 - показано правильное расположение чертежей на фиг. 7A и 7B; на фиг. 7A и 7B - коллективное воспроизведение блок-схемы стандартной программы определения нуля, которая реализуется в виде какой-то части главного контура, показанного на фиг. 6A и 6B; на фиг. 8 - правильное расположение чертежей на фиг. 8A и 8B; на фиг. 8A и 8B - коллективное воспроизведение блок-схемы стандартной программы определения отметки механического нуля, которая реализуется в виде какой-то части стандартной программы определения нуля, показанной на фиг. 7A и 7B; на фиг. 9 - схематическое изображение операций установки на нуль, которые осуществляются для каждого соответствующего диапазона стандартного отклонения, т. е. $\delta\Delta t$, измеренных значений Δt , которые получают в ходе осуществления процесса определения отметки механического нуля; на фиг. 10 - схематическое изображение диапазонов приемлемых и неприемлемых значений отметки механического нуля и на фиг. 11 - блок-схема стандартной программы обработки температуры устойчивого к температурным колебаниям устройства, которая реализуется на периодически прерываемой основе микропроцессором, установленным в обладающей всеми признаками изобретения схеме измерения потока, показанной на фиг. 3A и 3B.

С целью упрощения описания и понятия сути изобретения для обозначения одинаковых для всех чертежей элементов прибора используются идентичные ссылочные позиции.

После прочтения описания изобретения специалистам в данной области будет совершенно ясно, что новые идеи автора изобретения можно использовать в пределах широкого разнообразия схем, которые измеряют многократные входные сигналы с помощью нескольких аналоговых входных каналов.

Измерительный прибор по изобретению рекомендуется использовать в тех ситуациях, когда хотят устраниТЬ большую часть, если не все погрешности, которые в противном случае могут возникать из-за различий в рабочей характеристиКе индивидуальных каналов и которые можно приписать, например, колебаниям температуры, старению и/или другим факторам, которые по разному влияют на расположенную в приборе аналоговую схему.

Вполне понятно, что подобное использование будет включать в себя любой измерительный прибор Кориолиса независимо от объекта измерения, т. е. упомянутый прибор можно использовать для измерения расхода или скорости потока, плотности и прочих параметров технологической жидкости. И, тем не менее, для краткости входная схема по изобретению будет рассматриваться применительно к измерительному прибору Кориолиса с двойной трубкой Вентури, который особенно эффективен при измерении удельного массового расхода и суммарного массового расхода.

На фиг. 1 показана общая схема системы измерения массового расхода Кориолиса.

Эта измерительная система состоит из двух основных компонентов: блока измерительного прибора Кориолиса 1 и электронного блока прибора 2. Блок 1 осуществляет измерение удельного массового расхода желаемой технологической жидкости. Электронный блок 2 прибора, который соединен с блоком прибора 1 через провода 3, обеспечивает выдачу иллюстрированной информации относительно удельного массового расхода и суммированного массового расхода.

Информация об удельном массовом расходе подается по проводам 4 в виде частоты и в виде масштабированного импульса.

Кроме того, информация об удельном массовом расходе выдается также в виде аналогового сигнала в 4-20 мА по проводам 4, чтобы можно было легко и просто передать эту информацию в расположенное ниже оборудование по регулированию процесса и/или по измерению.

Показанный на фиг. 1 блок 1 измерительного прибора Кориолиса включает пару патрубков 5 и 6; трубчатый элемент 7; пару параллельных трубок Вентури 8 и 9; приводной механизм 10; пару датчиков скорости 11 и 12 и пару постоянных электромагнитов 13 и 14.

Трубки Вентури 8 и 9 выполнены по существу U-образной формы, а их концы закреплены в монтажных блоках 15 и 16, которые в свою очередь прикреплены к соответствующим патрубкам 5 и 6. Обе трубки Вентури не имеют никаких чувствительных к давлению соединений.

Боковые ножки трубок Вентури 8 и 9 неподвижно закреплены в монтажных блоках 15 и 16, а эти блоки в свою очередь неподвижно прикреплены к патрубкам 5 и 6, что хорошо видно из фиг. 1; через блок 1 измерительного прибора Кориолиса проходит непрерывная замкнутая траектория потока жидкости.

После подсоединения измерительного прибора 1 через впускной конец 17 и выпускной конец 18 к системе трубопровода (не показана), по которой циркулирует пред назначенная для измерения технологическая жидкость, эта жидкость поступает в прибор через расположено во впусканом конце 17 патрубка 5 отверстие и проходит через расположенный здесь же канал, имеющий постепенно изменяющийся профиль по отношению к монтажному блоку 15 трубки Вентури. Здесь происходит разделение потока жидкости и его направление в сторону трубок Вентури 8 и 9, через которые будет проходить жидкость.

После возбуждения трубок Вентури 8 и 9 технологическая жидкость повторно объединяется в одиночный поток внутри монтажного блока 16, а затем будет направляться к патрубку 6. Внутри патрубка 6 поток жидкости проходит через канал, имеющий такой же постепенно изменяющийся профиль (поперечное сечение), что и патрубок 5 (это показано пунктирными линиями на фиг. 1) по отношению к расположенному на выпускном конце 18 отверстию. На выпускном конце 18 жидкость будет повторно входить в систему трубок.

По трубчатому элементу 7 не будет проходить никакая жидкость. Фактически этот трубчатый элемент выполняет функцию центрирования в аксиальном направлении патрубков 5 и 6 и поддержания между ними соответствующего интервала в заданных пределах, чтобы эти патрубки легко и просто принимали монтажные блоки 15 и 16 и трубка Вентури 8 и 9.

Две U-образные трубки Вентури 8 и 9 устанавливаются в монтажных блоках таким образом, чтобы они имели по существу одинаковые движения инерции и константы пружины вокруг изгибающихся осей W - W и W' - W' соответственно. Эти изгибающиеся оси ориентируются перпендикулярно боковым ножкам U-образных трубок Вентури и располагаются около соответствующих монтажных блоков 15 и 16.

У-образные трубы Вентури простираются наружу от монтажных блоков по существу параллельным образом и имеют практически одинаковые движения инерции и одинаковые константы пружины вокруг своих соответствующих изгибающихся осей. Поскольку константа пружины трубок Вентури изменяется в зависимости от изменения температуры, то устойчивый к температурным колебаниям детектор 19 (в качестве которого обычно выступает устойчивое к температурным колебаниям устройство из платины) устанавливается и крепится на одной из трубок Вентури, в рассматриваемом случае на трубке Вентури 9, чтобы иметь возможность постоянно измерять температуру этой трубы.

Температура самой трубы, а, следовательно и появляющееся через 19 напряжение (для какого-то конкретного проходящего через 19 электротока) будет регулироваться температурой жидкости, проходящей через трубку Вентури. Зависимое от температуры напряжение, появляющееся в 19, используется хорошо известным способом электронным блоком 2 измерительного прибора для соответствующей корректировки значения константы пружины в случае возникновения каких-либо изменений в температуре трубы Вентури. Устройство 19 соединяется с электронным блоком 2 прибора через провода 20.

Обе трубы Вентури приводятся в действие (обычно синусоидальное) в противоположных направлениях вокруг их соответствующих изгибающихся осей и по существу на их общей резонансной частоте. Благодаря этому обе трубы Вентури будут вибрировать одинаковым образом, т. е. точно так же, как это делают стороны камертона.

Механизм возбуждения 10 подает колебательные возбуждающие силы в трубке Вентури 8 и 9. Механизм возбуждения может состоять из любого одного из множества хорошо известных устройств, например, из электромагнита, установленного на трубке Вентури 9, и противоположной катушки, установленной на трубке Вентури 8, через которую будет проходить переменный ток; этот механизм обеспечивает синусоидальное вибрацию обеих трубок Вентури на какой-то общей частоте. Соответствующий сигнал возбуждения подается электронным блоком 2 измерительного прибора через провод 21 непосредственно в механизм возбуждения 10.

При прохождении через обе трубы Вентури потока технологической жидкости, когда сами эти трубы находятся в возбужденном в противоположных направлениях состоянии, вдоль смежных ножек каждой трубы Вентури 8 и 9 будут образовываться силы Кориолиса, но в противоположных направлениях, например, сила Кориолиса, образуемая в боковой ножке 22, будет противоположна силе Кориолиса, образованной в боковой ножке 23.

Это явление происходит только по той простой причине, что технологическая жидкость будет проходить через трубы Вентури в основном в одном и том же параллельном направлении, а векторы угловой скорости для вибрирующих трубок Вентури расположены в противоположных, хотя по существу параллельных направлениях.

В результате действия сил Кориолиса и в течение половины цикла колебания обеих трубок Вентури боковые ножки 22 и 23 будут скручиваться, и приближаться друг к другу на расстояние, которое будет меньше минимального расстояния между этими ножками, образуемого колебательным движением трубок, которое вызывает механизм возбуждения 10.

В течение следующего полуцикла силы Кориолиса будут скручивать боковые ножки 22 и 23, и разводить их на расстояние, которое будет больше максимального расстояния между ножками, образуемого колебательным движением трубок, которое вызывает механизм возбуждения 10.

В процессе колебания трубок Вентури смежные боковые ножки, которые принудительным образом сближаются в большей степени, чем их противоположные боковые ножки, достигают крайней или конечной точки своего движения, в которой скорость их движения пересекает нулевую отметку раньше, чем это делают противоположные ножки.

Промежуток времени (который в данном описании также называют междуканальной фазовой разностью или временной разностью, либо просто значением " Δt "), который продолжается от момента, когда одна пара смежных боковых ножек достигает своей концевой точки движения, и до момента, когда противоположная пара боковых ножек, т.е. ножек, которые принудительно раздвинуты на большее расстояние друг от друга, достигают своей соответствующей конечной точки, будет по существу пропорционален удельному массовому расходу жидкости, протекающей через блок 1 измерительного прибора.

Отсылаем читателя к патенту US №4491025 (выданного 1 января 1985 г. на имя Дж.Е. Смита и др.), в котором подробно раскрывается принцип работы измерительных приборов Кориолиса, что это было упомянуто выше.

Чтобы измерить этот интервал времени - Δt , необходимо будет соединить катушки 11 и 12 с любой одной трубкой Вентури 8 или 9 около их свободных концов, а постоянные электромагниты прикрепить около свободных концов другой трубы Вентури. Электромагниты 13 и 14 необходимо расположить таким образом, чтобы катушки 11 и 12 располагались внутри пространства, которое окружает соответствующие постоянные электромагниты и в котором поля магнитного потока будут по существу одинаковыми.

При подобной конфигурации расположения упомянутых элементов, генерируемые катушками 11 и 12 электрические выходные сигналы образуют профиль скоростей полного движения трубок Вентури; эти выходные сигналы можно обрабатывать любым одним из множества известных способов с целью последующего определения интервала времени и удельного массового расхода проходящей через измерительный прибор жидкости.

В частности, катушки 11 и 12 образуют левый и правый сигналы скорости, которые появляются соответственно в проводах 24 и 25.

Кроме того, катушки 11 и 12 вместе с соответствующими электромагнитами 13 и 14 соответственно образуют левый и правый датчики скоростей. Хотя на первый взгляд Δt получают на основе результатов измерения временной разности, однако Δt фактически является результатом измерения фазы. В данном случае достаточно точным средством измерения проявлений фазовой разности, которые имеют место между сигналами левого и правого датчиков скорости, является использование результатов измерения временной разности.

Как уже упоминали выше, электронный блок 2 измерительного прибора принимает в качестве входного сигнала сигнал от 19 (устойчивое к температурным колебаниям устройство), подаваемый по проводу 20, и сигналы от левого и правого датчиков скорости, подаваемые по проводам 24 и 25 соответственно.

Также выше отмечали, что электронный блок 2 измерительного прибора образует и посылает по проводу 21 сигнал возбуждения. Провода 24, 25, 21 и 20 имеют коллективное название - провода 3. Электронный блок измерительного прибора обрабатывает сигналы левого и правого датчиков скорости и сигнал 19 так, чтобы затем иметь возможность установить удельный массовый расход и суммированную скорость потока жидкости, проходящей через блок 1 прибора.

Выдаваемая электронным блоком информация относительно удельного массового расхода появляется в связанных с этим блоком 2 линиях в пределах вводов-выводов 4 в аналоговой форме силой тока 4-20 мА. Информация об удельном массовом расходе выдается также в виде частоты (обычно с максимальным диапазоном от 0 до 10 Кгц) по соответствующей линии в пределах вводов-выводов 4 для последующего соединения с расположенным ниже оборудованием.

На фиг. 2 показана блок-схема уже известного электронного блока 2 измерительного прибора. В данном случае электронный блок 2 состоит из схемы измерения потока 26, схемы возбуждения трубы Вентури 27 и из дисплея 28.

Схема возбуждения трубы Вентури 27 (см. фиг. 2) образует и подает по проводу 21 соответствующий повторно чередующийся или импульсивный сигнал возбуждения в механизм возбуждения 19. Это схема также синхронизирует сигнал возбуждения относительно сигнала левого датчика скорости, который появляется в проводах 24 и 29.

В процессе функционирования измерительного прибора схема 27 поддерживает обе трубы Вентури в противоположном синусоидальном колебании на основной резонансной частоте. Как известно, регулировка этой частоты осуществляется на основе нескольких факторов, в том числе на основе различных специфических признаков самих трубок и плотности, проходящей через измерительный прибор технологической жидкости.

Поскольку схема 27 хорошо известна всем специалистам в данной области и поскольку специфическая реализация этой схемы не составляет какой-либо части изобретения, то больше не будем останавливаться на ее детальном описании. Тех, кого это интересует, отсылаем к патентам US №5009109 (выданным 23 апреля 1991 г. на имя П. Калотая), 4934196 (выдан на имя И. Романо 19 июня 1990 г.) и 4876879 (выдан на имя Дж. Руеша 31 октября 1989 г.), причем все эти патенты принадлежат правоприемнику настоящей заявки, и в них раскрываются различные варианты схем возбуждения трубок Вентури.

Схема измерения потока 26 обрабатывает сигналы левого и правого датчиков скорости, которые передаются по проводам 24 и 25 соответственно, а также сигнал 19, передаваемый по проводу 20, хорошо известным способом, чтобы затем можно было определить удельный массо-

вый расход и суммированный массовый расход технологической жидкости, проходящей через измерительный прибор 1.

Результирующая информация относительно удельного массового расхода жидкости передается по проводу 30 в виде выходного сигнала с силой тока 4-20 мА с последующим подсоединением этого провода к дополнительному расположенному ниже оборудованию управления технологическим процессом (не показано), а также в виде сигнала масштабированной частоты по проводу 31 с последующим подсоединением этого провода с дистанционным суммирующим устройством (также не показано).

Передаваемые по проводам 31 и 30 сигналы образуют часть сигналов технологического процесса, которые коллективно передаются по проводам 4 (см. фиг. 1). Другие провода (специально не показаны) в пределах проводов 4 обеспечивают передачу суммированной информации о потоке, а также некоторые другие параметры технологического процесса в цифровой форме с последующим выводом этой информации на экран дисплея, телеметрического и/или другого занимающегося обработкой информации оборудования.

Поскольку всем специалистам в данной области хорошо известен способ, с помощью которого схема измерения потока 26 выдает информацию об удельном массовом расходе и о суммированном расходе лишь на раскрытии той части электронного блока схемы, которая имеет непосредственное отношение к настоящему изобретению.

В этой связи следует напомнить, что схема измерения потока 26 содержит два индивидуальных входных канала: левый канал 32 и правый канал 33. Каждый из этих каналов содержит интегратор и два детектора переходов через нулевой уровень. В пределах этих каналов происходит подача сигналов левого и правого датчиков скорости в соответствующие интеграторы 34 и 35, каждый из которых отлично выполняет функцию фильтра пропускания нижних частот.

Результирующие выходные сигналы от этих интеграторов подаются в детекторы переходов через нулевой уровень (фактически компараторы) 36 и 37, каждый из которых вызывает изменения уровня каждый раз, когда соответствующий интегрированный сигнал скорости превышает предел напряжения, установленный небольшим предварительно определенным уровнем положительного и отрицательного напряжения, например $\pm v$.

Выходные сигналы от детекторов переходов через нулевой уровень 36 и 37 подаются в виде сигналов управления в счетчик 38, чтобы можно было измерить интервал синхронизации (на основе подсчетов синхронизирующих импульсов), который имеет место между соответствующими изменениями в этих выходных сигналах.

Подобный интервал представлен хорошо известным значением Δt и он изменяется по мере изменения удельного массового расхода технологической жидкости. Результирующее значение Δt (а число подсчетов) подается параллельно и в виде входных данных в схему обработки информации 39.

Кроме того, устройство 19 соединено с вводом входной схемы 40, которая обеспечивает подачу постоянного тока возбуждения в 19, линеаризирует напряжение, которое появляется в 19 и преобразует это напряжение с помощью преобразователя напряжение - частота 41 в поток импульсов, которые имеют масштабированную частоту, которая изменяется пропорционально любому изменению в напряжении 19.

Образованный схемой 40 результирующий поток импульсов подается в виде входного сигнала в счетчик 42, который будет периодически подсчитывать поток импульсов и выдавать значение (в числе подсчетов), которое будет пропорционально измеренной температуре. Содержимое счетчика 42 будет также подаваться параллельно в виде входных данных в схему обработки информации 39.

Схема обработки информации 39, в качестве которой обычно выступает какой-то микропроцессор, определяет текущий удельный массовый расход на основе поступивших в нее значений температуры и значения Δt в цифровой форме. В данном случае преобразованное в цифровую форму значение температуры используют для изменения значения коэффициента измерительного прибора, основанного на текущей температуре трубок Вентури, а после выполнения этой процедуры связывают изменения в эластичности трубки Вентури с изменением температуры.

Затем этот измененный коэффициент измерительного прибора (т. е. скорректированный на изменение температуры коэффициент или фактор измерительного прибора) последовательно используют для пропорционального определения на основе только что измеренного значения Δt удельного массового расхода.

Имея в своем распоряжении только что установленный удельный массовый расход, схема 39 будет обновлять суммированный массовый расход, а также выдавать, например, соответствующие выходные сигналы с информацией об удельном массовом расходе по проводам 4, которые затем можно будет соединить с локальным дисплеем 28 и/или с расположенным ниже (по технологической схеме) оборудованием управления технологическим процессом.

Теперь уже совершенно очевидно, что расположенная в левом и правом каналах аналоговая схема необдуманно вводит какую-то погрешность или ошибку в результирующие значения относительно удельного массового расхода и скорости потока, полученные с помощью схемы обработки данных 39. Следует особо подчеркнуть, что каждый входной канал довольно часто содержит не только различную степень внутренней фазовой задержки относительно друг друга, которая измеряется от ввода интегратора до вывода из его детекторов переходов через нулевой уровень, но и также фазовую задержку, которая образуется внутри каждого канала и явно зависит от температуры, и которая изменяется в различной степени от одного канала к другому в зависимости от соответствующих изменений температуры.

Например, левый канал 32 может демонстрировать фазовую задержку, которая имеет иную температурную зависимость по сравнению с фазовой задержкой правого канала 33. Подобная изменчивость имеет своим конечным результатом появление обусловленной колебаниями температуры между канальной фазовой разности, которая будет выступать в качестве компонента ошибки или погрешности в измеренном значении Δt . Поскольку значение Δt , полученное на основе измерения фактического потока жидкости, проходящего через прибор, будет относительно небольшим, то в определенных ситуациях упомянутый компонент погрешности может оказаться довольно значительным.

Подобная погрешность обычно не учитывается в выпускаемых в настоящее время измерительных приборах Кориолиса для измерения удельного массового расхода жидкости. В каких-то конкретных ситуациях, в частности, в случае установки измерительного прибора вне помещения, т. е. на открытом воздухе с довольно большими температурными перепадами, подобная погрешность может привести к возникновению ошибочных результатов измерения удельного массового расхода жидкости.

В настоящее время помимо зависимых от температуры ошибок в измеренном значении Δt сама схема измерения температуры является дополнительным источником обусловленной колебаниями температуры погрешности результатов измерения значений удельного массового расхода, которые выдает схема обработки данных 39.

