



УКРАЇНА

(19) UA oi)32589

(51) 7G01F1/32

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І
НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ЛІЧИЛЬНИК ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕКУЧОГО СЕРЕДОВИЩА

(21)96093638

(22)20.03.) 995

(24)15.02.2001

(31)94/03406

(32)23.03.1994

(33) FR

(86) PCT/FR95/00339, 20.03.1995

(46) 15.02.2001, Бюл. № 1, 2001 р.

(72) Зелінська Барбара (FR), Зікіку Суад (FR)

(73) ШЛЮМБЕРЖЕ ЕНДЮСТРІ С А. (FR)

(56) Патент ЕР № 0240772, опубл. 14.10.1987г.

(57) 1. Счетчик турбулентной текучей среды, включающий в себя участок трубы с внутренним постоянным диаметром, в котором протекает жидкость, по меньшей мере, два препятствия, одно - верхнее по ходу потока, и второе - нижнее по ходу потока, расположенные в середине потока жидкости в названном участке трубы и генерирующие основные вихри жидкости в результате колебательного процесса, причем каждое из препятствий имеет удлиненную форму продольных и поперечных размеров, перпендикулярных направлению потока жидкости, и средства для определения сигнала, соответствующего колебаниям вихрей, для вычисления по нему объема жидкости, при этом нижнее препятствие образовано из двух частей, соединенных между собой Т-образно, причем первая его часть имеет две большие параллельные друг другу верхнюю и нижнюю поверхности, а также две маленькие поверхности, а вторая часть имеет две большие поверхности тех же размеров и параллельных направлению потока жидкости, а также две маленькие параллельные поверхности с теми же размерами, перпендикулярные направлению потока жидкости, отличающийся тем, что верхнее препятствие имеет две большие поверхности, расположенные на расстоянии друг от друга и перпендикулярные направлению потока жидкости, при этом поперечный размер верхней поверхности превышает поперечный размер нижней поверхности, а также две маленькие симметричные поверхности, расположенные под углом к верхней поверхности, причем верхняя поверхность нижнего препятствия параллельна нижней поверхности верхнего препятствия и расположена от нее на расстоянии.

2. Счетчик по пункту 1, отличающийся тем, что соотношение поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия к расстоянию

между большими поверхностями верхнего препятствия равно 4-8.

3. Счетчик по любому из пунктов 1 или 2, отличающийся тем, что угол наклона каждой боковой поверхности верхнего препятствия к его верхней поверхности равен 30 - 70°. 4. Счетчик по любому из пунктов 1-3, отличающийся тем, что расстояние между верхней поверхностью нижнего препятствия и нижней поверхностью верхнего препятствия равно 1/4-3/4 поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия.

5. Счетчик по любому из пунктов 1-4, отличающийся тем, что поперечный размер первой части нижнего препятствия равен 0,8-1,2 поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия.

6. Счетчик по любому из пунктов 1-5, отличающийся тем, что соотношение поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия к внутреннему постоянному диаметру трубы равно 0,15-0,3.

7. Счетчик по любому из пунктов 1-6, отличающийся тем, что большие поверхности первой части нижнего препятствия отстоят друг от друга на расстоянии, равном 0,02-0,08 поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия.

8. Счетчик по любому из пунктов 1-7, отличающийся тем, что маленькие поверхности первой части нижнего препятствия параллельны друг другу.

9. Счетчик по любому из пунктов 1-8, отличающийся тем, что маленькие поверхности второй части нижнего препятствия имеют поперечный размер, равный 0,02-0,08 поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия.

10. Счетчик по любому из пунктов 1-9, отличающийся тем, что каждая из двух больших поверхностей второй части нижнего препятствия параллельна направлению потока жидкости и имеет размер, равный 0,8 - 2,2 поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия.

11. Счетчик по любому из пунктов 1-10, отличающийся тем, что он включает в себя средства для ослабления эффекта турбулентности, создаваемого непрерывными вихрями жидкости, которые генерируются при встрече одной части потока жидкости, соответствующей предельному слою потока, с верхним препятствием.

СМ
ИО
О
СМ
СО

О»

12. Счетчик по пункту 11, отличающийся тем, что средства для ослабления эффекта турбулентности, создаваемого непрерывными вихрями жидкости, образованы двумя опорными поверхностями, каждая из которых имеет, по меньшей мере, одну большую поверхность, перпендикулярную продольному размеру верхнего и нижнего препятствия, и каждая из которых закреплена на участке трубы с образованием продольного размера или максимальной толщины напротив предельного слоя потока жидкости, причем названные верхнее и нижнее препятствия зафиксированы одним из своих продольных противоположных концов на каждой большой поверхности опорной поверхности с образованием на каждой опорной поверхности участка, расположенного перед верхним препятствием.