Следует иметь в виду, что расположенный в пределах входной схемы 40 устройства 19 преобразователь напряжение - частота 41 демонстрирует, как и почти все прочие подобные преобразователи, измеряемый температурный дрейф. Этот дрейф, который основывается на величине изменения в температуре окружающей среды, может привести к возникновению ошибки в результатах измерения температуры трубы Вентури, причем эта ошибка иногда может достигать нескольких градусов максимально. Подобная ошибка, в свою очередь, будет приводить к возникновению ошибок в модифицированном коэффициенте измерительного прибора, что в свою очередь будет вводить погрешности в выдаваемые значения удельного массового расхода и суммированного массового расхода жидкости.

Чтобы устранить недостатки уже известных измерительных приборов Кориолиса и особенно тех, которые типичны для схемы измерения расхода жидкости, например, схемы 26, автор изобретения разработал новый способ использования схемы измерения расхода жидкости в измерительном приборе Кориолиса, который гарантирует почти полную независимость, а, следовательно, и нечувствительность получаемых прибором значений удельного массового расхода и скорости потока жидкости к изменениям температуры, благодаря чему улучшается общая степень точности измерений.

В более узком смысле по настоящему изобретению предложено заменить два индивидуальных входных канала (т.е. левый и правый), которые обычно используются в уже известных схемах измерения потока жидкости, двумя парами входных каналов (т.е. парами А-С и В-С), что дает возможность измерить демонстрируемую каждой канальной парой фазовую задержку.

После получения для каждой канальной пары текущего значения фазовой задержки используем это значение для корректировки основанных на потоке жидкости значений Δt , которые затем измеряем с помощью канальной пары. Поскольку каждая из канальных пар работает циклами, которые составляют относительно короткий период времени, т.е. цикл измерения своей соб-

ственной внутренней фазовой задержки, т.е. режим “установки на нуль”, чередуется с циклом измерения значений Δt для фактических условий потока жидкости, т.е. режим “измерения”, поэтому значение текущей фазовой задержки будет точно отражать любые вызываемые колебанием температуры изменения в рабочей характеристике каждой канальной пары.

Так как выдаваемые каждой парой результаты измерений потока корректируются с учетом текущей внутренней фазовой задержки, которая связана с какой-то конкретной канальной парой, то упомянутые значения Δt не содержат никаких значительных вызываемых колебанием температуры компонентов погрешности независимо от окружающей прибор температуры и ее колебаний.

Следовательно, выполненный по настоящему изобретению измерительный прибор Ко-риолиса можно успешно использовать в окружающей среде с широкими температурными колебаниями, при этом не наблюдается никакого ухудшения степени точности конечных результатов из-за колебания температуры.

В частности, в предложенной изобретением схеме измерения расхода потока жидкости используется три индивидуальных и идентичных входных канала (т.е. каналы A, B и C), через которые последовательно и поочередно отбираются результаты измерений междуканальной фазовой разности для каждой из двух пар (т.е. пар A-C и B-C) трех каналов.

Канальная пара A-C содержит каналы A и C, тогда как канальная пара B-C содержит каналы B и C. Канал C выступает в качестве эталонного канала и в него будут непрерывно подаваться один из двух сигналов датчика скорости, а специально для целей предпочтительного варианта изобретения сюда будет непрерывно поступать сигнал левого датчика скорости в качестве его входного сигнала. Ввод в каналы A и B будет представлен сигналами либо левого, либо правого датчика скорости.

Хотя оба режима, т.е. нулевой режим и режим измерения, включают в себя этап измерения междуканальной фазовой разности в какой-то паре каналов, однако принципиальное различие между ними заключается в том, что в нулевом режиме в оба канала данной пары подается один и тот же сигнал датчика скорости, например, левого, чтобы измерение результирующей междуканальной фазовой разности гарантировало измерение внутренней фазовой задержки для данной пары каналов, тогда как в режиме измерения в соответствующие различные каналы этой пары подаются сигналы левого и правого датчиков скорости, чтобы гарантировать измерение, пусть и приблизительного, основанного на текущем потоке жидкости значения Δt для последующего его использования для определения текущих значений удельного массового расхода и скорости потока жидкости.

Хотя в обоих режимах предусматривается проведение измерений междуканальной фазовой разности (Δt), однако для большей ясности автор изобретения проводит четкое разграничение между упомянутыми значениями на основе их частоты появления. Именно поэтому ниже автор изобретения будет делать ссылки на те измерения фазовой разности, которые имеют место в течение нулевого режима и которые будут рассматриваться в качестве измерений междуканальной фазовой разности, а также на те измерения фазы, которые имеют место в измерительном режиме и которые будут рассматриваться в качестве значений Δt .

Кроме того, как измерения междуканальной фазовой разности, так и значения Δt для любой канальной пары будут ниже просто называться измерениями синхронизации.

Для любой одной канальной пары, работающей в нулевом режиме, например, для пары A-C, на вводы обоих каналов этой пары подается один и тот же сигнал датчика скорости, например, левого. Затем в течение так называемого интервала “установки на нуль” проводятся последовательно и повторяющиеся измерения междуканальной фазовой разности, причем в течение этого же интервала полученные при этом результаты будут устраняться.

В идеальном случае, если оба канала этой пары демонстрируют одинаковую внутреннюю фазовую задержку, например, если фазовая задержка через канал A будет равна фазовой задержке эталонного канала C, тогда все измерения результирующей междуканальной фазовой разности будут равны нулю.

Однако на практике фактически все три канала обычно имеют различные внутренние фазовые задержки. И, тем не менее, поскольку фазовая задержка для каждой пары каналов измеряется по отношению к одному и тому же эталонному каналу, например, к каналу C, то любые различия в фазовой задержке между двумя парами каналов будут обусловлены различиями во внутренней фазовой задержке, которые имеют место между каналами A и B.

После окончания интервала “установки на нуль” ввод в неэталонный канал этой пары переключается на другой сигнал датчика скорости, т.е. на сигнал от правого датчика скорости. Затем необходимо подождать истечения какого-то определенного периода времени, который включает в себя период так называемого “переключения”, и только после этого можно будет вводить эту канальную пару в режим “измерения”, в течение которого будем измерять основанные на расходе жидкости значения Δt .

Интервал переключения длится достаточно долго, чтобы дать возможность установиться всем результирующим переходным состоянием переключения, например, чтобы их амплитуда застухала ниже заданного уровня.

В тот момент, когда одна пара каналов, например, А-С, работает в своем нулевом режиме, другая пара каналов, например, В-С, будет работать в своем режиме измерения. Для любой канальной пары каждое последовательно измеренное на основе текущего потока жидкости значение Δt , которое было получено в процессе осуществления режима измерения, корректируется (обычно путем вычитания) с помощью самого последнего значения внутренней фазовой задержки, которая уже была измерена для этой канальной пары в течение ее предыдущего нулевого режима.

Продолжительность, в течение которой одна канальная пара работает в режиме измерения, т.е. интервал измерения, будет равна всей продолжительности, в течение которой другая канальная пара работает в нулевом режиме. Эта последняя продолжительность (т.е. интервал “нуля” или “нулевой” интервал) включает в себя время (т.е. интервал “переключения”), в течение которого последний канал переключает ввод неэталонного канала с сигнала от правого на сигнал от левого датчика скорости с последующим выполнением процедуры установки на нуль (в течение так называемого интервала “установки на нуль”) и наконец, переключает свой ввод неэталонного канала с сигнала от левого вновь на сигнал от правого датчика скорости. Следует иметь в виду, что нулевой интервал включает в себя оба интервала переключения в интервал установки на нуль.

После завершения интервала измерения канальные пары просто переключают режимы работы, при этом канальная пара В-С первоначально переключает свой ввод неэталонного канала с сигнала от правого на сигнал от левого датчика скорости, а канальная пара начинает цикл измерений Δt на основе текущего потока жидкости.

После завершения процедуры переключения упомянутого ввода канальная пара В-С будет выполнять процедуру установки на нуль с последующим переключением канала в противоположном направлении - в этот момент канальная пара А-С остается в режиме измерения и таким образом осуществляются последовательные циклы срабатывания измерительного прибора.

После завершения какой-то канальной парой последней операции переключения, но еще до момента начала своей операции в режиме измерения, эта канальная пара может, в случае необходимости, выполнить функции измерения основанных на потоке жидкости значений Δt в течение какого-то определенного периода времени, который ниже будем называть “активным” интервалом и который для большей простоты имеет длительность, равную интервалу “установки на нуль”.

Поскольку оба канала в течение “активного” интервала могут одновременно выдавать основанные на потоке значения Δt , используя при этом сигналы от обоих датчиков скорости, тогда в идеальном случае при отсутствии каких-либо помех, изолированных пертурбаций или различий между внутренними фазовыми задержками, связанными с парами каналов, оба канала будут выдавать одинаковые значения Δt .

Таким образом, в качестве дополнительной проверки можно будет скорректировать одно или более измеренных на основе потока жидкости значений Δt , полученных от каждой канальной пары в течение “активного” интервала, с помощью самого последнего значения измеренной фазовой задержки для этой канальной пары, чтобы иметь возможность выдать соответствующие пары скорректированных значений Δt . Затем эти два значения для каждой канальной пары можно будет сравнить друг с другом. Любое довольно значительное расхождение между этими значениями в любой из канальных пар будет указывать на наличие погрешности или ошибки.

Поскольку переключение каналов происходит только на канальной паре, которая будет противоположна той, которая в данный момент используется для выполнения измерений на основе потока жидкости, то любые переходные состояния переключения (и связанные с ними помехи) будут эффективно изолированы и не будут прерывать измерения удельного массового расхода или скорости потока технологической жидкости.

Более того, благодаря истечению довольно продолжительного интервала переключения еще до момента начала процедуры установки на нуль, переходные состояния переключения не будут оказывать никакого отрицательного влияния на результаты измерения внутренней фазовой задержки для той канальной пары, которая в данный момент устанавливается на нуль.

Таким образом, рабочая или эксплуатационная характеристика измерительного прибора Кориолиса по настоящему изобретению будет по существу (если не полностью) устойчива по отношению к переходным состояниям переключения ввода и прочим подобным же операциям.

Специфическая продолжительность интервалов переключения и установки на нуль не является критическим фактором. Однако, поскольку переходные состояния переключения очень быстро исчезают, а дополнительное усреднение обычно способствует и гарантирует более высокую степень точности измерений внутренней фазовой задержки, то обычно интервал переключения устанавливается значительно более коротким по сравнению с интервалом установки на нуль.

В этом отношении интервал переключения, измеренный в течение циклов возбуждения трубы Вентури, может продолжаться в течение 16-32 таких циклов, тогда как интервал установки на нуль может иногда продолжаться в течение 2048 таких циклов.

Более того, по настоящему изобретению по существу полностью устраняются вызываемые температурными колебаниями погрешности в результатах измерения температуры трубы Вентури, что в основном достигается за счет использования устойчивого к температурным колебаниям устройства 19 и непосредственно связано с температурным дрейфом в преобразователе напряжение - частота.

Устранению этих погрешностей особенно способствует тот факт, что два эталонных напряжения, помимо напряжения устройства 19, избирательно и последовательно преобразуются в преобразователе напряжение - частота в значения частоты (в виде соответствующих подсчетов) с последующим использованием этих значений для определения линейной зависимости, особенно коэффициента пропорциональности, которая связывает подсчитанное значение частоты с измеренной температурой трубы Вентури.

Затем посредством простого умножения подсчитанного значения частоты для напряжения устройства 19 на упомянутый коэффициент получаем значение для соответствующей измеренной температуры трубы Вентури. Поскольку эталонные напряжения заметно не изменяются (или вообще не изменяются) в зависимости от колебаний температуры и каждое из них повторно преобразуется с помощью преобразователя напряжение - частота при относительно короткой периодичности на порядок примерно 0.8 секунды, то возникающий в результате преобразования напряжение - частота любой дрейф температуры будет точно отражен в результирующих подсчитанных значениях частоты для самых эталонных напряжений.

Поскольку дрейф температуры в равной степени оказывает свое влияние и на подсчитанные значения для обоих эталонных напряжений и для напряжения устройства 19, но не изменяет существующие между ними зависимости, то после умножения коэффициента пропорциональности на значение подсчитанной частоты для напряжения устройства 19 этот коэффициент выдает истинное значение температуры, которое по существу не будет зависеть от какого-либо дрейфа температуры, образуемого преобразователем напряжение - частота.

Благодаря устранению вызываемых температурными колебаниями погрешностей в результатах измеренной температуры, коэффициент измерительного прибора будет соответствующим образом модифицирован, чтобы он точно отражал изменения в температуре трубы Вентури.

При описании аппаратной части будем ссылаться на показанную на фиг. 3А и 3В скелетную схему высокого уровня предпочтительного варианта схемы измерения потока 43 по настоящему изобретению, а правильное расположение упомянутых чертежей показано на фиг. 3.

В основной схеме измерения потока 43 содержится входной мультиплексор и три одинаковых входных канала, один из которых будет эталонным каналом С, а также конечный автомат вместе со связанными с ним синхронизирующими счетчиками и системой микроКомпьютера. С помощью конечного автомата и через мультиплексор выбирают входные сигналы для двух неэталонных каналов А и В, а сам конечный автомат работает циклами благодаря своим различным состояниям.

Выходные сигналы от трех каналов подаются в счетчики, чтобы генерировать синхронизирующие измерения, т. е. измерения междуканальной фазовой разности и значения Δt для каждой из двух канальных пар А-С и В-С. Результаты синхронизирующих измерений, выданные упомянутыми счетчиками, а также информация о состоянии от конечного автомата подаются в ми-

рокомпьютер, который, в свою очередь, будет определять текущие соответствующие значения удельного массового расхода жидкости. Кроме того, выходной сигнал устройства 19 и два эталонных напряжения будут последовательно преобразовываться в соответствующие значения частоты с помощью соответствующего входного переключателя, преобразователя напряжение - частота и связанной с ними схемы, а затем подсчитываться с помощью синхронизирующего счетчика, связанного с конечным автоматом. Затем упомянутый счетчик направляет результирующие подсчеты в микрокомпьютер, в котором они используются для правильной модификации коэффициента измерительного прибора.

Из упомянутых выше чертежей следует, что схема измерения потока жидкости 43 содержит три одинаковых входных канала 44, 45 и 46, которые в данном описании также называют каналами А, С и В. Кроме того, упомянутая схема измерения потока жидкости содержит также мультиплексор 47, схему 48, аналоговый переключатель 49, генератор эталонного напряжения 50, входную схему 51 устройства 19, микрокомпьютер 52, выходную схему 53 и входную схему 54.

Показанная на фиг. 3А и 3В входная схема 51 устройства 19 выполняет те же функции и содержит по существу ту же схему, что и входная схема 40 устройства 19, показанную на фиг. 2 и которая уже была кратко описана выше.

Каждый из каналов А и В, из которых показан только канал А, содержит входную аналоговую схему, которая в данном случае представлена усилителем, соединенным с детектором уровней. Что касается канала А, то усилитель 55 обеспечивает соответствующую фильтрацию сигнала от левого датчика скорости, смещение уровня и усиление результирующего смещенного сигнала. Детекторы уровней 56, которые фактически являются компаратором с эталонными уровнями напряжения, обеспечивают изменение уровня своего выходного сигнала всякий раз, когда образуемый усилителем 55 выходной сигнал повышается выше или опускается ниже небольшого фиксированного положительного и отрицательного напряжения.

В данном случае каждый из этих каналов выполняет по существу те же функции, что и соответствующая схема в схеме измерения потока 26, показанной на фиг. 2. Показанный на фиг. 3А и 3В канал С содержит схему, представленную усилителем 57 и детектором уровней 58.

Эталонный канал С абсолютно идентичен каналами А и В, за исключением того, что детектор уровней 58 содержит одиночный детектор уровней, а не компаратор с эталонными уровнями напряжения, чтобы можно было всякий раз фиксировать момент, когда выходной сигнал от усилителя 57 превышает небольшой уровень положительного напряжения.

Мультиплексор 47, который, как ясно показано на чертежах, образован из трех индивидуальных мультиплексоров 2 до -1, избирательно выбирает маршрут прохождения сигнала от левого датчика скорости, который подается по проводу 24, либо сигнала от правого датчика скорости, который подается по проводу 25, на вход каждого из трех каналов.

В данном случае сигналы от левого и правого датчиков скорости подаются на первый (A_0 , B_0 и C_0) и на второй (A_1 , B_1 и C_1) вводы соответственно мультиплексора 47. Статус сигналов выбора S_0 , S_1 и S_2 точно устанавливает, будет ли подаваться на три индивидуальных (O_A , O_B и O_C) выхода мультиплексора сигнал правого или левого датчиков скорости.

Сигналы выбора 59, образованные из сигналов А и В, соединенные с входами выбора S_0 и S_1 , заставляют мультиплексор индивидуально прокладывать маршрут прохождения сигналов от левого или правого датчиков скорости в качестве входов в каналы А и В соответственно; заземленный сигнал выбора S_2 заставляет мультиплексор 47 непрерывно прокладывать маршрут прохождения сигнала от левого датчика скорости, который подается по проводу 24, до входа в эталонный канал С.

Сигналы выбора 59 устанавливаются логическим контуром управления 60 в схеме 48 с таким расчетом, чтобы можно было выполнить соответствующее переключение входного сигнала.

Схема 48 содержит логический контур управления и синхронизирующие счетчики 61, 62 и 63. Схема 48, в качестве которой рекомендуется использовать специфическую интегральную схему одиночного назначения, по существу представлена конечным автоматом, который определяет периодическую и повторно осуществляемую последовательность синхронизирующих интервалов и сопровождающих состояний.

В течение каждого такого интервала синхронизации подаваемые с внешней стороны входные сигналы могут запускать и прекращать работу соответствующего синхронизирующего счетчика. После завершения этого интервала можно легко и просто считать содержимое этого синхронизирующего счетчика параллельным образом, а затем использовать это содержимое по назначению.

В случае совместного использования этой схемы со схемой измерения потока 43 синхронизирующие счетчики 61 и 62, сгруппированные вместе и выступающие в качестве счетчиков 64, будут использоваться для определения синхронизирующих измерений для канальных пар А-С и В-С соответственно.

Синхронизирующий счетчик 63 используется для подсчета частотных значений, выдаваемых входным контуром 51 устройства 19 для выбранного аналогового входного сигнала, который подается сюда через переключатель 49. Этот счетчик устанавливается в исходное положение логическим контуром управления 60 перед каждым интервалом преобразования посредством подачи соответствующего сигнала в провод 65.

Логический контур управления 60 представлен хорошо известной комбинаторной и простой логикой. После установки логического контура управления в исходное положение с конкретной длительностью (в циклах срабатывания трубы Вентури) интервалов переключения и установки на нуль, этот контур будет генерировать по проводам 59 сигналы выбора 59, которые приводят в действие мультиплексор 47, который и будет выбирать и прокладывать маршрут прохождения сигналов соответствующих датчиков на входы либо канала А, либо канала В, чтобы канальные пары через свои режимы установки на нуль и измерения образовывали повторные и противоположно направленные циклы функционирования.

Кроме того, логический контур управления 60 также образует и выдает соответствующие управляющие сигналы, которые после прохождения по проводам 66 и 65 обеспечивают правильную установку счетчиков 61 и 62 в исходное состояние для каждого интервала синхронизации. Кроме того, этот логический контур управления образует и генерирует по проводам 67 соответствующие сигналы выбора, которые в конечном итоге поступают на вход управления (С) аналогового переключателя 49.

Эти сигналы выбора заставляют переключатель положить маршрут прохождения какому-то специальному одному из его входных напряжений, а именно напряжение устройства 19, которое передается по проводу 20, или одному из двух эталонных напряжений (V_{ref_1} или V_{ref_2} , которые соответственно равны 0 и 1.9 вольтам), до входа входной схемы 68 устройства 19 для последующего преобразования с помощью расположенного здесь же преобразователя напряжение - частота.

Эталонное напряжение V_{ref_2} подается по проводу 69 от генератора эталонного напряжения 50, в котором расположен хорошо известный источник стабильного напряжения, который демонстрирует лишь очень незначительный дрейф в результате колебания температуры.

Ниже более подробно и со ссылками на стандартную процедуру обработки данных по температуре устройства 19 (стандартная процедура см. фиг. 11) будет описан принцип работы преобразователя напряжение - частота 68, основной функцией которого является преобразование каждые 0.1 секунды каждого одного из восьми аналоговых напряжений (в данном описании показаны и кратко описаны только те напряжения, которые имеют прямое отношение к изобретению), которые затем подаются на вводы (I_0 , I_1 , I_2 для трех указанных напряжений) выбранного в данный момент аналогового переключателя 49, с последующим их преобразованием каждые 0.8 секунды в соответствующее значение частоты. Контур логического управления и регулирования 60 точно устанавливает, какое одно из входных напряжений на аналоговом переключателе 49 необходимо выбрать в данный конкретный момент.

Ниже более детально описываются состояния схемы 48 в связи с рассмотрением особенностей таблицы состояний 70 и схемы синхронизации 71, которые показаны соответственно на фиг. 4 и 5.

Поскольку схема 48, благодаря своим разным состояниям (в данном случае нас интересуют только восемь ее состояний), образует и использует различные циклы, то в течение одного из этих циклов схема будет записывать значение своего текущего состояния во внутренний регистр (не показан), который после обращения к нему со стороны микрокомпьютера 52 посыпает это значение по проводам 72. После этого микрокомпьютер считывает это значение, которое дает ему возможность хотя бы предварительно обработать подсчитанные значения, которые были переданы счетчиками 64 и 63 через соответствующие внутренние регистры (не показаны) и по проводам 73 и 74.

По проводам 73 в микрокомпьютер 52 для канальных пар АС и ВС передаются предварительные результаты синхронных измерений.

В зависимости от режима функционирования каждой канальной пары эти результаты синхронных измерений решено выдавать для каждой канальной пары (в виде подсчетов) одиничный результат измерения междуканальной фазовой разности или одиночное значение Δt .

По проводам 74 в микрокомпьютер поступают данные о подсчитанных результатах измерения подсчитанной частоты для напряжений устройства 19 и эталонного напряжения. Кроме того, логический контур управления 60 будет также записывать какое-то значение в другом внутреннем регистре (специально не показан), который точно устанавливает, какое затем аналоговое напряжение будет выбрано аналоговым переключателем 49 для преобразования с помощью входной схемы 51 устройства 19. Это значение также считывается микрокомпьютером 52 через провода 72.

Кроме того, микрокомпьютер посыпает соответствующие сигналы по проводам 75 для управления режимом работы схемы 48. Микрокомпьютер посыпает также по проводам 76 соответствующие сигналы адресов для выделения логическому контуру управления 60 какого-то специфического внутреннего регистра, из которого микрокомпьютер будет считывать данные и в котором он же будет записывать данные.

Через провода 77 и 78 микрокомпьютер соединен также с хорошо известной выходной схемой 53, которая образует ряд стандартных выходных устройств через провода 4 (на чертежах показаны, например, интерфейс или интерфейсы дисплея, коммуникационные порты, выводной провод 30 с силой тока 4-20 мА и выводной провод 31 масштабированной частоты), а также с хорошо известной схемой 54, которая связывает измерительный прибор с несколькими хорошо известными входными устройствами (например, переключатели, малые клавиши приставки пользователя, коммуникационные порты и т.д.).

Микрокомпьютер 52 использует любой один из хорошо известных выпускаемых в настоящее время серийно микропроцессоров (специально не показан) вместе с памятью с произвольной выборкой 79 для хранения данных и с постоянной памятью 80 для хранения программ и констант.

Поскольку эта программа использует управляемую прерыванием архитектуры задачи, то база данных расположена в пределах микрокомпьютера, чтобы облегчить передачу и совместное использование измеренных и рассчитанных данных среди различных задач. На основе своей входной информации, особенно о результатах измерения синхронизации, которая содержит результаты измерения междуканальной фазовой разности и значения Δt для каждой пары каналов, и на основе информации о подсчитанной частоте наряду с информацией о состоянии, причем вся эта информация подается через схему 48, микрокомпьютер 52 будет соответствующим образом корректировать измеренные значения (полученные каждой канальной парой), чтобы получить данные об измеренной внутренней фазовой задержке, определять точный и скорректированный на колебание температуры коэффициент измерительного прибора, а затем с помощью скорректированных значений Δt и упомянутого фактора будет определять значения текущей скорости потока или удельного массового расхода жидкости, причем все эти данные анализируются более детально ниже в связи с рассмотрением показанного на фиг. 6A и 6B главного контура измерения потока жидкости 81, показанной на фиг. 8A и 8B стандартной программы отметки механического нуля 83 и показанной на фиг. 11 стандартной программы обработки данных о температуре устройства 84.

Чтобы лучше понять принципы взаимодействия между схемой 48 и микрокомпьютером 52 ниже более детально рассмотрим схему синхронизации 70 и таблицу состояний, показанных на фиг. 4A, 4B и 5, которые совместно дают детализированную информацию относительно выполняемых схемой 48 функций и их временных связях. С этой же целью отсылаем читателя к фиг. 4A, 4B и 5.

Показанная на фиг. 4A и 4B схема синхронизации определяет нормальные последовательные модальные операции для каждой канальной пары и временных связей между ними.

Как уже упоминали выше, каждая канальная пара А-С и В-С работает либо в режиме измерения, либо в нулевом режиме. В то время как одна канальная пара работает в режиме измерения, другая будет находиться в нулевом режиме, причем в конце этих режимов канальные пары меняют режим работы на обратный. Длительность каждого из этих режимов работы "модальный" интервал всегда будет одинаковой, т.е. будет равна длительности "t".

В этом отношении нулевой режим 85 для канальной пары А-С и режим измерения 86 для канальной пары В-С будут происходить одновременно с режимом измерения 87 и нулевым

режимом 88, с нулевым режимом 89 и режимом измерения 90 для канальных пар А-С и В-С соответственно. Стрелки 91, 92 и 93 обозначают направления изменения режимов на обратное между канальными парами в точке завершения трех последовательных модельных интервалов.

В канал С непрерывно подается сигнал от левого датчика скорости 11 и этот канал выступает в качестве эталонного канала, по отношению к которому будет непрерывно измеряться внутренняя фазовая задержка каждого из двух других каналов. Однако подаваемые в неэталонные каналы А и В входные сигналы будут переключаться в зависимости от режима работы соответствующих канальных пар А-С и В-С между сигналами от левого и правого датчиков скорости на основе результатов измерения фазовой разности, которые выполняются для каждой иной входной конфигурации, чтобы выдать для каждой канальной пары результаты измерения междуканальной фазовой разности или значения Δt .

В частности, в процессе работы какой-то канальной пары в режиме измерения неэталонный канал этой пары, например, канал В в канальной паре А-С, будет принимать сигнал от правого датчика скорости, и будут выполняться измерения междуканальной фазовой разности, которая имеет место в этой канальной паре. Эти измерения дают основу для получения предварительных, основанных на расходе жидкости, значений Δt . Эти измерения происходят на всем протяжении интервала "t", т.е. в течение периода, когда канал находится в режиме измерения.

В течение этого периода результаты измерений подаются в микрокомпьютер для последующей обработки с конечной выдачей соответствующих значений удельного массового расхода жидкости.

В противоположность этому в течение нулевого режима любая канальная пара, например, пара В-С, будет выполнять следующие четыре индивидуальные функции:

- а) переключать ввод для неэталонного канала этой пары с сигнала от правого на сигнал от левого датчика скорости в течение интервала переключения;
- б) выполнение измерений внутренней фазовой задержки для этой канальной пары (т.е. процедуры "установки на нуль") в течение интервала установки на нуль;
- в) повторное переключение входа неэталонного канала на сигнал от правого датчика скорости в течение интервала переключения; и
- г) обеспечение "активности" этой пары в течение интервала установки на нуль, в течение которого можно будет выполнять измерения основанных на расходе жидкости значений Δt .

Поскольку противоположная канальная пара, например, пара А-С, будет активно измерять основанные на расходе жидкости значения Δt в течение своего интервала измерения, когда канальная пара В-С является активной, оба канала имеют возможность одновременно выдавать основанные на расходе жидкости значения Δt для одних и тех же сигналов датчиков скорости в течение этого интервала "активности".

Если необходима дополнительная проверка возможного появления ошибки, тогда микрокомпьютер может обработать представленные "активной" канальной парой результаты измерений и сравнить результирующие скорректированные значения Δt с теми, которые были получены другой канальной парой. Довольно большое расхождение между этими значениями будет указывать на наличие ошибки.

Как это ясно из фиг. 4А и 4В, каждый интервал переключения равен по длительности 16 циклам срабатывания трубы, тогда как каждый интервал установки на нуль происходит на протяжении 2048 последовательных циклов срабатывания трубы. Следовательно, образованная из двух перемежающихся интервалов переключения и установки на нуль длительность "t" равна 4128 циклам срабатывания трубы.

В течение установки измерительного прибора в исходное состояние показанный на фиг. 3А и 3В микрокомпьютер 52 вводит длительности (на основе циклов срабатывания трубы) интервалов переключения и установки на нуль в схему 48 и в частности в расположенный в этой схеме логический контур управления 60.

Как это ясно из представленной на фиг. 5 таблицы состояний 71 для схемы 48, эта схема при нормальных условиях работы будет непрерывно совершать циклы с использованием восьми состояний в определенной последовательности, причем эти состояния обозначены ссылочными позициями 94, 95, 94, 96, 6A, 6C, 6A и 6E, из которых два состояния, а именно состояния 94 и 6A, повторяются.

Каждое из этих состояний существует в течение фиксированной длительности, т.е. либо в течение интервала переключения, либо в течение интервала установки на нуль. В течение всех

восьми состояний сигнал от левого датчика скорости будет непрерывно подаваться на вход эталонного канала С (94, 95).

В течение первых четырех состояний (состояния 94, 95, 94 и 96) канальная пара А-С работает в режиме измерения (ниже будем просто называть режим измерения канала А), тогда как канальная пара В-С будет непрерывно работать в своем нулевом режиме (ниже будем просто называть нулевой режим канала В).

На протяжении всего режима измерения канала А схема 70 генерирует низкий уровень по сигналу выбора мультиплексора А, чтобы сигнал правого датчика скорости непрерывно подавался на вход канала А. В течение этого режима, что и обозначено буквой "Х", канальная пара А-С выдает основанные на расходе жидкости значения Δt , а следовательно будет выполнять функцию измеряющей канальной пары.

Кроме того, в самом начале состояния 94 схема 48 начинает функционирование нулевого режима канала В посредством первоначальной подачи высокого уровня в сигнал выбора мультиплексора В, чтобы осуществить первое переключение ввода канала В с сигнала от правого на сигнал от левого датчика скорости. Это будет инициировать установку переключающего состояния 94 канала В, в течение которого канальная пара В-С не выполняет никаких измерений, а лишь позволяет себе установить адекватный период времени, т.е. интервал переключения t_{SW} , для стабилизации всех переходных состояний переключения и прочих подобных же пертурбаций в канале В.

После окончания этого состояния схема 48 вызывает образование состояния 95 - установки на нуль канальной пары В-С. В течение этого состояния 95, продолжительность которого равна интервалу установки на нуль t_{ZERD} , схема 48 будет непрерывно выполнять измерения между канальной фазовой разности для канальной пары В-С.

Результаты этих измерений считываются и усредняются микропроцессором, чтобы выдать окончательный результат измерения (в виде количества подсчетов) внутренней фазовой задержки для упомянутой канальной пары. После завершения интервала установки на нуль еще раз устанавливается состояние 94 (состояние переключения канала В), чтобы можно было переключить вход канала В с сигнала от левого датчика скорости вновь на сигнал от правого датчика скорости.

При выполнении этой функции схема 48 будет генерировать низкий уровень по сигналу выбора мультиплексора В. И в данном случае продолжительность этого состояния, в течение которого на канальной паре В-С не проводится никаких измерений, будет равна длительности интервала переключения, чтобы дать возможность стабилизироваться всем переходным состояниям переключения и прочим пертурбациям в канале В.

После завершения состояния 94 возникает состояние 96 - активное состояние обоих каналов - для интервала установки на нуль, в течение которого оба канала будут "активными" и можно будет выполнять основанные на расходе жидкости измерения Δt , если, конечно, в этом есть необходимость, с помощью канальной пары В-С, причем эти измерения будут проводиться одновременно с измерениями с помощью канальной пары А-С.

После окончания состояния 96 происходит образование состояний 6А, 6С, 6А и 6Е в последовательности, которая лишь гарантирует выполнение идентичных операций, но в противоположных канальных парах.

Все эти состояния повторяются несколько раз.

Имея в виду все сказанное выше, ниже будут рассмотрены различные аспекты программного обеспечения для показанного на фиг. 3А и 3В микрокомпьютера 52. Поскольку этот микрокомпьютер выполняет ряд распорядительных и управленических функций, которые не имеют прямого отношения к изобретению, то с целью упрощения и сокращения нижеследующего описания опускается рассмотрение и анализ таких функций программного обеспечения, как функция администратора базы данных и соответствующего окружения рабочей системы для реализации, основанной на какой-то конкретной задаче прикладной программы.

На фиг. 6 показана упрощенная блок-схема главного контура измерения потока жидкости 81. Показанная здесь стандартная программа включает в себя основные функции по измерению массового расхода жидкости.

После начала реализации стандартной программы 81 первым начинает функционировать блок 97, который будет считывать текущие исходные данные по результатам измерения фазовой разности (А и В), а также информацию о состоянии из схемы 48. В зависимости от существующего в данный момент режима работы каждой канальной пары каждые исходные данные А и В

выдают (в подсчетах) либо одиночный результат измерения междуканальной фазовой разности, либо одиночное значение Δt .

После выполнения функции блоком программы 97 начинает выполнять свою функцию блок программы 98. Этот блок программы выполняет стандартную программу определения нуля 82, которая в ответ на исходные результаты измерения фазовой разности и информации о состоянии, о чем подробнее ниже, обрабатывает данные о фазовой разности для какой-то конкретной канальной пары, которая в данный момент функционирует в режиме измерения, например, основанное на расходе жидкости значение Δt , и обрабатывает также данные о фазовой разновидности для другой канальной пары, например, результаты измерения междуканальной фазовой разности.

Результаты этого измерения стандартная программа использует для определения значения отметки электронного нуля для этой последней пары. Отметка электронного нуля состоит из двух значений, а именно внутренней фазовой задержки, выраженной в тех же подсчетах, что и значение Δt и связанной с каждой из двух канальной пар.

Далее стандартная программа 82 будет определять отметку механического нуля для измерительного прибора Кориолиса. Отметка механического нуля представляет собой значение смещения в результатах измерения Δt , которые получают, о чем подробнее ниже, в течение условий нулевого потока, имеющих место в процессе калибрации измерительного прибора.

После завершения описанных выше операций стандартная программа 82 выполняет коррекцию текущего значения Δt , измеренного для канальной пары, работающей в режиме измерения, с помощью отметки механического нуля для данного измерительного прибора и с помощью самого последнего на данный момент значения отметки электронного нуля для этой же канальной пары, причем значение отметки электронного нуля уже было ранее установлено в тот момент, когда эта канальная пара последний раз работала в своем нулевом режиме.

После полного исполнения стандартной программы 82, исполнение переходит от блока программы 98 к блоку 99. В момент исполнения этого последнего блока программы происходит фильтрование полученного блоком программы 98 скорректированного значения Δt , причем это фильтрование осуществляется двухполюсным фильтром программного обеспечения и преследует цель-удаление помех и шумов с конечной выдачей текущего отфильтрованного значения Δt .

Затем начинается исполнение блока программы 100, который рассчитывает текущие объемные и удельные массовые расходы жидкости с использованием текущего отфильтрованного значения и скорректированного на колебание температуры коэффициента расхода жидкости. Этот температурный коэффициент обновляется на периодической основе с помощью стандартной программы обработки данных о температуре устройства 19, которая будет реализовываться на основе прерывания.

После завершения исполнения блока программы 100 начинается исполнение блока программы 101. Этот последний блок программы проверяет значения объемного и удельного массового расхода относительно соответствующих предельных условий низкого расхода жидкости, и если эти условия не отвечают требованиям, тогда объемные и удельные массовые расходы жидкости временно устанавливаются на нуль.

После этого начинается исполнение блока программы 102, который в процессе своего исполнения будет хранить текущие значения объемного и удельного массового расхода жидкости в базе данных для последующего использования, например, для периодического обновления визуально воспроизводимой информации, суммированных показаний относительно расхода жидкости и/или выходных данных измерительного прибора. После этого исполнение возвращается к блоку стандартной программы 97 и т.д.

На фиг. 7А и 7В показана блок-схема стандартной программы определения нуля 82, правильное расположение и выравнивание этих чертежей показано на фиг. 7. Эта стандартная программа содержит четыре индивидуальные секции: стандартную программу определения отметки электронного нуля 103, стандартную программу компенсирования отметки электронного нуля 104, стандартную программу определения отметки механического нуля 105 и стандартную программу компенсирования отметки механического нуля 106.

Как уже упоминали выше, стандартная программа 82 (через свой блок 103) определяет текущее основанное на расходе жидкости значение Δt для той канальной пары, которая в данный момент работает в режиме измерения, и определяет также текущее значение отметки электронного нуля для другой канальной пары, которая в данный момент работает в нулевом режиме. Стандартная программа 104 компенсирует каждое текущее измеренное значение Δt от канальной

пары, которая в данный момент работает в режиме измерения, на самое последнее значение отметки электронного нуля для этой канальной пары.

Стандартная программа 105 определяет отметку механического нуля для измерительного прибора. И, наконец, блок стандартной программы 106 корректирует основанное на расходе жидкости значение Δt для канальной пары, которая в данный момент работает в режиме измерения на значение отметки механического нуля для измерительного прибора.

Следует иметь в виду, что после введения в стандартную программу 82 и, особенно в блок программы 103 исполнение стандартной программы начинается в блоке принятия решения 107. Этот блок программы определяет, будет ли значение переменного - состояние = указывать на то, что канальная пара А-С находится в состоянии установки на нуль, т. е. состояние схемы 48 будет идентично состоянию “6С” (см. фиг. 5).

Это значение образуется схемой 48 после запроса со стороны микропроцессора 52 (см. фиг. 3А и 3В). В случае если в данный момент устанавливается именно это состояние, тогда исполнение программы переходит к блоку программы 108, что и показано на фиг. 7А и 7В стрелкой “Да”, отходящей от блока принятия решения 107.

При выполнении своей функции этот последний блок программы будет обновлять значение суммированной переменной расхода жидкости с использованием текущего значения А. Как это четко видно в конце интервала установки на нуль, упомянутое суммированное значение расхода жидкости устанавливается равным нулю. После этого начинается исполнение блока программы 109, в результате чего состояние временного флага устанавливается на значение установки канала А на нуль, которое указывает на то, что в данный момент канальная пара А-С находится в режиме установки на нуль.

После того, как это произошло, исполнение переходит к блоку программы 110, который лишь приращивает значение счетчика контура на единицу. Исполнение программы затем переходит к блоку программы принятия решения 111. С другой стороны, в случае, если текущее значение переменного - состояние = указывает на то, что канальная пара А-С не находится в режиме установки на нуль, тогда исполнение программы переходит от блока принятия решения 42, о чем свидетельствует стрелка “Нет”, отходящая от блока принятия решения 107.

Блок принятия решения 112 проверяет состояние временного флага, чтобы определить, закончен или нет режим установки на нуль для канальной пары А-С, т.е. будет ли все еще значение этого флага равно установке на нуль канала А.

В случае если режим установки на нуль уже закончен именно для этой канальной пары, тогда начинается исполнение блока программы принятия решения 112, который принимает решение проложить маршрут к блоку программы 113, используя при этом свой маршрут.

В момент исполнения блока программы 113 он будет рассчитывать значение отметки электронного нуля для канальной пары А-С, в качестве простого среднего значения индивидуальных измерений, которые уже были суммированы, и особенно значения переменного - суммарный расход, поделенного на содержание счетчика циклов.