13 Счетчик по пункту 12, отличающийся тем, что максимальная толщина каждой опорной поверхности равна $0,03-0,05$ внутреннего постоянного диаметра трубы.

14. Счетчик по пункту 12, отличающийся тем, что каждый участок опорной поверхности имеет верхний конец, удаленный от верхней поверхности верхнего препятствия на расстояние, равное $0,1-0,4$ поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия.

15". Счетчик по любому из пунктов 1-14, отличающийся тем, что он включает в себя средства для отделения колеблющихся основных вихрей жидкости от непрерывных вторичных вихрей жидкости, которые генерируются при встрече одной части потока жидкости, соответствующей предельному слою потока, с верхним препятствием. 16 Счетчик по пункту 15. отличающийся тем, что средства для отделения основных вихрей жидкости от вторичных вихрей жидкости образованы двумя проходами, выполненными между второй частью нижнего препятствия и участком трубы с внутренним постоянным диаметром, с одной и с другой стороны продольных противоположных концов второй части нижнего препятствия, которые отстоят друг от друга на расстоянии, не превышающем продольного размера первой части нижнего препятствия.

17. Счетчик по пункту 16, отличающийся тем, что каждый проход имеет максимальный продольный размер, равный $D/40 - D/20$, где D - внутренний постоянный диаметр трубы.

18. Счетчик по любому из пунктов 1-17, отличающийся тем, что участок трубы с внутренним постоянным диаметром соединен с одной стороны выше по течению потока с верхним участком трубы, имеющим последовательно увеличивающийся вверх по течению внутренний диаметр и имеющим внутреннюю стенку, которая выполнена с возможностью изменения направления потока жидкости под непрерывно изменяющимся углом, причем этот угол имеет нулевую величину в местах трубы, где диаметр верхнего участка соответственно равен внутреннему постоянному диаметру трубы и диаметру верхнего участка трубы, а с другой стороны, ниже по течению потока с нижним участком трубы, имеющим внутреннюю стенку, пред-

назначенную для резкого изменения направления потока жидкости на постоянный угол, равный $9-20^\circ$, и имеющую расширяющийся внутренний диаметр от величины размера внутреннего постоянного диаметра трубы до диаметра верхнего участка трубы.

19 Счетчик по пункту 18. отличающийся тем, что внутренний постоянный диаметр трубы имеет величину, составляющую $60-90\%$ величины диаметра верхнего участка трубы.

20. Счетчик по пункту 18, отличающийся тем, что участок трубы с внутренним постоянным диаметром имеет длину, которая в $1,5-3$ раза превышает эту величину внутреннего постоянного диаметра.

21. Счетчик, по любому из пунктов 1 или 18, отличающийся тем, что верхняя поверхность верхнего препятствия размещена от участка верхней трубы на расстоянии, равном $0,5D_1 - 0,1$, где D_1 - диаметр верхнего участка трубы.

22. Счетчик по любому из пунктов 1-21, отличающийся тем, что средства для определения сигнала, соответствующего колебаниям вихрей, и для вычисления по нему объема жидкости, включают в себя пластинку, расположенную в середине потока жидкости за нижним препятствием по ходу потока и на участке трубы с внутренним постоянным диаметром, причем пластинка имеет продольный размер, перпендикулярный направлению потока жидкости, и постоянное прямоугольное поперечное сечение, образованное двумя большими боковыми поверхностями, параллельными направлению потока жидкости, а также двумя маленькими верхней и нижней поверхностями, в пластинке в непосредственной близости к верхней маленькой поверхности выполнены два основных продольных и параллельных канала, причем каждый из основных каналов соединен с одной из больших боковых поверхностей пластинки через несколько вторичных перпендикулярных каналов, находящихся на одинаковом расстоянии друг от друга, а также датчик, соединенный с одной стороны с основными каналами и с другой стороны с электрической цепью, позволяющей вычислять объем жидкости по определенному сигналу.

23. Счетчик по пункту 22, отличающийся тем, что маленькая верхняя поверхность пластинки имеет поперечный размер, в $0,1-0,4$ раза больший поперечного размера верхней поверхности верхнего препятствия.

24. Счетчик по пункту 22, отличающийся тем, что маленькая верхняя поверхность пластинки расположена от верхней пластинки верхнего препятствия на расстоянии, равном $3-7$ поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия.

25. Счетчик по любому из пунктов 22 или 23, отличающийся тем, что основные каналы имеют диаметр, немного меньший размера маленькой верхней поверхности пластинки, и смещены в направлении потока жидкости.

26 Счетчик по пункту 22, отличающийся тем, что датчиком является датчик давления. 27. Счетчик по пункту 22, отличающийся тем, что датчиком является тепловой датчик.

Настоящее изобретение относится к счетчику турбулентного потока текучей среды

Счетчики или расходомеры турбулентной текучей среды широко известны, и обычно они состоят из трубы, в которой циркулирует эта среда, объем и/или расход которой нужно измерить. Препятствие располагают внутри трубы таким образом, чтобы когда лоток текучей среды встречается с названным препятствием, генерировались бы вихри, отделяющиеся от него в результате колебательного процесса. Такой счетчик включает в себя также средства для определения объема текучей среды (например, жидкости), исходя из величины этих колебаний. Эти средства располагают большей частью на препятствии. Принцип измерения объема жидкости в таком счетчике основан на том, что частота колебания вихрей приблизительно пропорциональна скорости жидкости в трубе, а указанные выше средства фиксируют сигнал, соответствующий колебаниям названных вихрей. Этим сигналом может быть, например, дифференциальное давление.

Назначение счетчика жидкости с турбулентным потоком - производить точные и надежные измерения расхода и объема жидкости, проходящей по трубе при широких диапазонах чисел Рейнольдса.

Для этого число Струаля, которое равно отношению произведения частоты колебания на диаметр препятствия к скорости жидкости, должно быть постоянным при варьируемых числах Рейнольдса (число Рейнольдса равно отношению произведения скорости жидкости на диаметр трубы к динамической вязкости жидкости).

Различные исследования, проводимые в последние годы в этой области, позволили разработать и выпустить в производство счетчики для турбулентной жидкости, которые имеют оптимизированные формы и размеры препятствий, и полностью удовлетворяют большим числам Рейнольдса, например, порядка 260000.

Например, из заявки на патент EP № 0408355 (МКИ⁶ G01F 1/32, опубл. 16 0131г.) известен расходомер турбулентной жидкости, который включает в себя трубу, где циркулирует жидкость, двойное препятствие, располагаемое в потоке жидкости, а также средства для измерения частоты отделения вихрей, порождаемых выше-названным двойным препятствием.

Это двойное препятствие состоит из первого препятствия, называемого верхним, и имеющим удлиненную форму, верхняя поверхность которого имеет выпуклую форму, а нижняя поверхность является плоской, и второго препятствия, называемого нижним, удаленным на определенное расстояние от первого, причем верхняя поверхность второго препятствия плоская, а нижняя поверхность имеет вогнутую форму или плоскую.

Однако, в случаях особого применения, например, связанных с газом, такие расходомеры не могут применяться для измерения чисел Рейнольдса, которые меньше 146000, особенно меньше 33000.

При больших числах Рейнольдса сдвигаемые слои, которые разворачиваются на боковых краях препятствия, отделяются и образуют вихри жидкости, поток которой именуют турбулентным, а

соответствующее число Струаля является отношением ПОСТОЯННЫМ

Наоборот, при малых числах Рейнольдса сдвигаемые слои становятся последовательно ламинарными, вихри образуются быстрее, чем колебания этих вихрей уменьшается медленнее, чем скорость жидкости, а число Струаля увеличивается быстрее, что приводит к погрешностям в измерении объема жидкости.

За прототип заявляемого изобретения принят счетчик турбулентной текучей среды, включающий в себя участок трубы с внутренним постоянным диаметром, в котором протекает жидкость, по меньшей мере, два препятствия, одно - верхнее по ходу потока, и второе - нижнее по ходу потока, расположенные в середине потока жидкости в названном участке трубы и генерирующие основные вихри жидкости в результате колебательного процесса, причем каждое из препятствий имеет удлиненную форму продольных и поперечных размеров, перпендикулярных направлению потока жидкости, и средства для определения сигнала, соответствующего колебаниям вихрей, для вычисления по нему объема жидкости, при этом нижнее препятствие образовано из двух частей, соединенных между собой Т-образно, причем первая его часть имеет две большие параллельные друг другу верхнюю и нижнюю поверхности, а также две маленькие поверхности, а вторая часть имеет две большие поверхности тех же размеров и параллельных направлению потока жидкости, а также две маленькие параллельные поверхности с теми же размерами, перпендикулярные направлению потока жидкости (Патент EP № 0240772, (MKM⁶ G01F1/32, опублик. 14 10.87г.).