После выполнения этой процедуры исполнение программы переходит к блоку программы 114, который устанавливает значение временного флага на другое значение, в данном случае на значение - канал А не устанавливается на нуль, которое означает, что канальная пара А-С не находится в режиме установки на нуль.

После этого исполнение программы переходит к блоку 115, который лишь повторно устанавливает значения, как счетчика циклов, так и переменной суммированного расхода жидкости на нуль. После этого исполнение программы переходит к блоку 111 (блок принятия решения). С другой стороны, исполнение программы переходит также к этому блоку принятия решения через указанный стрелкой “Нет” маршрут, отходящей от блока принятия решения 112 в том случае, если вообще нет канальной пары А-С и еще не закончен полностью режим установки на нуль.

Блоки программы с 111 по 122 выполняют те же операции, что и блоки 107 - 115, но для определения значения отметки электронного нуля для канальной пары В-С, т.е. выполняют функцию выбора нулевого режима В. В более узком смысле блок принятия решения 111 определяет, указывает ли значение переменного - состояние = на то, что канальная пара В-С находится в режиме установки на нуль, т.е. состояние схемы 48 выражается через значение 95 (см. фиг. 5).

В случае если упомянутого состояния нет (в данный момент), тогда исполнение программы переходит в соответствии со стрелкой “Да”, отходящей от блока принятия решения

111 (см. фиг. 7А и 7В), к блоку 116. После запуска в работу этого последнего он будет обновлять значение суммированной переменной расхода жидкости с использованием текущего значения В.

При завершении интервала установки на нуль упомянутое суммирование значения расхода жидкости устанавливается равное нулю. Затем исполнение блока программы 117 будет устанавливать состояние временного флага на значение - установка канала В на нуль, которое будет означать, что в данный момент канальная пара В-С находится в режиме установки на нуль. После завершения этого этапа исполнения программы начинает функционировать блок программы 118, который лишь приращивает значение счетчика циклов на единицу. Затем исполнение переходит к стандартной программе 104.

С другой стороны, в случае, если текущее значение переменного - состояние = указывает на то, что канальная пара В-С не находится в режиме установки на нуль, тогда исполнение программы переходит по направлению стрелки "Нет", которая отходит от блока принятия решения 111 к блоку принятия решения 119.

Этот блок принятия решения будет проверять состояние временного флага, чтобы определить, закончился или нет режим установки на нуль для канальной пары В-С, т.е. будет ли значение этого флага все еще равно значению - канал В установлен на нуль. В случае если режим установки на нуль для этой канальной пары только что закончился, тогда исполнение программы от блока принятия решения 119 передается в указанном стрелкой "Да" направлении к блоку 120.

После начала функционирования этого блока он будет рассчитывать значение отметки электронного нуля для канальной пары В-С, - выбор нулевого режима, в качестве простого среднего значения индивидуальных измерений, результаты которых уже были суммированы, в частности значения переменного - суммарный расход деленного на содержимое счетчика циклов.

После завершения этого этапа исполнение программы переходит к блоку 121, который и будет устанавливать значение временного флага на другое значение, в данном случае - канал В не устанавливается в состояние нуля, которое означает, что канальная пара В-С не находится в режиме установки на нуль.

После этого исполнение программы переходит к блоку 122, который лишь повторно устанавливает значения, как счетчика циклов, так и переменной суммированного расхода жидкости на нуль. После этого исполнение переходит к стандартной программе 104.

С другой стороны, исполнение также переходит к упомянутой стандартной программе в том случае, если канальной пары В-С вообще нет, а режим установки на нуль не был закончен, т.е. исполнение переходит в направлении стрелки "Нет", отходящей от блока принятия решения 119. На этом этапе завершается исполнение стандартной программы 103.

Поскольку в какой-то один момент времени одна из канальных пар будет функционировать в своем нулевом режиме, однако в этот же момент происходит определение текущего значения соответствующей переменной отметки электронного нуля для канала А или для канала В.

Стандартная программа компенсирования отметки электронного нуля 104 будет лишь корректировать (компенсировать) результат текущего измерения Δt на значение отметки электронного нуля для какой-то специфической канальной пары, которая выдает результаты этого измерения. В более узком смысле после вхождения в эту стандартную программу исполнение переходит к блоку принятия решения 123, который на основе информации о том, какая канальная пара (В-С или А-С) в данный момент работает в своем режиме измерения, будет соответствующим образом передавать исполнение программы либо блоку 124, либо блоку 125. Если исполнение программы передается блоку 124, тогда этот блок в ходе исполнения программы будет вычитать значение отметки электронного нуля для канальной пары В-С из значения - предварительный расход В и будет хранить полученный результат в переменной Δt .

С другой стороны, если исполнение программы передается блоку 125, тогда в ходе исполнения программы этот блок будет вычитать значение отметки электронного нуля для канальной пары А-С из значения - предварительный расход А и хранить полученный результат в переменной Δt . После завершения исполнения программы либо блоком 124, либо блоком 125 начинается этап исполнения стандартной программы определения отметки механического нуля 105.

Стандартная программа 105 определяет текущее значение отметки механического нуля для измерительного прибора. В более узком смысле после запуска стандартной программы 105 в исполнение первый этап ее реализации начинается в блоке принятия решения 126. В ходе исполнения программы этим блоком, прежде всего, принимается решение о необходимости нахождения текущего значения отметки механического нуля. Как уже отмечали выше, отметка механического

нуля устанавливается в условиях отсутствия потока жидкости в процессе калибрации измерительного прибора.

Если в данный конкретный момент происходит калибрация измерительного прибора, и если пользователь сообщает простым нажатием соответствующей кнопки, расположенной на электронном блоке измерительного прибора, об отсутствии какого-либо потока жидкости, тогда блок принятия решения 126 передает исполнение программы блоку 127 по направлению стрелки “Да”.

Этот блок исполняет стандартную программу определения отметки механического нуля 83, о чём подробнее ниже, с целью конечного определения текущего значения отметки механического нуля для измерительного прибора. После определения этого значения исполнение переходит к стандартной программе корректирования механического нуля 106.

Исполнение стандартной программы 106 происходит также в направлении стрелки “Нет”, отходящей от блока принятия решения 126 в том случае, если не происходит калибрации измерительного прибора или в момент, когда пользователь еще точно не установил, что через прибор не проходит никакая жидкость.

Стандартная программа определения отметки механического нуля 106 содержит блок программы 128, в ходе исполнения которого этот блок будет лишь вычитать текущее значение отметки механического нуля из значений переменной Δt , причем конечный результат будет выражаться в результатах измерения скорректированного значения Δt , которое затем фильтруется и используется главным контуром 81 (а конкретно блоками 99 и 100, показанными на фиг. 6А и 6В) для определения текущего значения удельного массового расхода потока жидкости.

После завершения исполнения программы блоком 128 прекращается исполнение стандартных программ 106 и 82 (см. фиг. 7А и 7В) и начинается исполнение главного цикла измерения потока 81.

Чтобы несколько упростить используемое в данном случае программное обеспечение, стандартная программа 82 не включает в себя соответствующее программное обеспечение для определения соответствующих скорректированных значений Δt для обеих канальных пар в течение каждого “активного” интервала и, как уже упоминали выше, сравнивает полученные результаты, чтобы иметь возможность выявить достаточные различия между ними, а также связанные с этим системные ошибки и погрешности.

Любой специалист в данной области может легко и просто модифицировать стандартную программу 82 и включить в неё это программное обеспечение.

На фиг. 8А и 8В показана блок-схема стандартной программы определения отметки механического нуля 83; на фиг. 8 показано правильное расположение и выравнивание упомянутых чертежей. Как уже отмечали выше, стандартная программа 83 определяет текущее значение отметки механического нуля самого измерительного прибора.

В принципе, об этом также упоминали выше, текущее значение этого нуля определяется, прежде всего, путем вычисления стандартного отклонения $\delta_{\Delta t}$ значений Δt , полученных для условия отсутствия потока жидкости в процессе калибрации измерительного прибора.

Это стандартное отклонение является критерием помех, которые появляются при измерении Δt в условиях отсутствия потока жидкости. Только если помехи будут достаточно незначительны, т.е. если значение стандартного отклонения будет ниже минимального порогового уровня, становится возможным обновить самое последнее значение механического нуля, чтобы затем можно было отразить его текущее значение; в противном случае это текущее значение просто игнорируется.

Количество измеренных значений Δt , используемых в процессе определения стандартного отклонения, регулируется одним из следующих трех критериев:

- а) когда “работающее” стандартное отклонение становится ниже предела сходимости;
- б) пользователь заканчивает этап установления механического нуля простым нажатием соответствующей кнопки, или
- в) если уже использовано заданное количество измеренных значений Δt .

Кроме того, выполняются необходимые проверки пределов, чтобы убедиться в том, что текущее значение отметки механического нуля находится в пределах установленных границ, и только после этого можно заменить самое последнее его значение текущим его значением.

В данном случае после входления в стандартную программу 83 ее исполнение переходит к блоку принятия решения 129. В ходе исполнения программы этим блоком он будет проверять

состояние флага - нулевое состояние, чтобы иметь возможность точно установить, происходит ли в данный момент процесс определения механического нуля. Этот флаг устанавливается соответствующим программным обеспечением (не показано) с целью начала упомянутого процесса.

В случае если в данный момент происходит выполнение этого процесса, тогда блок принятия решения 129 передает дальнейшее исполнение программы блоку 130 в направлении стрелки “Да”. В процессе исполнения программы этим блоком происходит обновление значения суммированной переменной с использованием текущего значения Δt . Из дальнейшего станет ясно, что это суммированное значение устанавливается равным нулю в момент завершения интервала установки на нуль.

После завершения исполнения программы блоком 130 дальнейшее ее исполнение переходит к блоку 131, который будет увеличивать содержание счетчика циклов на единицу. После этого исполнение программы переходит к блоку 137. С другой стороны, если значение отметки механического нуля в данный момент не поддается определению, т.е. в данный момент статус флага не является активным, тогда исполнение программы переходит к блоку 133 по направлению стрелки “Нет”, отходящей от блока принятия решения 129.

Блок 133 повторно устанавливает флаг - нулевое состояние в активное состояние, устанавливает на нуль значения, как суммарной переменной, так и счетчика циклов - и устанавливает значение переменной - мин. станд. отклонение на большую заданную цифру (точное значение которой не является критическим в течение всего периода, пока она будет превышать ожидаемое значение стандартного отклонения).

После этого блок 134 устанавливает все флаги ошибки в исходное состояние (имеется в виду флаги, которые связаны с процессом определения отметки механического нуля). После этого исполнение программы переходит к блоку принятия решений 132.

В момент исполнения программы блоком принятия решений 132 он устанавливает, имело ли место минимальное количество измеренных значений Δt , чтобы иметь возможность определить, превышает ли текущее значение счетчика циклов - подсчет циклов и заданное минимальное значение - минимальный подсчет циклов, которое обычно равно десятичному значению “100”.

В случае если имело место недостаточное количество значений Δt , тогда исполнение от стандартной программы 83 прекращается и передается по направлению пути 135 и стрелки “Нет” 136, отходящей от блока принятия решений 132. С другой стороны, если уже имело место минимальное количество значений Δt , тогда блок принятия решений 132 передает дальнейшее исполнение программы блоку 137 по направлению стрелки “Да”.

В момент исполнения программы этим блоком он будет обновлять стандартное отклонение - δ значений Δt , которые в данный момент уже измерены и используются для определения значения отметки механического нуля, а также будет хранить этот результат в переменной стандартного отклонения. После выполнения этой процедуры исполнение программы передается блоку принятия решений 138, который проверяет конечное значение стандартного отклонения относительно его минимального значения.

В случае если конечное значение стандартного отклонения будет меньше минимального значения, тогда блок принятия решений 138 передает исполнение программы блоку 139 в направлении стрелки “Да”. Этот блок будет рассчитывать временное текущее значение механического нуля, которое будет средним значением суммированных значений Δt , которые были получены до сих пор в течение процесса определения текущего значения механического нуля, т. е. значение суммарной переменной, деленное на содержание счетчика циклов.

После того, как это произошло, блок 139 устанавливает минимальное значение стандартного отклонения равным текущему значениюю стандартного отклонения. Благодаря этому можно будет всегда использовать описанным ниже способом минимальное значение стандартного отклонения, которое было найдено в течение процесса определения текущего механического нуля для установления факта, является ли текущее значение механического нуля слишком приближенным, а, следовательно, и не приемлемым.

После полного завершения блоком 139 своей функции исполнение программы передается блоку принятия решений 140. С другой стороны, исполнение программы этому блоку принятия решений передается также и в том случае, если текущее значение стандартного отклонения не будет равно или будет превышать свое минимальное значение, причем эта передача происходит в направлении стрелки “Нет”, отходящей от блока принятия решений 138.

К этому моменту с помощью блоков принятия решений 140, 141 и 142 были последовательно проведены три индивидуальные проверки с целью определения, было ли использовано достаточное количество измеренных значений Δt для определения текущего значения механического нуля. Подобные измерения продолжаются до момента достижения достаточного количества измерений. В частности, блок принятия решения 140 определяет, не будет ли текущее значение стандартного отклонения меньше предела сходимости.

В данном случае, если стандартное отклонение уменьшается с каждым последовательным значением Δt и уже упало ниже заданного предельного значения, тогда, практически, исключается, что какие-то дополнительные измерения будут оказывать отрицательное влияние на значение механического нуля.

Следовательно, если стандартное отклонение уже уменьшилось описанным выше образом, тогда блок принятия решений 140 передает дальнейшее исполнение программы в указанном стрелкой “Да” направлении блоку принятия решений 143. С другой стороны, если текущее значение стандартного отклонения все еще будет выше предела сходимости, тогда исполнение программы передается в указанном стрелкой “Нет” направлении блоку принятия решений 141 (упомянутая стрелка отходит от блока принятия решений 140).

Блок принятия решений 141 устанавливает, нажал ли пользователь какую-то кнопку или каким-то иным образом выдал соответствующую индикацию в измерительный прибор, чтобы закончить текущий процесс определения механического нуля. В случае, если пользователь закончил выполнение этого процесса, тогда блок принятия решений 141 передает дальнейшее исполнение программы в указанном стрелкой “Да” направлении блоку принятия решений 143.

С другой стороны, если пользователь не закончил выполнение текущего процесса определения механического нуля, тогда блок принятия решений 141 передает дальнейшее исполнение программы в указанном стрелкой “Нет” направлении блоку принятия решений 142. В процессе исполнения программы блоком принятия решений 142 он будет устанавливать, было ли выполнено максимальное количество подсчетов измеренных значений Δt . Если это максимальное количество, например, 2000 измерений было выполнено, тогда блок принятия решений 142 передает исполнение программы в указанном стрелкой “Да” направлении блоку принятия решений 143.

С другой стороны, если максимальное количество измерений не было выполнено, тогда исполнение программы отходит из стандартной программы 83 по направлению отходящей от блока принятия решений 142 стрелки “Нет” 144 и через путь 135, чтобы соответствующим образом обработать следующее последовательное измерение Δt .

На этом этапе исполнения стандартной программы 83 текущее значение, пусть и временное, для отметки механического нуля определялось на основе достаточное количества последовательных измерений Δt . Теперь блоки принятия решений 143, 145 и 146 будут определять, находится ли это значение механического нуля в рамках заданных пределов, например, в пределах ± 3 мксек, и является ли это значение механического нуля относительно свободным от помех.

На этом этапе блок принятия решений 143 устанавливает, будет ли текущее временное значение механического нуля меньше нижнего предела, т.е. меньше -3 мксек. В случае, если этот предел превышен в отрицательном направлении, тогда блок принятия решений 143 передает исполнение программы в указанном стрелкой “Да” направлении блоку 147.

Поскольку это означает ошибочное условие, то в момент исполнения программы блоком 147 он будет устанавливать значение соответствующего флага ошибки - механический нуль слишком мал, на истинное значение. С другой стороны, если нижний предел не превышен в отрицательном направлении, тогда блок принятия решений 143 передает дальнейшее исполнение программы блоку принятия решений 145 в направлении, указанному стрелкой “Нет”.

Этот последний блок будет определять, будет ли текущее значение временного механического нуля больше верхнего предела, т.е. больше $+3$ мксек. В случае если этот предел превышен в положительном направлении, тогда блок принятия решений 145 передает дальнейшее исполнение программы блоку 148 в направлении, указанному стрелкой “Да”.

Поскольку это означает возникновение ошибочного состояния, то в момент исполнения программы блок 148 устанавливает значение соответствующего флага ошибки, например, механический нуль слишком высок - на истинное значение. Значения верхнего и нижнего пределов в ± 3 мксек устанавливаются эмпирическим путем, поскольку они являются теми значениями, в пределах которых должны находиться все основанные на факте отсутствия потока значения для изме-

рительных приборов, которые в настоящее время промышленность выпускает по лицензии, принадлежащей автору изобретения.

С другой стороны, если ни один из упомянутых пределов не превышен, тогда блок принятия решений 145 передает исполнение программы блоку принятия решений 146 в направлении, указанному стрелкой “Нет”. Этот последний блок будет определять, является ли временное значение механического нуля в достаточной степени свободным от каких-либо погрешностей, т.е. обладают ли все последовательные значения Δt , которые используются для генерирования этого значения, меньшей изменчивостью, чем какая-то конкретная изменчивость, причем это делается на основе сравнения настоящего значения минимального стандартного отклонения с пределом, равным заданному кратному целого числа (“п”) (обычно двум) предела сходимости.

Следует иметь в виду, что при приближении стандартного отклонения к своему минимальному значению отмечена тенденция появления наиболее повторяемого значения механического нуля. Можно предположить, что подобная тенденция напрямую связана с тем фактом, что измеренные значения Δt будут нарушаться периодическими шумами или помехами, например, фоном переменного тока 60 Гц и его гармониками, что отрицательно влияет на частоту дискретизации сигналов от датчиков скорости (т.е. счетчики 64 считаются один раз через каждый цикл возбуждения трубы), в результате чего происходит образование частот биения, которые, в конечном итоге, появляются в измеренных значениях Δt .

Можно ожидать, что в нормальных условиях какие-то помехи этого типа будут присутствовать всегда, хотя амплитуда этих помех обычно будет изменяться от прибора к прибору. Для всего диапазона измерительных приборов, выпускаемых по лицензии правопреемника изобретения, сигналы скорости имеют основные частоты в диапазоне от 30 до 180 Гц.

Амплитуда частот биения будет минимальной тогда, когда помехи совпадают по фазе с упомянутой скоростью дискретизации сигналов, и она будет повышаться по мере постепенного смещения по фазе относительно скорости дискретизации сигналов, что в конечном итоге приводит к более высокой степени изменчивости и большей вероятности появления помех в измеренных значениях Δt , когда через прибор не проходит никакой жидкости.

Следовательно, минимальное значение стандартного отклонения используют для определения факта, будет ли результирующее значение механического нуля иметь слишком большие помехи. В данном случае, если блок принятия решений 146 устанавливает, что минимальное стандартное отклонение превышает предел в “п” раз предел сходимости, тогда ясно, что текущее временное значение механического нуля имеет слишком много помех и его следует игнорировать.

Поскольку это фактически означает возникновение состояния ошибки, то блок принятия решений 146 передает дальнейшее исполнение программы блоку 149 в направлении стрелки “Да”. Этот последний в процессе исполнения программы будет устанавливать значение соответствующего флага ошибки, например, механический нуль имеет слишком много помех, на истинное значение.

С другой стороны, если минимальное стандартное отклонение будет достаточно низким, а, следовательно, будет указывать на то, что временное значение механического нуля относительно свободно от помех, тогда блок принятия решений 146 передает исполнение программы блоку 150 по направлению стрелки “Нет”. Этот последний обновляет значение механического нуля, которое в данный момент равно значению временного механического нуля.

После исполнения блоками 147, 148, 149 и 150 своей части программы, дальнейшее ее исполнение переходит к блоку 151, который, в свою очередь, устанавливает состояние флага - нулевое состояние в неактивное состояние, чтобы указать на то, что процесс определения значения механического нуля закончен и в данный момент эта проблема снята. После того, как это произошло, прекращаются какие-либо операции по исполнению стандартной программы 83.