Недостатком известного изобретения является то, что форма, размеры, а также взаиморасположение двух препятствий в трубе не обеспечивают генерирования вихрей текучей среды, позволяющих получать постоянное число Струаля, что особенно нежелательно в случае измерения параметров ламинарного потока, характеризующегося малыми числами Рейнольдса. При измерении ламинарного потока с помощью известного счетчика частота колебаний вихрей, создаваемых препятствиями, уменьшается медленнее, чем скорость потока, и число Струаля увеличивается, что приводит к неточности измерений.

В основу изобретения поставлена задача повышения точности измерений расхода и объема жидкости в широких диапазонах чисел Рейнольдса счетчика турбулентной текучей среды путем оптимизации размеров и конфигурации верхнего препятствия, в частности, расположения его стенок под углом, а также установления оптимального расстояния между обращенными друг к другу поверхностями нижнего и верхнего препятствий; что обеспечивает отделение сдвигаемого слоя от острого угла верхнего препятствия, закручивание его и втягивание в пространство между препятствиями с выталкиванием его по мере образования вихрей, параллельно с образованием нестационарного движения потока за первой частью нижнего препятствия в районе его больших поверхностей, и тем самым вызывает явление рециркуляции, способствующее разрушению ламинарной структуры сдвигаемого слоя и превращение его в

турбулентную, характеризующуюся постоянством чисел Струхална, при которых частота колебаний потока прямо пропорциональна скорости его истечения

Поставленная задача достигается за счет того, что в счетчике турбулентной текучей среды, включающем в себя участок трубы с внутренним постоянным диаметром, в котором протекает жидкость, по меньшей мере, два препятствия, одно - верхнее по ходу потока, и второе - нижнее по ходу потока, расположенные в середине потока жидкости в названном участке трубы и генерирующие основные вихри жидкости в результате колебательного процесса, причем каждое, из препятствий имеет удлиненную форму продольных и поперечных размеров, перпендикулярных направлению потока жидкости, и средства для определения сигнала, соответствующего колебаниям вихрей, для вычисления по нему объема жидкости, при этом нижнее препятствие образовано из двух частей, соединенных между собой Т-образно, причем первая его часть имеет две большие параллельные друг другу верхнюю и нижнюю поверхности, а также две маленькие поверхности, а вторая часть имеет две большие поверхности тех же размеров и параллельных направлению потока жидкости, а также две маленькие параллельные поверхности с теми же размерами, перпендикулярные направлению потока жидкости, согласно изобретения, верхнее препятствие имеет две большие поверхности, расположенные на расстоянии друг от друга и перпендикулярные направлению потока жидкости, при этом поперечные размеры верхней поверхности превышает поперечный размер нижней поверхности, а также две маленькие симметричные поверхности, расположенные под углом к верхней поверхности, причем верхняя поверхность нижнего препятствия параллельна нижней поверхности верхнего препятствия и расположена от нее на расстоянии.

При этом соотношение поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия к расстоянию между большими поверхностями верхнего препятствия равно 4-8. угол наклона каждой боковой поверхности верхнего препятствия к его верхней поверхности равен 30 -70°, а расстояние между верхней поверхностью нижнего препятствия и нижней поверхностью верхнего препятствия равно 1/4-3/4 поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия

Поперечный размер первой части нижнего препятствия равен 0,8-1,2 поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия, соотношение поперечного размера большей поверхности верхнего препятствия к внутреннему постоянному диаметру трубы равно 0,15-0,3.

Большие поверхности первой части нижнего препятствия отстоят друг от друга на расстоянии, равном 0,02-0,08 поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия, маленькие поверхности первой части нижнего препятствия параллельны друг другу, а маленькие поверхности второй части нижнего препятствия имеют поперечный размер, равный 0,02-0,08 поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия, причем каждая из двух больших поверхностей второй части нижнего препятствия параллель-

на направлению потока жидкости и имеет размер, равный 0,8 -2,2 поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия

Кроме того, счетчик включает в себя средства для ослабления эффекта турбулентности, создаваемого непрерывными вихрями жидкости, которые генерируются при встрече одной части потока жидкости, соответствующей предельному слою потока, с верхним препятствием, которые образованы двумя опорными поверхностями, каждая из которых имеет, по меньшей мере, одну большую поверхность, перпендикулярную продольному размеру верхнего и нижнего препятствия, и каждая из которых закреплена на участке трубы с образованием продольного размера или максимальной толщины напротив предельного слоя потока жидкости, причем названные верхнее и нижнее препятствия зафиксированы одним из своих продольных противоположных концов на каждой большой поверхности опорной поверхности с образованием на каждой опорной поверхности участка, расположенного перед верхним препятствием, при этом максимальная толщина каждой опорной поверхности равна 0,03-0,05 внутреннего постоянного диаметра трубы.

Каждый участок опорной поверхности имеет верхний конец, удаленный от верхней поверхности верхнего препятствия на расстояние, равное 0,1-0,4 поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия.

Счетчик также включает в себя средства для отделения колеблющихся основных вихрей жидкости от непрерывных вторичных вихрей жидкости, которые генерируются при встрече одной части потока жидкости, соответствующей предельному слою потока, с верхним препятствием, и образованы двумя проходами, выполненными между второй частью нижнего препятствия и участком трубы с внутренним постоянным диаметром, с одной и с другой стороны продольных противоположных концов второй части нижнего препятствия, которые отстоят друг от друга на расстоянии, не превышающем продольного размера первой части нижнего препятствия, причем каждый проход имеет максимальный продольный размер, равный $D/40 - D/20$, где D - внутренний постоянный диаметр трубы

Кроме того, участок трубы с внутренним постоянным диаметром соединен с одной стороны выше по течению потока с верхним участком трубы, имеющим последовательно увеличивающийся вверх по течению внутренний диаметр, и имеющим внутреннюю стенку, которая выполнена с возможностью изменения направления потока жидкости под непрерывно изменяющимся углом, причем этот угол имеет нулевую величину в местах трубы, где диаметр верхнего участка соответственно равен внутреннему постоянному диаметру трубы и диаметру верхнего участка трубы, а с другой стороны, ниже по течению потока с нижним участком трубы, имеющим внутреннюю стенку, предназначенную для резкого изменения направления потока жидкости на постоянный угол, равный 9-20°, и имеющую расширяющийся внутренний диаметр от величины размера внутреннего постоянного диаметра трубы до диаметра верхнего участка трубы

Внутренний постоянный диаметр трубы счетчика имеет величину, составляющую 60-90% величины диаметра верхнего участка трубы, а участок трубы с внутренним постоянным диаметром имеет длину, которая в 1,5-3 раза превышает эту величину внутреннего постоянного диаметра, причем верхняя поверхность верхнего препятствия размещена от участка верхней трубы на расстоянии, равном $0.5D_1 - D_1$, где D_1 : диаметр верхнего участка трубы.

Средства для определения сигнала, соответствующего колебаниям вихрей и для вычисления по нему объема жидкости, включают в себя пластинку, расположенную в середине потока жидкости за нижним препятствием по ходу потока и на участке трубы с внутренним постоянным диаметром, причем пластинка имеет продольный размер, перпендикулярный направлению потока жидкости, и постоянное прямоугольное поперечное сечение, образованное двумя большими боковыми поверхностями, параллельными направлению потока жидкости, а также двумя маленькими верхней и нижней поверхностями, в пластинке в непосредственной близости к верхней маленькой поверхности выполнены два основных продольных и параллельных канала, причем каждый из основных каналов соединен с одной из больших боковых поверхностей пластинки через несколько вторичных перпендикулярных каналов, находящихся на одинаковом расстоянии друг от друга, а также датчик, соединенный с одной стороны с основными каналами и с другой стороны с электрической цепью, позволяющей вычислять объем жидкости по определенному сигналу.

При этом маленькая верхняя поверхность пластинки имеет поперечный размер, в 0,1-0,4 раза больший поперечного размера верхней поверхности верхнего препятствия и расположена от верхней пластинки верхнего препятствия на расстоянии, равном 3-7 поперечного размера большой поверхности верхнего препятствия.

Основные каналы имеют диаметр, немного меньший размера маленькой верхней поверхности пластинки, и смещены в направлении потока жидкости.

Кроме того, в заявляемом счетчике датчиком является датчик давления либо тепловой датчик.