Исходя из описанных выше результатов процесса определения отметки механического нуля, теперь можно смело переходить к описанию связанных с упомянутым выше процессом операций по установке на нуль, которые схематически показаны на фиг. 9 и которые происходят для каждого соответствующего диапазона стандартного отклонения - $\delta_{\Delta t}$, которое может иметь место в ходе реализации упомянутых операций.

В данном конкретном случае всякий раз, когда значение $\delta_{\Delta t}$ лежит в пределах диапазона 152, а, следовательно, будет меньше предела сходимости (1), то будет тут же прекращаться операция установки на нуль и будет принято результирующее значение механического нуля. Для любого значения $\delta_{\Delta t}$, лежащего в пределах диапазона 153, а, следовательно, и большего, чем предел

сходимости, но меньшего в “п” раз этого предела, операция установки на нуль будет продолжаться до тех пор, пока не произойдет максимальное количество измерений Δt , причем само максимальное количество выражается через значение переменный максимальный подсчет. Это количество (в циклах возбуждения трубы) определяет максимальный интервал установки на нуль.

Для любого значения δ_t , которое находится в пределах диапазона 154, а следовательно будет превышать в “п” раз предел сходимости, операция установки на нуль будет тут же прекращаться. Связанное с этим текущее значение механического нуля будет просто не приниматься в расчет, а учитываться будет самое последнее значение.

На фиг. 10 схематически показаны диапазоны приемлемых и неприемлемых значений механического нуля. Из данных этого чертежа ясно, что ошибочными значениями механического нуля будут те значения, которые находятся либо в диапазоне 155, а, следовательно, будут отрицательно большими по отношению к отрицательному пределу в -3 мксек, либо в диапазоне 156, а, следовательно, будут положительно больше по отношению к положительному пределу в ± 3 мксек.

Если отметка механического нуля определяется как имеющая любое из упомянутых значений, тогда это значение просто игнорируется. Принимаются только те значения механического нуля, которые находятся в пределах диапазона 157, а, следовательно, они располагаются между отрицательными и положительными пределами.

На фиг. 11 показана блок-схема стандартной программы обработки данных о температуре устойчивого к температурным колебаниям устройства - 19. Как уже упоминали выше, эта стандартная программа исполняется на периодически прерываемой основе, т.е. прерывается каждые 0.8 сек и выдает преобразованное в цифровую форму значение температуры трубы Вентури, которое будет по существу нечувствительным к температурному дрейфу устройства 19, причем на основе этого значения рассчитывается текущее значение скорректированного на температуру коэффициента измерительного прибора (RF). Затем это значение хранится в базе данных внутри микрокомпьютера для последующего использования стандартной программой 81 для определения текущего значения удельного массового расхода жидкости.

После введения в стандартную программу 81 ее исполнение переходит к блоку 158. В ходе исполнения этой программы упомянутый блок вынуждает аналоговый переключатель 49 прокладывать маршрут для напряжения устройства 19 к входу преобразователя напряжение - частоты 68 (см. фиг. 3А и 3В) для последующего преобразования последнего.

Чтобы более эффективно выполнить эту операцию, микропроцессор 52 посыпает соответствующие сигналы адреса и управления по проводам 76 и 75 в схему 48, и, в частности, в расположенный в этой схеме логический контур управления 60. Эти сигналы, в свою очередь дают команду логическому контуру послать по проводам 67 соответствующие сигналы выбора на аналоговый переключатель.

После выполнения этих операций и истечения соответствующего интервала подсчета, показанный на фиг. 11, блок 158 считывает содержание счетчика 63 (см. фиг. 3А и 3В), в котором содержится подсчитанное значение, пропорциональное аналоговому напряжению устройства 19 с преобразованной частотой.

После этого, что хорошо показано на фиг. 11, исполнение программы переходит к блоку 159. В процессе исполнения программы этот блок фильтрует содержание, которое уже было считано из счетчика 63, с помощью двухполюсного фильтра программного обеспечения и хранит отфильтрованное значение во временной переменной - преобразование напряжение - частота.

После того, как это произошло, блок 160 начинает исполнение части программы с целью устранения из отфильтрованного значения значение нулевого смещения, чтобы выдать текущее значение частоты. Это значение нулевого смещения является ненулевым отфильтрованным подсчитанным значением выходного сигнала частоты, которое выдается преобразователем напряжение - частота после подачи в него нулевого входного напряжения (V_{ref_1}).

После этого блок 161 начинает исполнение программы с целью вычисления коэффициента пропорциональности, который точно указывает количество подсчетов на каждый градус $^{\circ}\text{C}$. Этот коэффициент можно выразить через разность в отфильтрованных подсчитанных значениях для двух эталонных напряжений (V_{ref_1} и V_{ref_2} , которые на фиг. 11 представлены потенциалом земли и напряжением в 1.9 В соответственно), деленных на десятичное число “380”.

Поскольку подсчитанные значения частоты для обоих эталонных напряжений получают по существу одновременно с любым изменением в температуре трубы Вентури, поэтому любой

температурный дрейф, образованный преобразователем напряжение - частота, будет по существу вводить одинаковый компонент ошибки в оба подсчитанных значения.

Поскольку коэффициент пропорциональности рассчитывается на основе разности между этими подсчитанными значениями, а не с помощью величины любого одного из этих значений, то значение коэффициента пропорциональности по существу не будет испытывать какого-либо влияния со стороны любого смещения в подсчитанном выходном сигнале напряжение - частота, которое можно приписать температурному дрейфу.

Как значение нулевого смещения, так и отфильтрованное подсчитанное значение эталонного напряжения в 1.9 В определяют на периодической прерывистой основе с помощью другой стандартной программы (на чертежах не показана), но с тем же интервалом в 0.8 секунды. Эта стандартная программа, с которой хорошо знаком каждый специалист в данной области, вынуждает схему 48 посыпать соответствующие сигналы выбора в аналоговый переключатель, чтобы сперва продолжить маршрут прохождения на временной расположенной в шахматном порядке основе либо для потенциала земли (V_{ref_1}), либо для эталонного напряжения в 1.9 В (V_{ref_2}) на вход в преобразователь напряжение - частота 68 с последующим подсчетом значения частоты, образованного до и после считывания и фильтрации этого значения, и хранением отфильтрованных результатов.

После определения с помощью блока 161 коэффициента пропорциональности исполнение программы переходит к блоку 162. Этот последний рассчитывает текущую температуру (TEMP), которую считывает устройство 19 путем деления текущего значения частоты на коэффициент пропорциональности. После этого исполнение программы переходит к блоку 163, который рассчитывает скорректированный на температуру коэффициент измерительного прибора, используя для этого значение коэффициента измерительного прибора и текущее значение температуры.

Для измерительного прибора Кориолиса его коэффициентом является хорошо известная константа, которую определяют эмпирическим путем в процессе изготовления прибора. После вычисления скорректированного на температуру коэффициента измерительного прибора его хранят в базе данных для последующего использования в процессе определения удельного массового расхода жидкости. На этом заканчивается исполнение стандартной программы 84.

Для специалистов в данной области сейчас совершенно ясно, что хотя обе канальные пары работают параллельно, т.е. одна канальная пара работает в своем нулевом режиме, а в это же время другая канальная пара работает в своем режиме измерения, однако эти же канальные пары могут работать и последовательно. В этом последнем случае работающая канальная пара будет функционировать в своем нулевом режиме и/или в своем режиме измерения, тогда как другая канальная пара пребывает в резервном состоянии.

Затем канальные пары могут периодически переключаться с рабочего на резервный статус или состояние при завершении каждого режима работы или после того, как работающая канальная пара последовательно работает как в режиме измерения, так и в нулевом режиме. Поскольку при последовательном функционировании одна канальная пара будет всегда находиться в резервном состоянии в какой-то один момент времени, то для упрощения общей схемы прибора вместо двух канальных пар будет использовать одну канальную пару, которая будет всегда находиться в рабочем состоянии и будет постоянно и циклическим образом переходить из своего нулевого режима в режим измерения.

В тех случаях, когда одна фактически работающая канальная пара находится в своем нулевом режиме, не будет выполняться никаких измерений расхода потока. Таким образом, можно сделать предположение, что вместо фактического измерения расхода потока в данном случае необходимо будет более внимательно изучить поток жидкости, который в этот момент проходит через измерительный прибор.

Следовательно, за счет устранения непрерывных измерений расхода потока жидкости можно будет использовать в измерительных приборах Кориолиса только одну фактически работающую в какой-то конкретный момент времени канальную пару и выдать результаты измерений расхода потока, которые будут характеризоваться незначительной неточностью, причем сканное выше не зависит от того, содержит измерительный прибор только одну физическую канальную пару, которая циклическим образом выполняет оба своих режима (нулевой режим и режим измерения), или две канальные пары, одна из которых в какой-то один момент времени находится в резервном состоянии.

В противоположность этому, предлагаемая по изобретению схема измерения расхода жидкости 43, всегда содержит одну канальную пару, которая в процессе выполнения обычных операций по измерению потока жидкости в любой момент времени измеряет фактический расход жидкости, причем в данном случае измерительный прибор выдает исключительно точные результаты измерения потока жидкости, что стало возможным лишь за счет незначительного увеличения сложности самой схемы измерения.

Более того, хотя в рамках нулевого режима для любой канальной пары уже предусмотрен “активный” интервал, в течение которого, например, можно будет выполнить двойные измерения потока жидкости и провести сравнения результатов измерения этого потока, однако в случае необходимости этот интервал можно аннулировать без какого-либо отрицательного влияния на степень точности самого измерительного прибора.

Фактически аннулирование упомянутого интервала можно использовать для уменьшения длительности нулевого режима на один интервал установки на нуль (т.е. уменьшить продолжительность периода, в течение которого канальная пара будет в противном случае работать в “активном” интервале) или увеличения длительности периода, в течение которого эта канальная пара фактически находится в режиме установки на нуль за счет соответствующего увеличения количества измерений внутренней фазовой задержки, которые должны выполняться позднее.

Для всех специалистов в данной области также ясно, что хотя в описанном варианте изобретения используются U-образные трубы Вентури, однако существует возможность использовать трубы Вентури практически любого размера и формы и практически во всех случаях, в которых эти трубы Вентури могут колебаться вокруг какой-то оси с целью образования безинерционной системы отсчета.

Например, в данном случае трубы Вентури могут быть представлены (но не ограничены) только прямолинейными трубками, S-образными трубками или трубками в виде замкнутой петли. Более того, хотя измерительный прибор по изобретению показан как содержащий две параллельные трубы Вентури, однако некоторые варианты изобретения имеют одиночную трубку Вентури или более двух параллельных трубок Вентури, например, три, четыре или даже больше.

Хотя в раскрытом выше описании описан и проиллюстрирован только один вариант изобретения, однако всем специалистам в данной области совершенно ясно, что возможно создание многих прочих вариантов измерительного прибора, которые основываются на сути и особенностях изобретения.

Формула изобретения

1. Прибор Кориолиса для измерения удельного расхода технологической жидкости, проходящей через него, содержащий, по меньшей мере, один трубопровод, средство для возбуждения колебаний трубопровода, средства в виде датчиков скорости для регистрации движения трубопровода, вызванного противодействующими силами Кориолиса, возникающими при прохождении технологической жидкости через трубопровод, и для формирования первого и второго сигналов датчиков, обусловленных зарегистрированным движением трубопровода, и схему измерения, принимающую первый и второй сигналы датчиков для получения значения удельного расхода технологической жидкости, отличающуюся тем, что схема измерения содержит первый входной канал, принимающий первый сигнал от одного датчика скорости, второй эталонный входной канал, третий входной канал, принимающий второй сигнал от другого датчика скорости, для формирования соответствующего первого, второго и третьего канальных выходных сигналов, средства подсчета и обработки, содержащие средства подсчета первого, второго и третьего канальных выходных сигналов для определения первого и второго значений внутренней фазовой задержки посредством первой и второй пар входных каналов, сформированных соответственно из первого и второго и первого и третьего входных каналов, и для измерения первого и второго значений временной разности Δt для первой и второй пар входных каналов, средство компенсации для получения первого компенсированного значения временной разности Δt с помощью первого значения внутренней фазовой задержки и второго компенсированного значения временной разности Δt с помощью второго значения внутренней фазовой задержки, и средство обработки для определения текущего удельного расхода технологической жидкости по предварительно определенным первому и второму компенсированным значениям временной разности Δt , средство для избирательного прохождения первого или второго сигналов датчиков скорости к соответствующим входам первого, второго и третьего входных каналов, средство управления, соединенное со

средством для избирательного прохождения и со средствами подсчета и обработки, для выбора выходных сигналов датчиков скорости, подаваемых на выбранные входные каналы одновременно, для функционирования средства для избирательного прохождения и первой и второй пары входных каналов совместно со средством подсчета таким образом, что, когда первая пара входных каналов определяет первое значение внутренней фазовой задержки, вторая пара входных каналов измеряет второе значение временной разности Δt , а после истечения предварительно определенного интервала времени для обратного функционирования пар входных каналов, когда первая пара входных каналов будет измерять первое значение временной разности Δt , а вторая пара входных каналов будет определять второе значение внутренней фазовой задержки.

2. Прибор по п. 1, отличающийся тем, что он выполнен с возможностью измерения первого и второго значений внутренней фазовой задержки при прохождении технологической жидкости через прибор.

3. Прибор по п. 1, отличающийся тем, что средство управления содержит средство для функционирования каждой пары входных каналов в первом (нулевом) режиме, в котором средство для избирательного прохождения обуславливает прохождение эталонного сигнала на вход входных каналов в каждой их паре, а средство подсчета измеряет третье значение временной разности Δt между соответствующими канальными выходными сигналами для обоих каналов в каждой паре входных каналов в виде внутренней фазовой задержки, и для функционирования во втором (измерительном) режиме, в котором средство для избирательного прохождения обуславливает прохождение первого и второго сигналов датчиков скорости к соответствующим входам обоих входных каналов в каждой паре входных каналов и средство подсчета измеряет последовательно множество значений Δt для каждой пары каналов.

4. Прибор по п. 2, отличающийся тем, что средство для избирательного прохождения выполнено с возможностью прохождения эталонного сигнала в виде первого или второго сигналов датчиков скорости.

5. Прибор по п. 3, отличающийся тем, что средство компенсации содержит средство, реагирующее на третье значение временной разности Δt в течение первого (нулевого) режима для первой и второй пар входных каналов для соответствующего формирования первого и второго значений внутренней фазовой задержки, и средство, действующее в течение второго (измерительного) режима для первой и второй пар входных каналов для раздельной компенсации каждого значения в соответствующих множествах первых и вторых измеренных значений временной разности Δt с помощью первого и второго значений внутренней фазовой задержки, полученных в течение первого (нулевого) режима для первой и второй пар входных каналов соответственно.

6. Прибор по п. 4, отличающийся тем, что средство управления содержит средства для организации последовательной цикличной работы каждой первой и второй пары входных каналов между первым (нулевым) и вторым (измерительным) режимами.

7. Прибор по пп. 1 или 6, отличающийся тем, что схема измерения содержит входной мультиплексор, получающий первый и второй сигналы датчиков скорости для обеспечения первого, второго и третьего выходных сигналов мультиплексора с учетом сигналов выбора для избирательного прохождения первого или второго сигналов датчиков скорости к каждому из первого, второго или третьего выходов мультиплексора, а первый, второй и третий входные каналы выполнены с первым, вторым и третьим канальными входами для соответствующего обеспечения первого, второго и третьего канальных выходных сигналов, в каждом из которых происходит изменение уровня, если сигнал, поданный на соответствующий один из первого, второго или третьего канальных входов, равен предварительно определенному уровню, причем первый, второй и третий канальные входы соответственно соединены с первым, вторым и третьим выходами мультиплексора, первое и второе средства синхронизации в виде средства подсчета, получающие первый со вторым канальные выходные сигналы, а также второй с третьим канальные выходные сигналы соответственно для первой и второй пар входных каналов, при этом первое средство синхронизации последовательно измеряет первый временной интервал для первого и второго канальных выходных сигналов, а второе средство синхронизации последовательно измеряет второй временной интервал для второго и третьего канальных выходных сигналов, логическое средство в средстве управления, соединенное с первым и вторым средствами синхронизации и с входами мультиплексора, для формирования сигналов выбора, которые непрерывно обеспечивают маршрут первого или второго сигналов датчиков скорости ко второму выходу мультиплексора и изби-

рательно обеспечивают маршрут сигнала либо первого, либо второго датчика скорости к первому и третьему выходам мультиплексора для функционирования первой и второй пар входных каналов либо в первом, либо во втором режимах.

8. Прибор по п. 7, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что логическое средство содержит средство выбора состояния для формирования соответствующей последовательности сигналов выбора, чтобы повторно организовать циклы работы каждой пары входных каналов между первым и вторым режимами.

9. Прибор по п. 8, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что средство выбора состояния содержит средства для формирования сигналов выбора и для обеспечения информации состояния, указывающей текущее состояние каждой одной из пар каналов, а средство для компенсации содержит процессор, функционирующий под воздействием измерений первого и второго временных интервалов первым и вторым средствами синхронизации, и под воздействием информации состояния для компенсации каждого из измерений второго и первого временных интервалов, измеренных, когда первая и вторая пары каналов соответственно функционировали во втором режиме, с учетом значения внутренней фазовой задержки, соответственно полученного для первой и второй пар входных каналов, когда эта пара последний раз функционировала в первом режиме.

10. Прибор по п. 9, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что процессор содержит средства для соответствующего получения первого и второго значений внутренней фазовой задержки для первой и второй пар каналов как среднего значения измерений первого и второго временных интервалов первой и второй парами каналов при функционировании их в первом режиме.

11. Прибор по п. 9, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что для каждой одной из первой и второй пар каналов выполнены средства, с помощью которых первый режим содержит последовательные первый интервал переключения, в течение которого один из канальных входов к одной паре каналов переключался через входной мультиплексор от сигнала второго датчика скорости к сигналу первого датчика скорости, интервал обнуления, в течение которого одна пара каналов обеспечивает последовательные измерения первого или второго временного интервала, и второй интервал переключения, в течение которого один канальный вход переключен через входной мультиплексор обратно к сигналу второго датчика скорости от сигнала первого датчика скорости.

12. Прибор по п. 11, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что средства, формирующие интервалы переключения и обнуления для первого режима, выполнены так, что первый и второй интервалы переключения равны по длительности один другому, причем переключающие переходные состояния, возникающие в течение каждого интервала, ограничены предварительно определенным уровнем.

13. Прибор по п. 12, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что средства формирования интервалов для первого режима выполнены так, что первый режим дополнительно содержит активный интервал, начинающийся после второго интервала переключения и в течение которого одна пара каналов может обеспечивать измерение значения Δt при прохождении технологической жидкости через прибор.

14. Способ использования прибора Кориолиса для измерения удельного расхода технологической жидкости, протекающей через него, содержащего, по меньшей мере, один трубопровод для определения расхода, средство для возбуждения колебания трубопровода, средства в виде датчиков скорости для регистрации движения трубопровода, заключающийся в том, что через трубопровод прибора пропускают технологическую жидкость, с помощью средства прибора возбуждают колебания трубопровода, регистрируют движение трубопровода, вызываемое противодействующими силами Кориолиса, которые возникают при прохождении технологической жидкости через трубопровод, формируют первый и второй сигналы датчиков скорости, обусловленные воздействием зарегистрированного движения трубопровода, и с помощью схемы прибора, реагирующую на первый и второй сигналы датчиков скорости, определяют значение удельного расхода технологической жидкости, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что схему прибора, реагирующую на первый и второй сигналы датчиков скорости, выполняют с первым, вторым и третьим входными каналами, которые соответственно обеспечивают первый, второй и третий канальные выходные сигналы, под действием которых определяют первое и второе значение внутренней фазовой задержки с помощью первой и второй пар входных каналов, при этом пары формируют соответственно из первого и второго и второго и третьего входных каналов, затем измеряют значение (Δt) первой и второй временной разности для первой и второй пар входных каналов, компенсируют под действием первого и второго значений внутренней фазовой задержки первое значение

Δt путем учета первого значения внутренней фазовой задержки для получения первого компенсированного значения Δt и второе значение Δt путем учета второго значения внутренней фазовой задержки для получения второго компенсированного значения Δt , избирают маршрут первого или второго сигнала датчиков скорости к соответствующим входам первого, второго и третьего входных каналов, и подают один из определенных сигналов датчиков скорости одновременно в виде входного сигнала к каждому одному из входных каналов, причем с помощью первой пары каналов определяют первое значение внутренней фазовой задержки, а с помощью второй пары каналов одновременно измеряют второе значение Δt , затем после истечения предварительно определенного интервала времени одновременно измеряют с помощью первой пары каналов первое значение Δt , и с помощью второй пары каналов определяют второе значение внутренней фазовой задержки, а удельный расход технологической жидкости определяют по предварительно определенным первому и второму компенсированным значениям Δt .