Другие, характеристики и преимущества данного изобретения показаны в нижеследующем описании, данном исключительно а качестве не ограничительного примера, со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых:

фиг.1 изображает схематически в разрезе по плоскости, содержащей ось симметрии трубы, счетчик турбулентного потока газа согласно первому варианту выполнения изобретения,

фиг. 2 - схематически в разрезе по плоскости, содержащей ось симметрии трубы и перпендикулярной плоскости фигуры 1, тот же счетчик, что и на фигуре 1,

фиг. 3 - схематически вид в перспективе пластинки счетчика турбулентного потока газа, представленного на фиг.1 и 2, увеличено,

фиг.4 - схематически вид в перспективе второго варианта выполнения изобретения, представляющего счетчик турбулентного потока газа, снабженный средствами для снижения эффекта

турбулентности, создаваемой непрерывными вихрями жидкости, генерируемыми при встрече части потока жидкости с верхним препятствием,

фиг. 5 - схематически в разрезе по плоскости, параллельной плоскости по фигуре 1, средства по изобретению, представленного на фигуре 4,

фиг. 6 - схематически в разрезе по плоскости, перпендикулярной оси симметрии трубы, средства по изобретению, представленного на фигурах 4 и 5,

фиг.7 - схематически в разрезе по плоскости, содержащей ось симметрии трубы, третий вариант выполнения изобретения, представляющий счетчик турбулентного потока газа, показанный на фигурах 1-3 и снабженный средствами для отделения колеблющихся вихрей жидкости от непрерывных вихрей,

фиг. 8 - схематически в перспективе четвертый вариант выполнения изобретения, представляющий счетчик турбулентного потока газа, показанный на фигурах 1-3, и снабженный средствами, представленными соответственно на фигурах 4 и 7,

фиг.9 - схематически в разрезе по плоскости, содержащей ось симметрии трубы, пятый вариант выполнения изобретения, представляющий счетчик турбулентного потока газа, показанный на фигурах 1-3 в профилированной трубе,

фиг. 10 - схематически в разрезе по плоскости, содержащей ось симметрии "трубы, и перпендикулярной плоскости фигуры 9, шестой вариант выполнения изобретения, представляющий счетчик турбулентного потока газа, показанный на фигуре 9, и снабженный средствами, представленными соответственно на фигурах 4 и 7,

фиг. 11 - схематически в разрезе по плоскости, содержащей ось симметрии трубы, счетчик турбулентного потока газа, содержащий одно препятствие, размещенное в профилированной трубе, аналогичной трубе по фиг.9,

фиг. 12 - схематически вид в перспективе препятствия счетчика турбулентного потока газа, показанного на фиг. 11,

фиг. 13 - график, представляющий кривые измерений, полученных соответственно для счетчика турбулентного потока газа по фиг. 11 и 12 (А) и для счетчика турбулентного потока газа по фиг. 10 (В).

фиг. 14 - график, представляющий кривые измерения, полученные для счетчика турбулентного потока газа, представленного на фиг.8 (С) и для счетчика турбулентного потока газа, представленного на фиг. 10 (Д),

фиг. 15 - упрощенная электрическая схема определения объема газа исходя из определения дифференциального давления,

фиг. 16 - пиковый детектор, который используется в схеме по фиг. 15,

фиг. 17 иллюстрирует способ вычисления с использованием пикового детектора по фигуре 16 на одном пике,

фиг. 18 - пример *атналов* на входе и на выходе пикового детектора по фиг. 16.

Как показано на фигурах 1-Ю, счетчиком потока турбулентной текучей среды по изобретению является счетчик газа, который обозначен позицией 1. Такой счетчик включает в себя участок

трубы 2, внутри которой циркулирует газ, объем которого нужно измерить

На фигурах 1 и 2 показано что участок трубы 2 имеет внутренний постоянный диаметр D

Счеичик турбулентного потока газа по изобретению включает в себя также два препятствия 3 и 4, одно называется верхним препятствием 3, а другое - нижним препятствием 4 Эти препятствия располагаются в участке трубы 2 в середине газового потока В данном счетчике можно предусмотреть больше двух препятствий

Каждое из этих препятствий имеет обычно форму, удлиненную в направлении, называемом продольным, которое перпендикулярно направлению газового потока и обладает поперечным размером, называемым шириной, который также перпендикулярен этому направлению газового потока Как показано на фигуре 1, эти препятствия представляют индивидуально поперечное сечение, которое имеет постоянную форму в его продольном направлении Это сечение находится в плоскости, параллельной направлению газового потока и перпендикулярной продольному направлению этих препятствий

Верхнее препятствие 3 имеет продольный размер p , называемый высотой и равный D , имеющее две большие поверхности 5 и 6, перпендикулярные направлению газового потока и находящиеся друг от друга на расстоянии t Одна из этих больших поверхностей 5 называется верхней поверхностью и имеет поперечный размер d , в то время как другая поверхность 6 называется нижней поверхностью и имеет поперечный размер, меньший чем d

Преимущественно, отношение d/t равно 4-8, например, равно 5,5

Верхнее препятствие 3 имеет также две маленькие боковые поверхности 7 и 8, симметричные по отношению к средней плоскости, параллельной направлению газового потока и перпендикулярной плоскости фиг 1

Каждая из этих поверхностей 7 и 8 образует с верхней поверхностью 5 один и тот же угол ρ равный $30-70^\circ$, например, равный 58°

Поперечное сечение верхнего препятствия имеет форму трапеции, большее основание которой расположено выше по потоку текучей среды

Очень важно, чтобы угол ρ был как можно меньше, для того, чтобы, с одной стороны, верхняя поверхность 5 верхнего препятствия имела острые края, справа от которых попеременно должны образовываться сдвигаемые слои газового потока, а, с другой стороны, механические качества краев должны быть удовлетворительными Эти слои затем отделяются и образуют вихри в результате колебательного процесса Если угол очень большой и если расстояние также слишком большое, сдвигаемые слои могут "приклеиться" к боковым стенкам 7 и 8 верхнего препятствия, что будет мешать развитию сдвигаемых слоев и, следовательно, образованию вихрей

Наоборот, если угол ρ меньше 30° , то препятствие становится незначительным и не может механически сопротивляться газовому потоку Нижнее препятствие 4 образовано из двух частей Первая часть 9 имеет продольный размер p , равный D , и представляет две большие поверхности

10 и 11, параллельные друг другу и имеющие один и тот же поперечный размер L Одна из поверхностей 10, называемая верхней поверхностью, располагается на расстоянии d_1 от нижней поверхности 6 верхнего препятствия 3, параллельно этой поверхности, создавая таким образом между препятствиями промежуточное пространство Другая поверхность 11, называемая нижней поверхностью, расположена на расстоянии от верхней поверхности 10, равном $0,02-0,08d$, например, $0,06d$ Две маленькие поверхности, называемые боковыми, 12 и 13, параллельны друг другу и направлению газового потока и придают поперечному сечению первой части нижнего препятствия прямоугольную форму

Согласно одному из вариантов, который не представлен, нужно заметить, что обе маленькие боковые поверхности 12 и 13 могут также образовывать вместе с верхней стороной 10 один и тот же угол, равный $30-70^\circ$ и придавать таким образом первой части 9 нижнего препятствия 4 форму трапеции В таком случае, первая часть 9 нижнего препятствия 4 и верхнее препятствие 3 не должны обязательно иметь строго идентичную форму

Вторая часть 14 нижнего препятствия имеет продольный размер p , равный D , и имеет две большие поверхности 15 и 16 одних и тех же размеров которые параллельны между собой и направлению газового потока

Две маленькие стороны 17 и 18 второй части 14 нижнего препятствия 4 параллельны между собой и перпендикулярны направлению газового потока и придают поперечному сечению названной второй части нижнего препятствия прямоугольную форму Обе маленькие стороны 17 и 18 имеют поперечный размер, равный $0,02$ и $0,08d$ например, $0,06d$

Для поперечного размера, который меньше $0,02d$, механическая жесткость второй части нижнего препятствия 4 недостаточна Каждая из больших поверхностей 15 и 16 имеет размер o , параллельный направлению газового потока, и называется длиной, которая равна $0,8-1,2d$, например, равна d

Обе части 9 и 14, описанные выше, соединены таким образом, чтобы придать поперечному сечению нижнего препятствия форму Т

Вправо от одного из острых краев верхнего препятствия 3 сдвигаемый слой, который образуется, отделяется, затем закручивается, чтобы образовать вихрь за нижним препятствием 4 по ходу потока

Таким образом, при образовании этого сдвигаемого слоя со стороны боковой поверхности 7 верхнего препятствия 3 газовый поток втягивается в промежуточное пространство между двумя препятствиями 3 и 4 со стороны, противоположной названному верхнему препятствию, т.е. со стороны боковой поверхности 8 и выталкивается со стороны, где образуется сдвигаемый слой непрерывно по мере образования вихрей Кроме того, нестационарные движения газа немедленно образуются за первой частью 9 нижнего препятствия 4 и напротив больших поверхностей 15 и 16 второй части 14 названного нижнего препятствия Эти движения газа соответствуют явлению рециркуляции, которая способствует разрушению ламинар-

ной структуры сдвигаемого слоя и его дестабилизации, чтобы придать ему турбулентный характер.

Таким образом, очень важно, чтобы расстояние d_1 , разделяющее оба препятствия 3 и 4, было выбрано разумно, и чтобы оба процесса: втягивание газового потока в промежуточное пространство и соответственно рециркуляция выполняли полностью и одновременно свои функции.