15. Способ по п. 14, отличающийся тем, что первое и второе значения внутренней фазовой задержки измеряют при прохождении технологической жидкости через прибор.

16. Способ по п. 15, отличающийся тем, что в нем выполняют первый и второй режим работы для каждой пары входных каналов, при этом в первом режиме подают эталонный сигнал ко входам обоих входных каналов в каждой паре каналов и измеряют третье значение временной разности на канальном выходных сигналах обоих каналов в каждой паре каналов, представляющее значение внутренней фазовой задержки для каждой пары каналов, а во втором режиме первый и второй сигналы датчиков скорости подают к соответствующим одним входам обоих входных каналов в каждой паре каналов и измеряют множество значений для каждой пары каналов.

17. Способ по п. 15, отличающийся тем, что эталонный сигнал подают в виде сигнала первого или второго датчиков скоростей.

18. Способ по п. 17, отличающийся тем, что при получении компенсированных значений Δt формируют первое и второе значения внутренней фазовой задержки при воздействии третьего значения временной разности, возникающего в течение первого режима для первой и второй пар каналов, выполняют раздельную компенсацию во втором режиме для первой и второй пар каналов каждого значения в соответствующих множествах первых и вторых измеренных значений Δt с учетом первого и второго значений внутренней фазовой задержки, которые получают при выполнении первого режима для первой и второй пар каналов соответственно.

19. Способ по п. 18, отличающийся тем, что осуществляют постоянное выполнение циклов между первым и вторым режимами каждой первой и второй пары каналов с помощью средства, которое выполняют в средстве управления прибора.

20. Способ по пп. 14 или 19, отличающийся тем, что в прибор вводят входной мультиплексор, на вход которого подают сигналы первого и второго датчиков скоростей, и выбранные под действием сигналов выбора первый или второй сигналы датчиков выводят из каждого первого, второго или третьего выхода мультиплексора, через первый, второй и третий входные каналы с первым, вторым и третьим канальными входами соответственно получают первый, второй и третий канальные выходные сигналы, каждый из которых изменяет уровень, когда сигнал, который подают на соответствующий один из первого, второго или третьего канальных входов, равен предварительно определенному уровню, при этом первый, второй и третий канальные входы соединены соответственно с первым, вторым и третьим выходами мультиплексора, на первое и второе средства синхронизации, которые вводят в прибор, подают первый и второй канальные выходные сигналы, а также второй и третий канальные выходные сигналы соответственно для определения первой и второй пар каналов, при этом в первом средстве синхронизации последовательно измеряют первый временной интервал между первым и вторым канальными выходными сигналами, а во втором средстве синхронизации последовательно измеряют второй временной интервал между вторым и третьим канальными выходными сигналами, сигналы выбора формируют в приборе с помощью логического средства, которое соединяют с первым и вторым средствами синхронизации и с входным мультиплексором, направляют с помощью сигналов выбора непрерывные первый или второй сигналы датчиков скорости ко второму выходу мультиплексора и направляют выборочно либо первый, либо второй сигналы датчиков к первому и третьему выходам мультиплексора, чтобы обеспечить функционирование первой и второй пар каналов в первом или во втором режиме.

21. Способ по п. 20, отличающийся тем, что осуществляют повторное цикличес-

функционирование каждой пары входных каналов между первым и вторым режимами путем воздействия соответствующей последовательности сигналов выбора, образованной при формировании сигнала выбора.

22. Способ по п. 21, отличающийся тем, что образуют последовательность сигналов выбора при формировании их, указывают при этом текущее состояние каждой одной из пар каналов, выполняют компенсацию, при измерении первого и второго временных интервалов первым и вторым средствами синхронизации и с учетом информации состояния, каждого измерения первого и второго временных интервалов для первой и второй пар каналов соответственно во втором режиме на значение внутренней фазовой задержки для первой и второй пар каналов, соответственно, при последнем функционировании этой пары каналов в первом режиме.

23. Способ по п. 21, отличающийся тем, что первое и второе значения внутренней фазовой задержки для первой и второй пар каналов получают при измерении первого и второго временных интервалов для этих пар каналов, функционирующих в первом режиме, в виде их среднего значения.

24. Способ по п. 21, отличающийся тем, что для каждой одной первой или второй пары каналов в первый режим включают последовательно первый интервал переключения, в течение которого один из канальных входов для одной пары каналов переключают через входной мультиплексор от сигнала второго датчика к сигналу первого датчика, интервал обнуления, в течение которого одной парой каналов выполняют последовательные измерения первого или второго временных интервалов, и второй интервал переключения, в течение которого один канальный вход переключают через входной мультиплексор обратно от сигнала первого датчика к сигналу второго датчика.

25. Способ по п. 24, отличающийся тем, что первый и второй интервалы переключения выдерживают равными по длительности один другому и с переключающими переходными состояниями, ограниченными до предварительно определенного уровня.

26. Способ по п. 25, отличающийся тем, что первый режим выполняют с активным интервалом после второго интервала переключения, и в течение этого активного интервала в одной паре каналов обеспечивается измерение значений Δt при протекании через прибор технологической жидкости.

27. Схема измерения первого и второго выходных сигналов, выполненная с возможностью преобразования входных сигналов, отличающаяся тем, что она содержит первый, второй и третий каналы с первым, вторым и третьим входами, для соответствующего обеспечения первого, второго и третьего канальных выходных сигналов под воздействием предварительно определенной характеристики первого, второго и третьего канальных входов, средства измерения, содержащие средства, реагирующие на первый, второй и третий канальные выходные сигналы для определения первого и второго значений внутренней фазовой задержки для первой и второй пар входных каналов, образованных из первого, второго и третьего входных каналов, и для соответствующего измерения значений первого и второго сигналов через первую и вторую пары каналов для получения первого и второго измеренных значений сигнала, и средства, реагирующие на первое и второе измеренные значения сигнала средств и первое и второе значения внутренней фазовой задержки для соответствующей компенсации первого и второго измеренных значений сигнала путем учета первого и второго значений внутренней фазовой задержки для получения первого и второго компенсированных значений, соответственно измеренных первого и второго входных сигналов, средство для избирательного определения маршрута первого или второго входных сигналов к соответствующим входам первого, второго и третьего входных каналов, и средство управления, соединенное со средством для избирательного определения маршрута и со средствами измерения, для указания, какой один из входных сигналов должен быть одновременно подан в качестве входного сигнала к каждому одному из входных каналов, и для обеспечения функционирования средства для избирательного определения маршрута первой и второй пар входных каналов совместно со средствами измерения таким образом, что, когда первая пара каналов определяет первое значение внутренней фазовой задержки, вторая пара каналов измеряет значение второго входного сигнала, и для реверсирования функционирования пар каналов после истечения предварительно определенного интервала времени так, что первая пара будет измерять значение сигнала, тогда как вторая пара будет определять второе значение внутренней фазовой задержки, обеспечивая непрерывное измерение первого и второго входных сигналов и их компенсацию, произведенных каждой парой каналов, на значение внутренней фазовой задержки, для этой конкретной пары каналов.

28. Схема по п. 27, отличающаяся тем, что средство для избирательного определения маршрута выполнено в виде входного мультиплексора с первым и вторым входами для первого и второго входных сигналов, формирующих первый, второй и третий выходные сигналы мультиплексора через его выходы, и, под действием сигналов выбора, для избирательного определения маршрута первого или второго входных сигналов к каждому первому, второму или третьему выходам мультиплексора, при этом первый, второй и третий канальные входы соединены соответственно с первым, вторым и третьим выходами мультиплексора, первое и второе средства измерения, на которые подаются первый и второй канальные выходные сигналы, а также второй и третий канальные выходные сигналы соответственно, для определения первой и второй пар каналов, при этом первая и вторая пары каналов соответственно измеряют предварительно определенную характеристику первого и второго канальных выходных сигналов и второго и третьего канальных выходных сигналов, а средство управления содержит логическое средство, соединенное с первым и вторым средствами измерения и с входным мультиплексором, для формирования сигналов выбора в мультиплексоре при непрерывной подаче первого или второго входных сигналов ко второму выходу мультиплексора и при избирательном определении маршрута либо первого, либо второго сигнала к каждому первому и третьему выходам мультиплексора, чтобы обеспечивать функционирование первой и второй пар каналов таким образом, что обе пары каналов одновременно действуют в различных одном из первого или второго режимах и каждая пара каналов имеет повторные циклы работы между первым и вторым режимами, причем, для одной пары каналов, действующей в первом режиме, первый или второй входной сигнал подан на оба канальные входа одной пары каналов, так что первое измеренное этим каналом значение отражает значение предварительно определенного внутреннего фазового смещения для этой одной пары каналов, а для противоположной одной пары каналов, действующей во втором режиме, первый и второй входные сигналы поданы на соответствующие одни канальные входы противоположной пары каналов, так что полученное второе измеренное значение отражает желаемую характеристику первого и второго входных сигналов.

29. Схема по п. 28, отличающаяся тем, что любая одна первая или вторая пара каналов выполнена так, что первый режим их функционирования содержит последовательные первый интервал переключения, в течение которого один канальный вход для одной пары каналов переключен через входной мультиплексор от второго входного сигнала к первому входному сигналу, интервал обнуления, в течение которого одна пара каналов вырабатывает множество первых измеренных значений, и второй интервал переключения, в течение которого один канальный вход переключен через входной мультиплексор обратно от первого входного сигнала ко второму входному сигналу.

30. Схема по п. 29, отличающаяся тем, что любая первая или вторая пары каналов выполнены так, что первый и второй интервалы переключения равны по длительности один другому и переключающие переходные состояния каждого интервала ограничены до предварительно определенного уровня.

31. Схема по п. 30, отличающаяся тем, что логическое средство дополнительно содержит средства для формирования сигналов выбора и для обеспечения информацией состояния, указывающей текущее состояние каждой одной пары каналов, и процессор, функционирующий под действием первого и второго значений, измеренных каждой парой каналов, и информации состояния для компенсации каждого значения из множества вторых значений, измеренных одной парой каналов во втором режиме, путем учета первого измеренного значения, предварительно полученного для этой пары каналов в процессе ее работы в первом режиме.

32. Схема по п. 31, отличающаяся тем, что первая и вторая пары каналов выполнены так, что желаемая характеристика представляет временную разность (Δt) между первым и вторым входными сигналами, а первое измеренное значение для первой и второй пар каналов соответственно отражает внутреннюю фазовую задержку для первой и второй пар каналов.

33. Схема по п. 32, отличающаяся тем, что каждое первое и второе средства измерения выполнены в виде счетчика.

34. Схема по п. 33, отличающаяся тем, что она содержит средства, в которых предварительно определенная характеристика для сигналов, поданных на первый, второй и третий канальные входы, выражается временем, в течение которого сигнал подают на первый, второй и третий канальные входы, соответственно, с предварительно определенной амплитудой.

35. Способ измерения первого и второго входных сигналов в схеме, включающий подачу их в схему, отличающуюся тем, что через образованные в схеме первый, второй и третий

входные каналы с первым, вторым и третьим канальными входами получают первый, второй и третий канальные выходные сигналы под действием заранее заданной характеристики первого, второго и третьего канальных входов, определяют под воздействием первого, второго и третьего канальных выходных сигналов первое и второе значения внутренней фазовой задержки соответственно связанных с первой и второй парами входных каналов, образованных в схеме, и соответственно измеряют значения первого и второго сигналов с помощью первой и второй пар каналов, затем выполняют соответствующую компенсацию с учетом первого и второго измеренных значений сигнала и первого и второго значений внутренней фазовой задержки, для получения первого и второго компенсированных значений измеренных первого и второго входных сигналов, избирают маршрут первого или второго входных сигналов к соответствующим входам первого, второго и третьего входных каналов, при этом определяют какой один из указанных входных сигналов должен быть одновременно подан на каждый один из входных каналов, причем обеспечивают одновременное функционирование средств, избирающих маршрут, первой и второй пар входных каналов и средств измерения, при этом в первой паре каналов определяют первое значение внутренней фазовой задержки, во второй паре каналов измеряют значение второго входного сигнала, а после истечения предварительно определенного интервала времени осуществляют реверсирование функционирования пар каналов так, что в первой паре каналов в результате измеряют значение первого входного сигнала, а во второй паре каналов определяют второе значение внутренней фазовой задержки, при этом непрерывно измеряют первый и второй входные сигналы и компенсируют измерения первого и второго входных сигналов, которые осуществляют каждой парой каналов, путем учета значения внутренней фазовой задержки для соответствующей пары каналов.

36. Способ по п. 35, отличающийся тем, что дополнительно на вход мультиплексора, введенного в схему, подают первый и второй входные сигналы и сигналы выбора, и с помощью сигналов выбора избирают маршруты этих входных сигналов к каждому первому, второму или третьему выходам мультиплексора, которые соединяют соответственно с первым, вторым и третьим выходами мультиплексора, также формируют первое и второе средства измерения в схеме, связанные с первым и вторым канальными выходными сигналами и вторым и третьим канальными выходными сигналами соответственно, в виде первой и второй пар каналов, в которых измеряют предварительно определенную характеристику первого и второго, и второго и третьего выходных сигналов, воздействуют сигналами выбора на первый и второй входные сигналы, в результате определяют маршрут этих сигналов, а затем непрерывно направляют первый или второй входной сигнал ко второму выходу мультиплексора и избирательно либо первый, либо второй сигнал к каждому первому и третьему выходу мультиплексора, при этом обеспечивают одновременное функционирование первой и второй пар каналов в различных одном первом и втором режимах и для каждой пары каналов повторяют циклы между первым и вторым режимами, при этом для одной пары каналов в первом режиме первый и второй входные сигналы подают на оба канальные входа этой одной пары и при первом измерении этой пары получают значение предварительно определенного внутреннего фазового смещения, образованного внутри этой одной пары каналов, а во втором режиме первый и второй входные сигналы подают к соответствующим одним канальным входам противоположной пары каналов и в результате получают второе измеренное значение желаемой характеристики первого и второго входных сигналов.

37. Способ по п. 36, отличающийся тем, что для любой одной первой или второй пары каналов при выполнении первого режима осуществляют последовательно первый интервал переключения, в течение которого один канальный вход для одной пары каналов переключают через входной мультиплексор от второго входного сигнала к первому входному сигналу, интервал обнуления, в течение которого в одной паре каналов формируют множество первых измеренных значений, и второй интервал переключения, в течение которого один канальный вход переключают через входной мультиплексор обратно от первого входного сигнала ко второму входному сигналу.

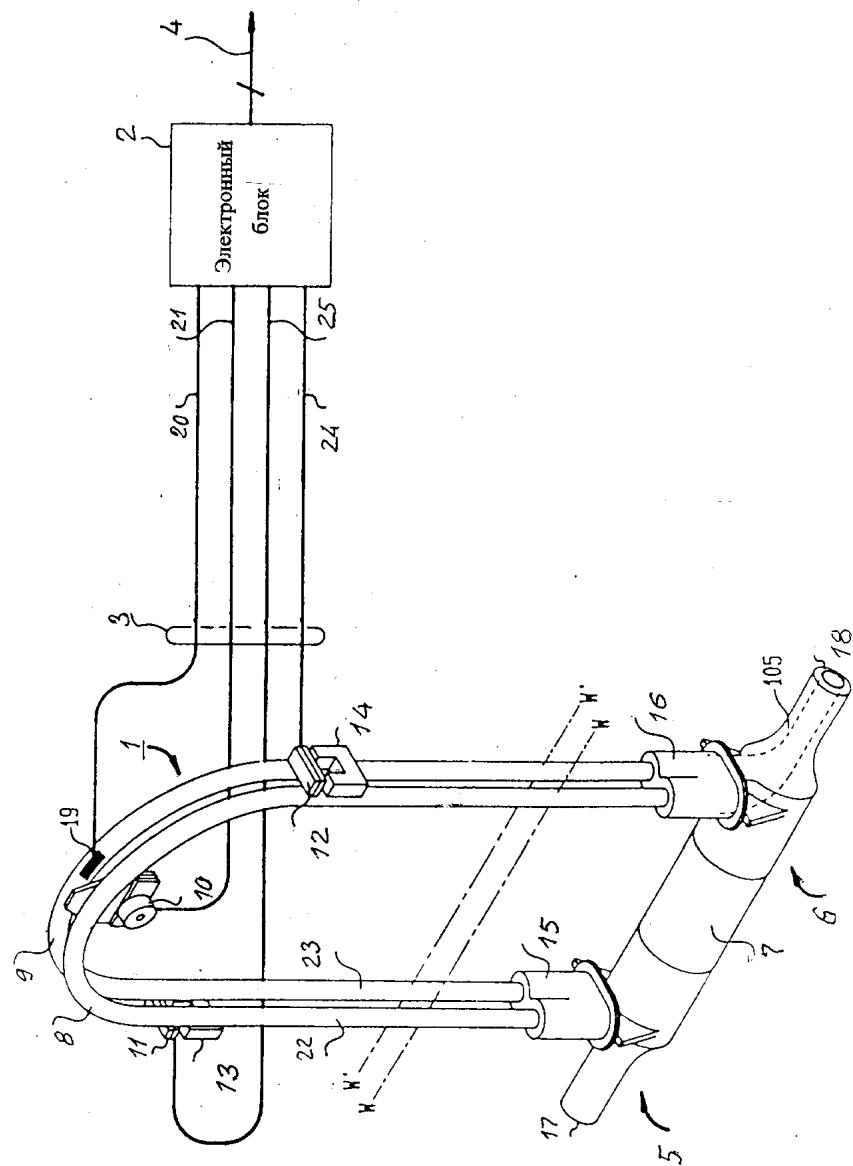
38. Способ по п. 37, отличающийся тем, что первый и второй интервалы переключения выполняют равными по длительности один другому с длительностью, достаточной, чтобы переключающие переходные состояния каждого интервала уменьшались до предварительно определенного уровня.

39. Способ по п. 38, отличающийся тем, что дополнительно формируют сигналы выбора и получают информацию о текущем состоянии каждой одной пары каналов и осуществляют компенсацию с учетом первого и второго измеренных значений, которые получают с помощью каждой пары каналов информации, состояний каждого значения из множества вторых

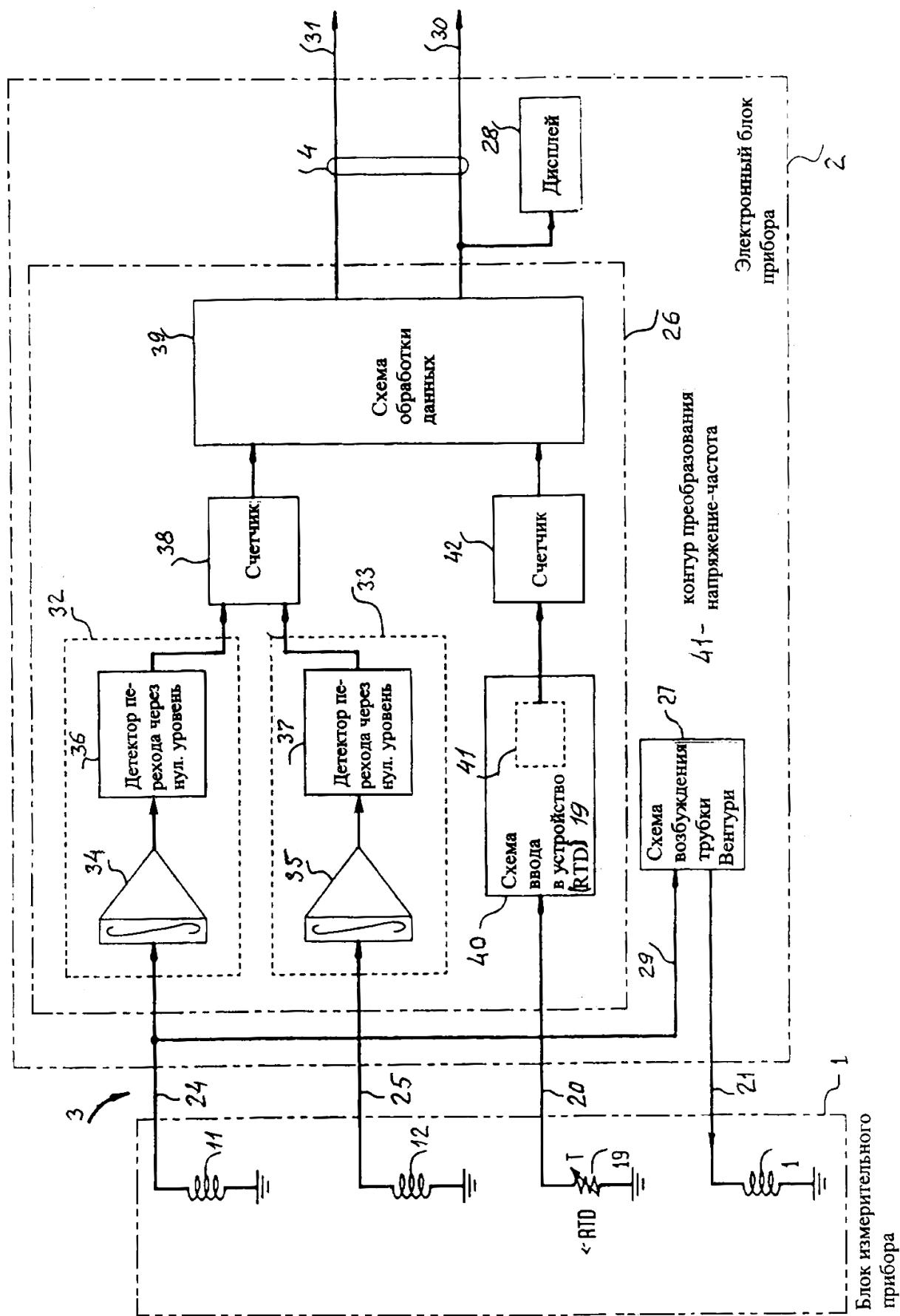
значений, измеренных одной парой каналов во втором режиме, с учетом первого измеренного значения, которое предварительно получают для этой пары каналов в процессе ее функционирования в первом режиме.

40. Способ по п. 39, отличающийся тем, что желаемую характеристику получают в виде временной разности (Δt) между соответствующими моментами для первого и второго входных сигналов, а внутреннюю фазовую задержку для первой и второй пар каналов получают путем измерения первого значения для первой и второй пар каналов соответственно.

41. Способ по п. 40, отличающийся тем, что предварительно определенную характеристику для сигналов, которые подают на первый, второй и третий канальные входы, представляют в виде времени, когда соответствующие сигналы представляют с предварительно определенной амплитудой.



Фиг. 1

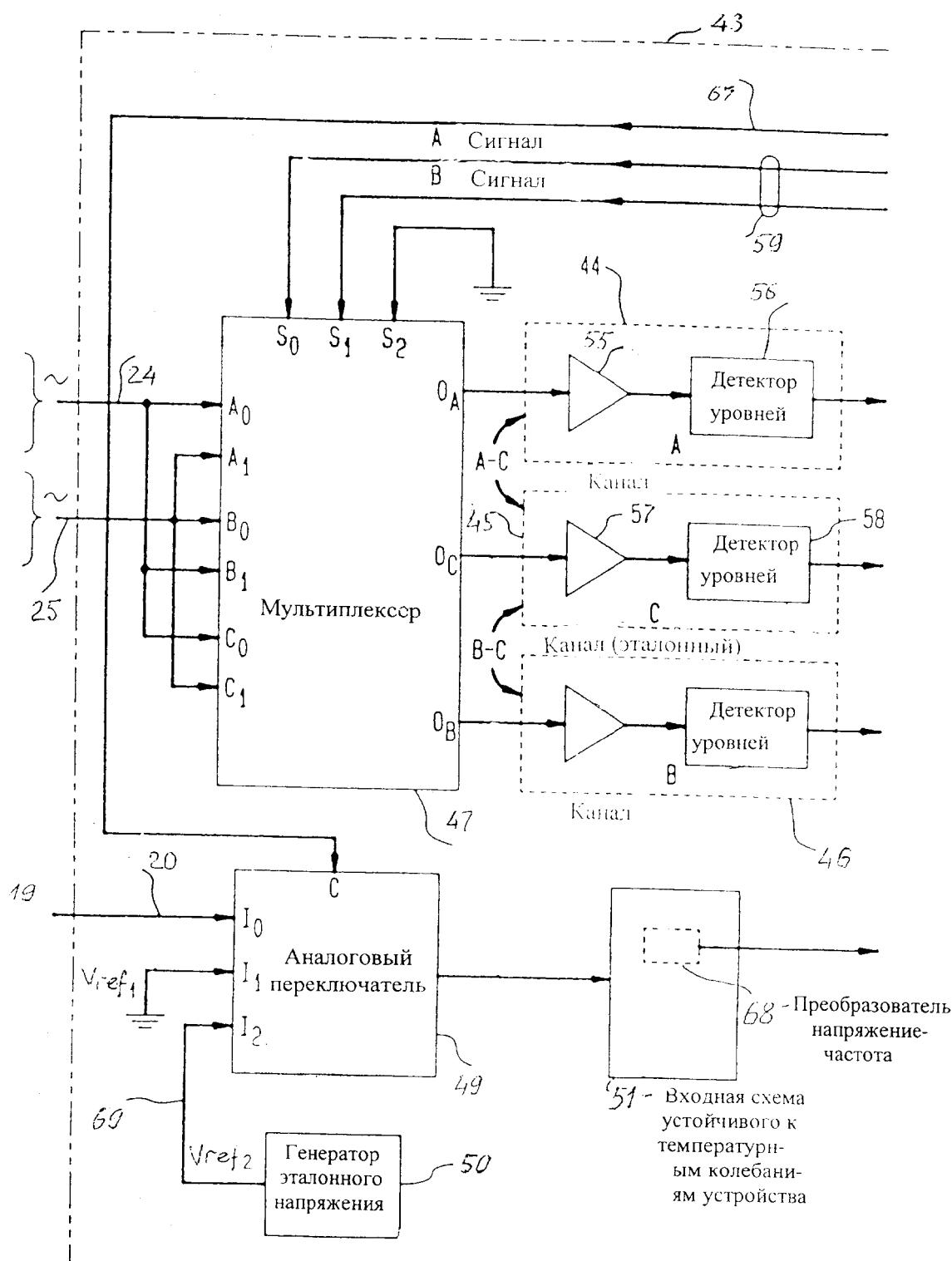


Фиг. 2

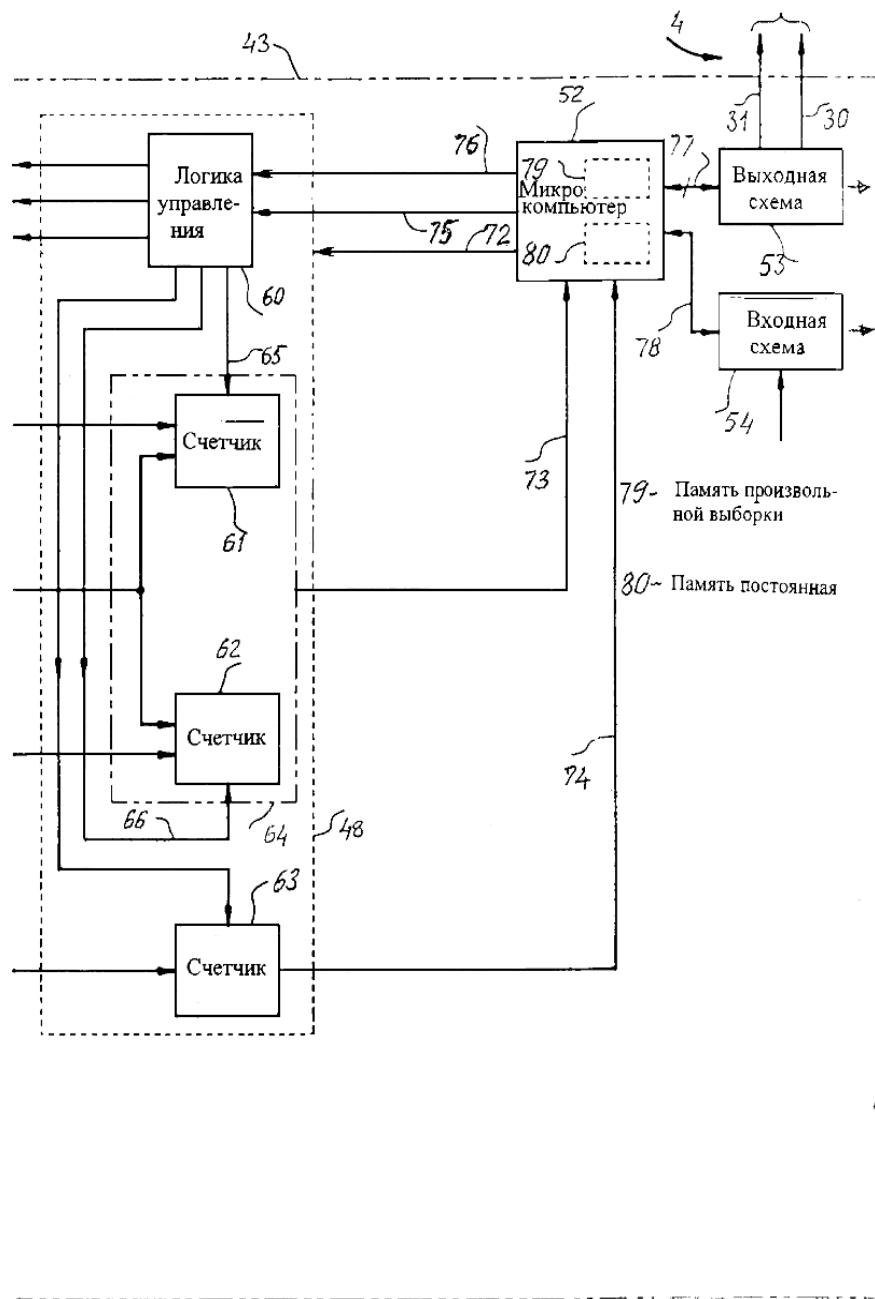
Фиг. 3А

Фиг. 3В

Фиг. 3



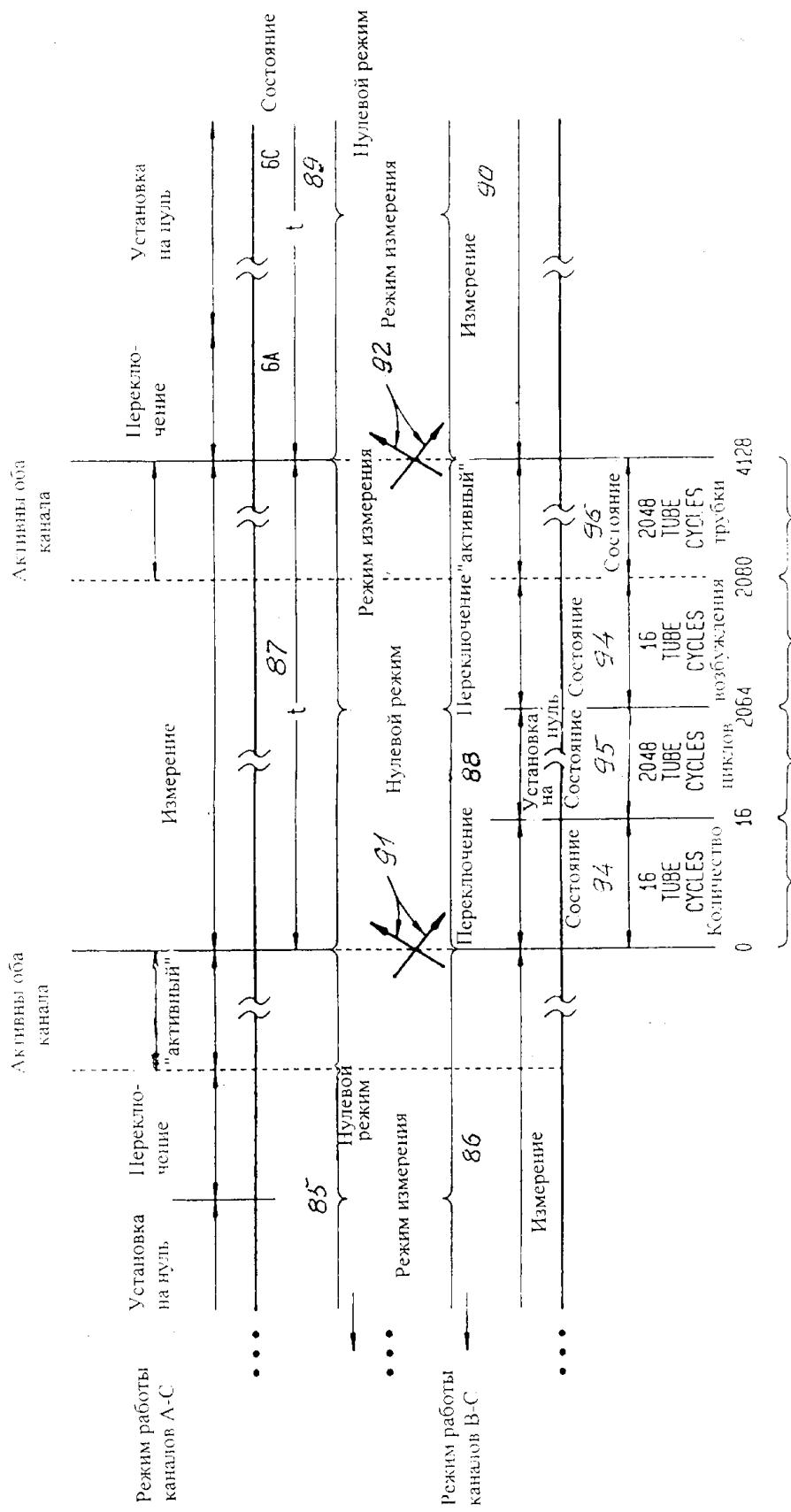
Фиг. 3А



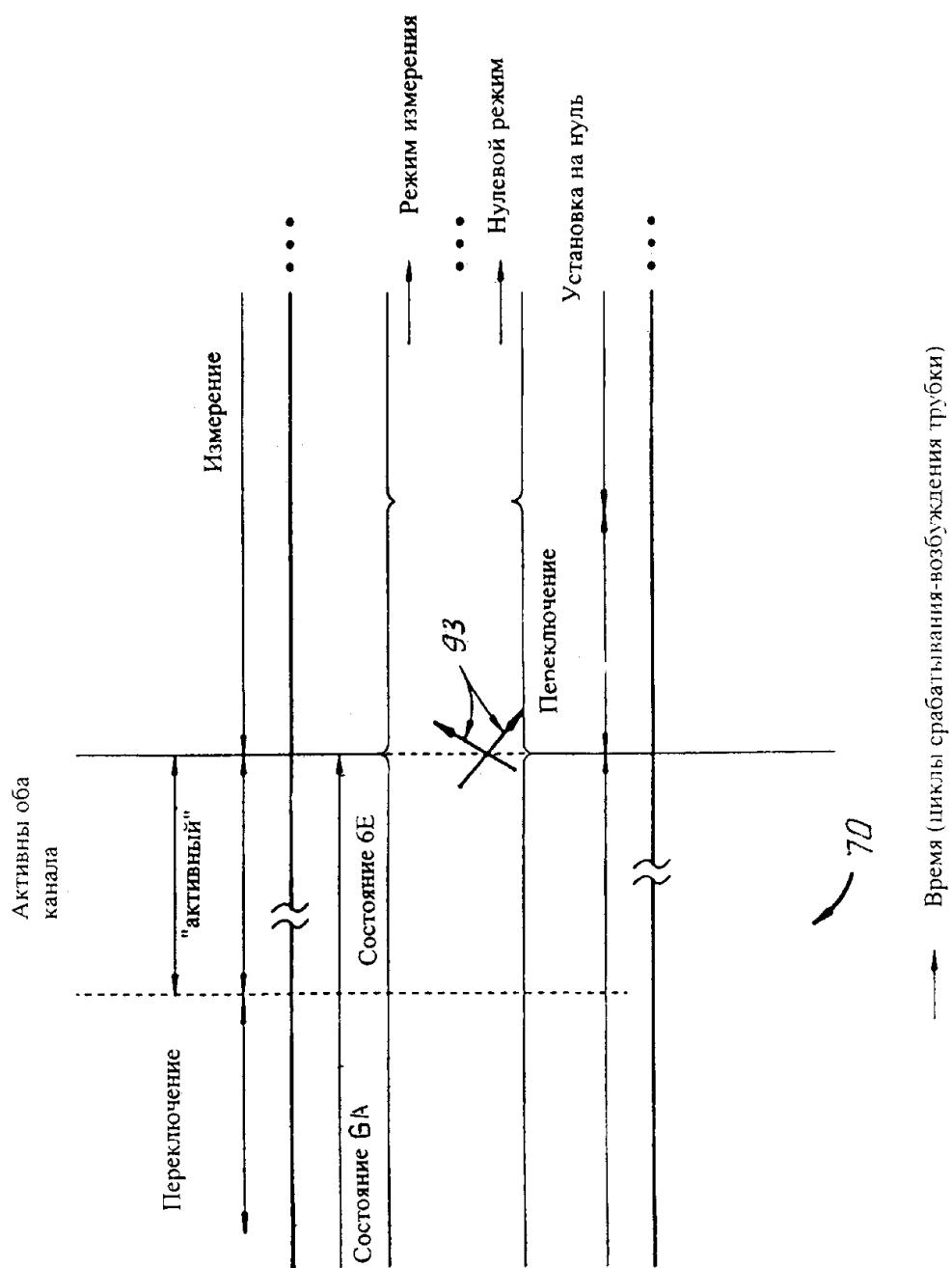
Фиг. 3В



Фиг. 4



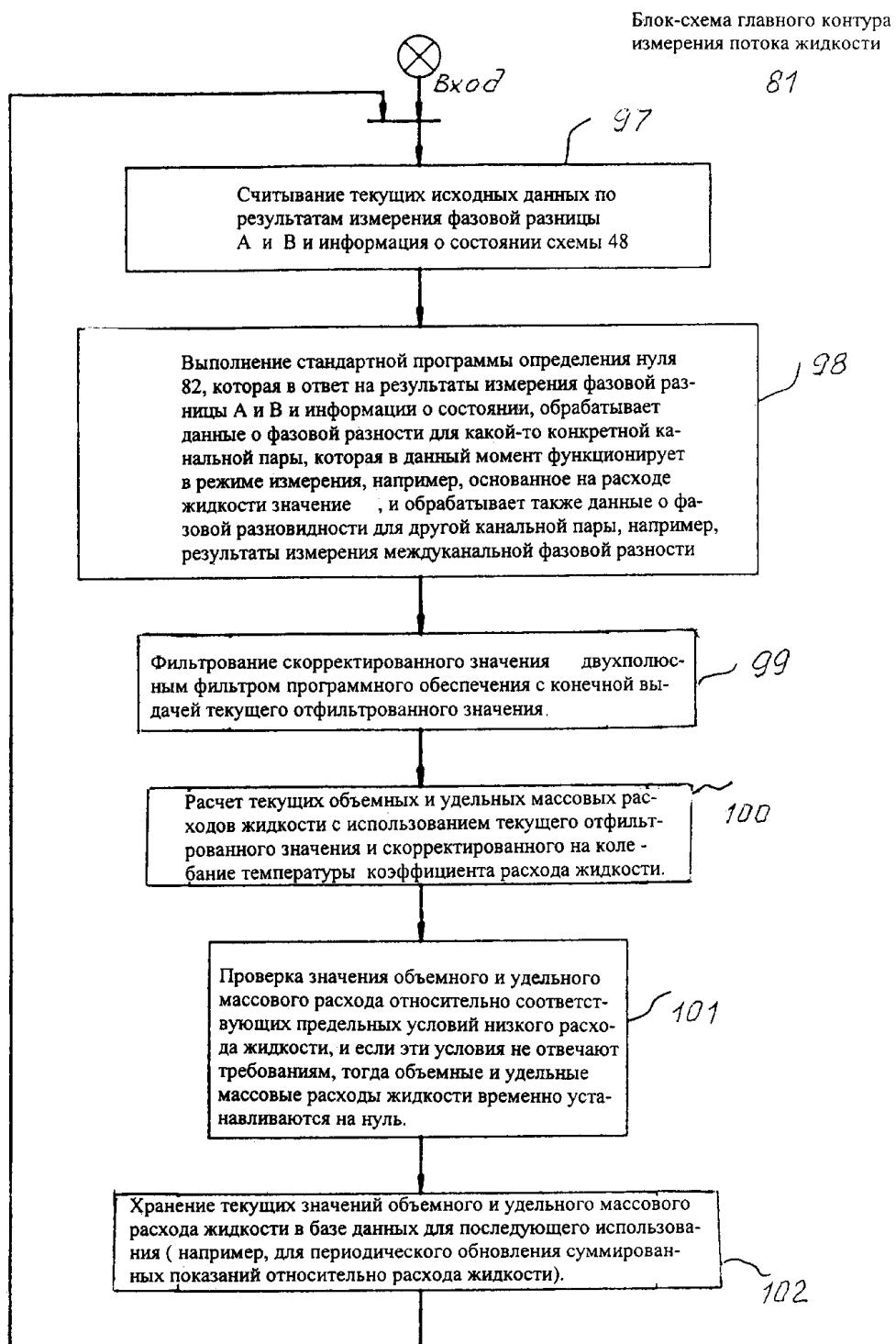
Фиг. 4А



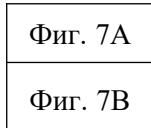
Фиг. 4В

Обозначение состояния	Режим работы каналов								Длительность состояний
	Сигналы выбора мультиплексора		Выходной сигнал для канала		Изменение установка Переключение				
Переключение канала В 94	0	1	L	R	X	A-C	B-C	на нуль	Интервал переключения (t_{SW})
Установка на нуль канальной пары В-С 95	0	1	L	R	X				Интервал установки на нуль (t_{ZC0})
Переключение канала В 94	0	0	L	R	X				Интервал переключения (t_{SW})
Активны оба канала 96	0	0	L	R	X				Интервал установки на нуль (t_{ZC0})
Переключение 6A канала А	1	0	L	R	L				Интервал переключения (t_{SW})
Установка на нуль канальной пары А-С 6С	1	0	L	R	L	X	X		Интервал установки на нуль (t_{ZC0})
Переключение 6A канала А	0	0	L	R	R	X	X		Интервал переключения (t_{SW})
Активны оба канала 6E	0	0	L	R	R	X	X		Интервал установки на нуль (t_{ZC0})

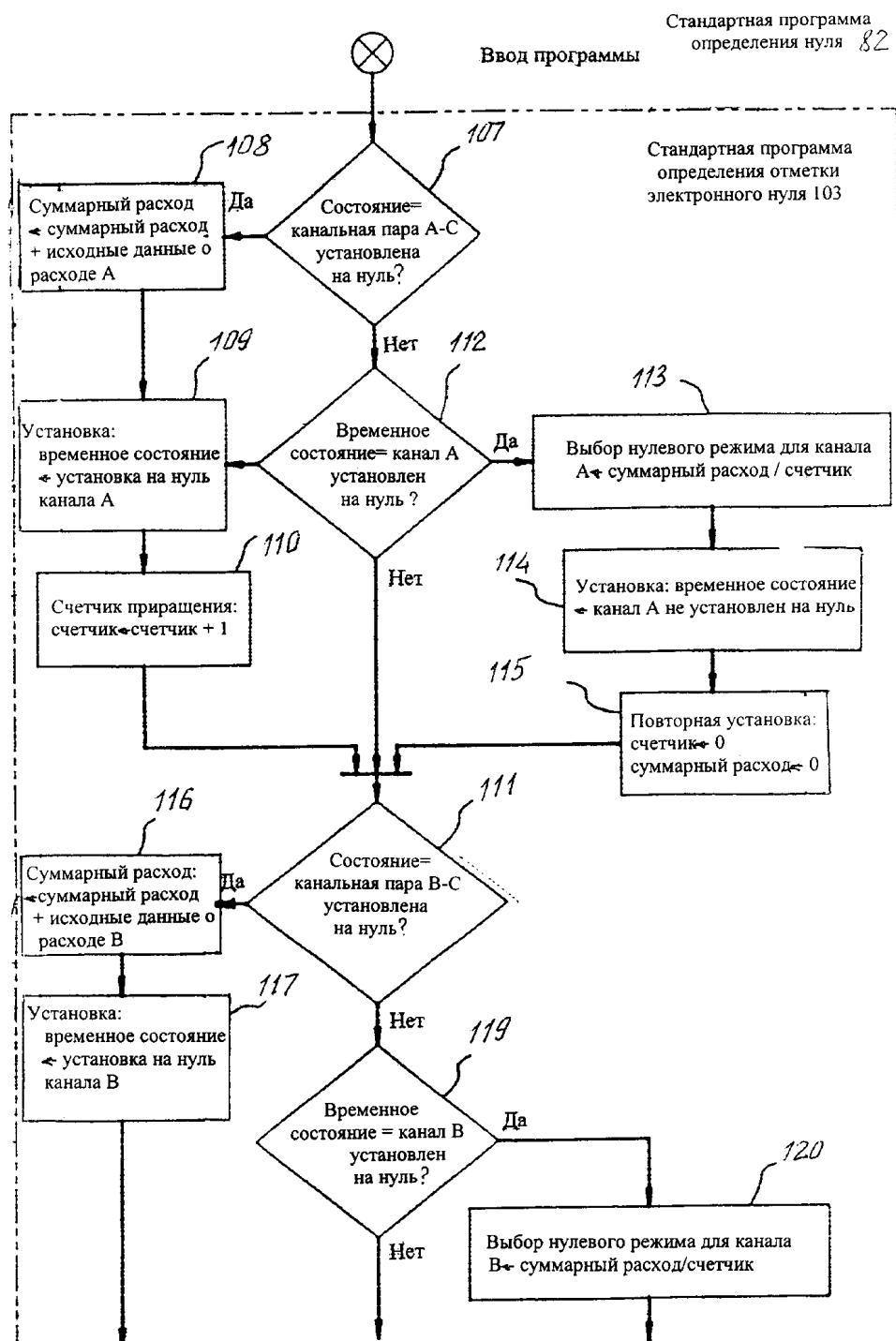
Фиг. 5



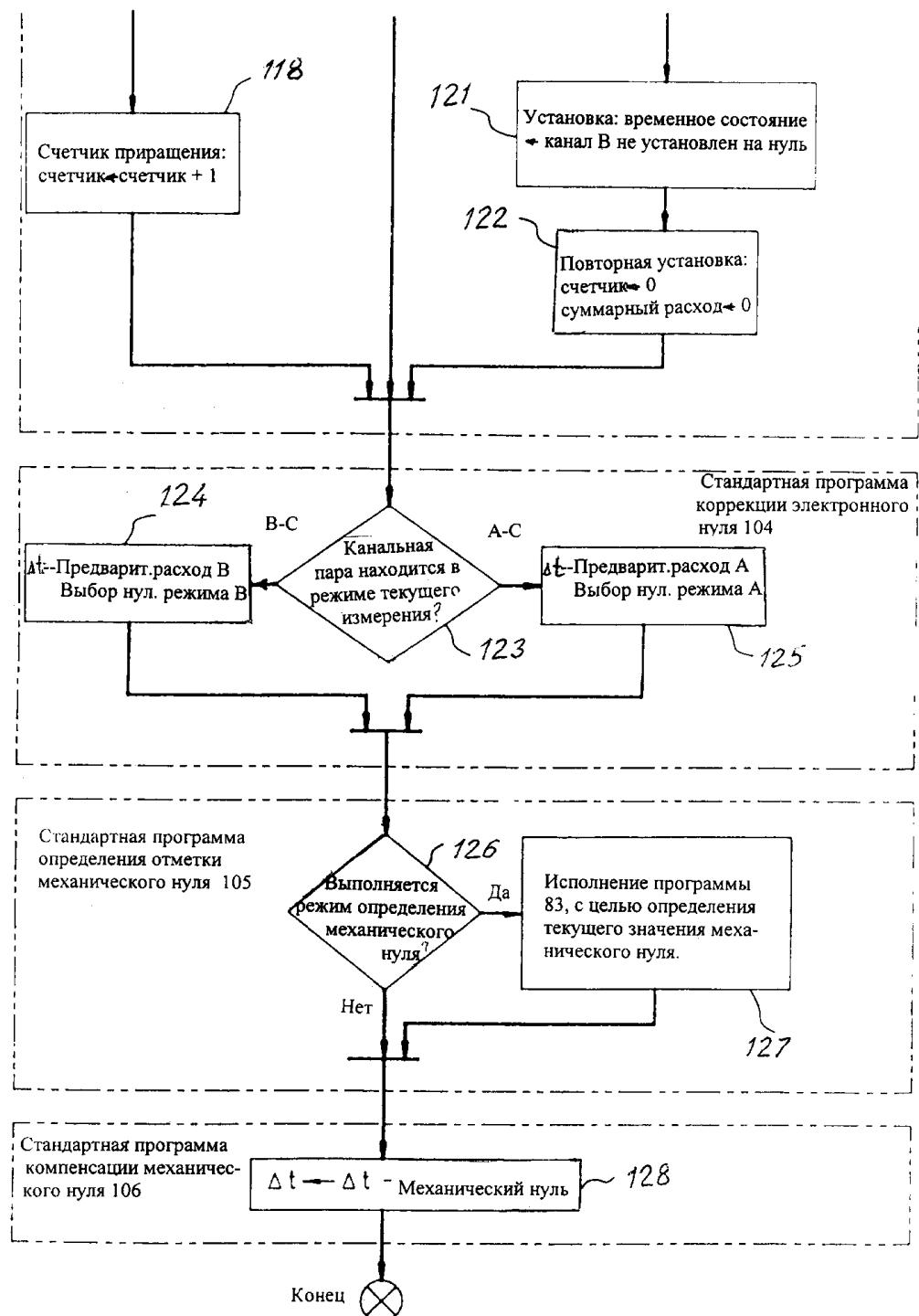
Фиг. 6



Фиг.7



Фиг. 7А



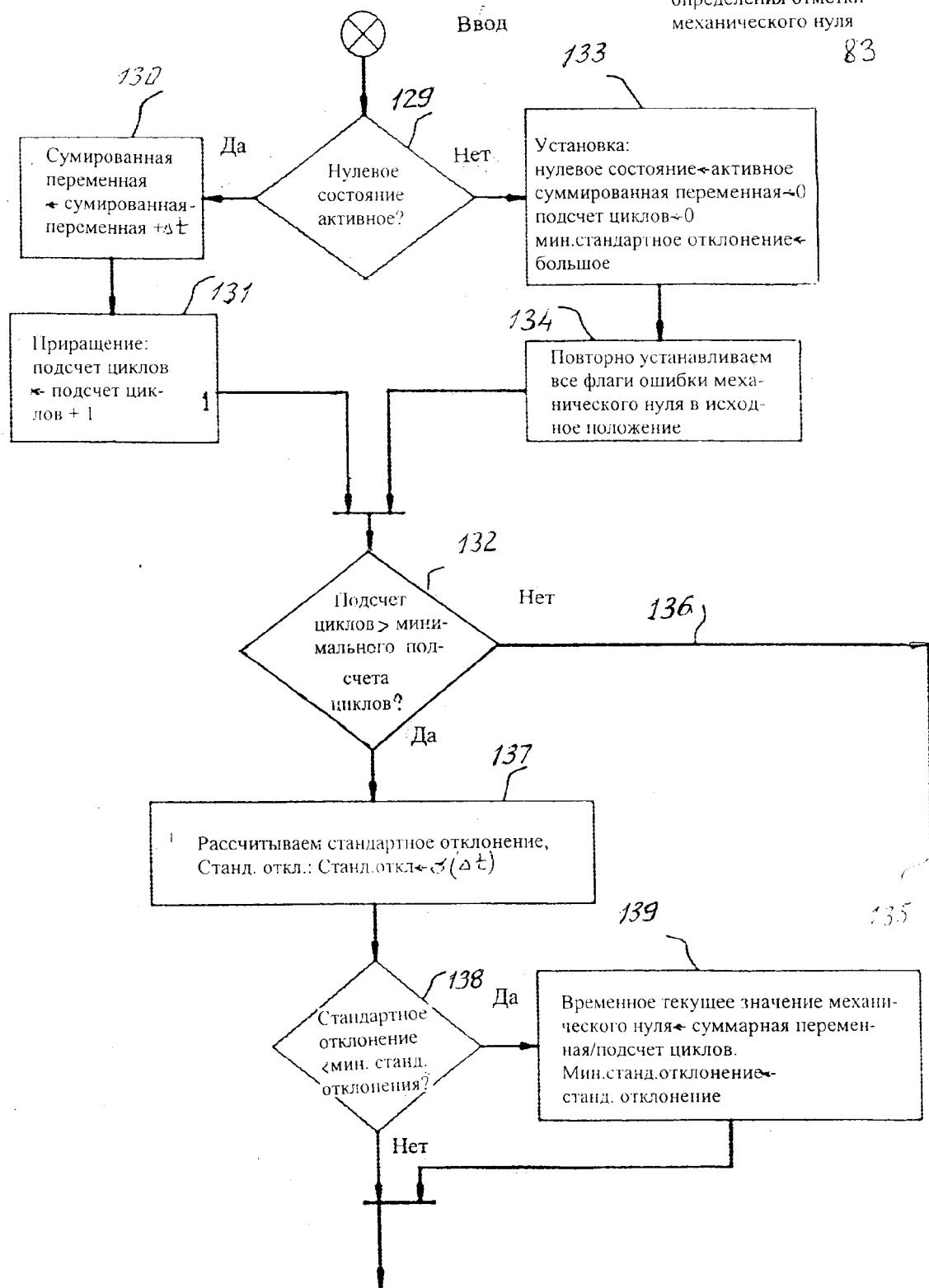
Фиг. 7В

Фиг. 8А Фиг. 8В

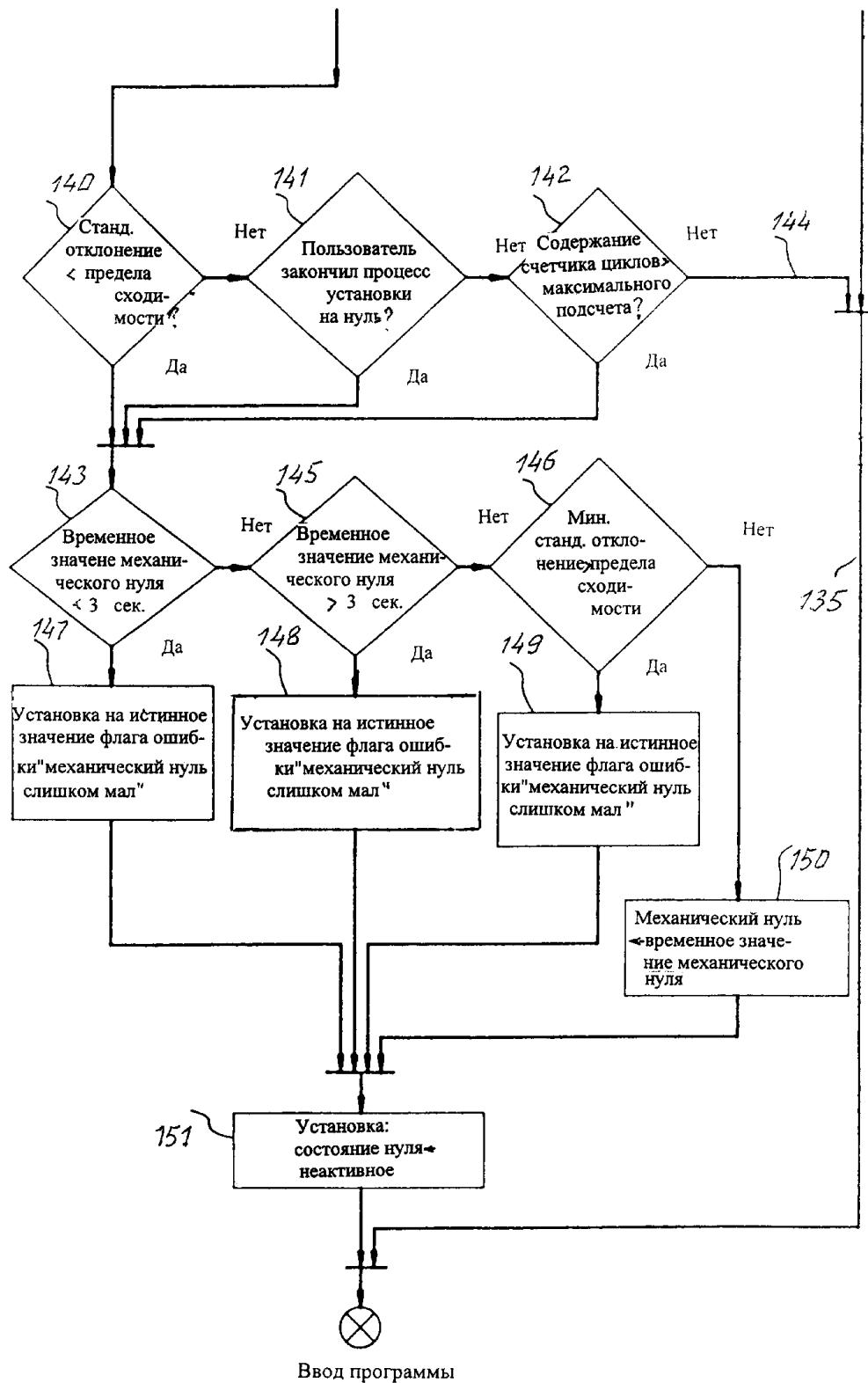
Фиг. 8

Стандартная программа
определения отметки
механического нуля

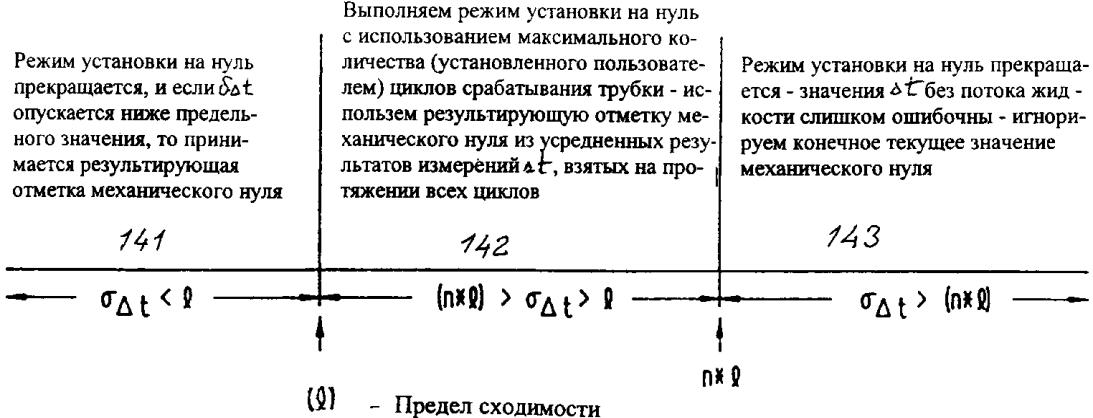
83



Фиг. 8А



Фиг. 8В



Фиг. 9

Стандартное отклонение $\delta\Delta t$, полученное в процессе установки на нуль механической отметки



Фиг. 10



Фиг. 11

Составитель описания
Ответственный за выпуск

Журина Г.А.
Арипов С.К.