Расстояние d_1 , разделяющее оба препятствия таким образом, должно быть равно $1/4$ и $(3/4)d$. На самом деле, при величине, больше $(3/4)d$, вихри стремятся образовываться в промежуточном пространстве, но их образование нарушается присутствием нижнего препятствия 4.

Наоборот, если расстояние меньше $(1/4)d$, газовый поток не будет практически втягиваться в промежуточное пространство и феномен рециркуляции не будет иметь никакого эффекта. К тому же нужно следить, чтобы, с одной стороны, поверхности 10 и 11 первой части 9 нижнего препятствия 4 не были отодвинуты друг от друга больше, чем на $0,08d$ для избежания феномена паразитной рециркуляции справа от маленьких боковых поверхностей 12 и 13, а, с другой стороны, следить за тем, чтобы поперечный размер второй части 14 нижнего препятствия 4 не был больше $0,08d$, чтобы не сокращать, амплитуду несационарных движений газа, образованных напорив больших поверхностей 15 и 16 названной второй части 14 нижнего препятствия 4.

Преимущественно, когда нарушение, идущее сверху по ходу потока, передается в газовый поток в направлении обоих препятствий, названное нарушение не усиливается, как это мог бы предполагать любой специалист в данной области техники, но, напротив, это нарушение контролируется благодаря указанному эффекту рециркуляции.

Как представлено на фигурах 1-3, счетчик турбулентного газа 1 включает в себя средства 19 для определения сигнала, соответствующего колебаниям вихрей и для вычисления по нему объема газа. Во всяком случае, нужно заметить, что специалист способен вычислить непосредственно расход газа из определенного сигнала, соответствующего колебаниям вихрей. Эти средства включают в себя элемент в форме пластинки 19, расположенной на участке трубы 2 в середине газового потока. Например, пластинка 19 имеет продольный размер D , соответствующий ее высоте, и который перпендикулярен направлению газового потока. Пластинка 19 образована, с одной стороны, из двух больших поверхностей 20 и 21, параллельных между собой и направлению газового потока, и называемых боковыми поверхностями, а, с другой стороны, из двух маленьких поверхностей 22 и 23, параллельных между собой и перпендикулярных большим поверхностям, и называемых соответственно верхней поверхностью 22 и нижней поверхностью 23. Как показано на фигурах 1 и 3, эти поверхности придают поперечному сечению пластинки 19 постоянную прямоугольную форму по ее высоте.

На самом деле, пластинка 19 и особенно поперечный размер верхней поверхности 22, который равен $0,1-0,4d$, например, равен $0,2d$, составляет препятствие с острыми краями, вызывающее

'отклеивание' газового потока при контакте с названной верхней поверхностью 22, называемой также краем атаки, и создавая таким образом турбулентную зону, прочередно контактируя с каждой из боковых поверхностей 20 и 21 названной пластинки 19.

'Создание этой турбулентной зоны улучшает качество информации, передаваемой вихрями.

К тому же, верхняя поверхность 22 пластинки преимущественно расположена на расстоянии от верхней поверхности 5 верхнего препятствия 3, равном $3-7d$, с целью сформировать как можно более качественный сигнал о колебании вихрей.

К тому же отмечен необычный эффект, при встрече вихрей с пластинкой 19 создается акустическая волна и распространяется вверх против хода потока, нарушая структуру сдвигаемого слоя и усиливая турбулентный характер вихрей при малых скоростях газа.

Два основных канала 24 и 25, параллельных друг другу, выполнены продольно в пластинке 19 в непосредственной близости с верхней поверхностью 26. Эти каналы 24 и 25 простираются внутрь пластинки 19 от ее верхней части на расстояние, которое меньше высоты названной пластинки. Несколько вторичных каналов 27, 26, 29 и 30, 31, 26 располагается на одинаковом расстоянии друг от друга вдоль продольного размера основных каналов 24 и 25 таким образом, чтобы перпендикулярно соединить каждый из названных основных каналов с одной из боковых сторон 20 и 21 пластинки 19.

Например, каждый основной канал 24 (соответственно 25) соединен с одной из боковых поверхностей 20 (соответственно 21) пластинки 19 через три вторичных канала 27, 28 и 29 (соответственно 30, 31 и 26), диаметр которых почти равен диаметру основных каналов. Оба основных канала 24 и 25 соединяются, например, через гибкую связь (шнур) с тепловым датчиком (не представлен), который определяет поток, вызываемый дифференциальным давлением, наведенным в каналы в результате колебания вихрей. Датчик может быть также датчиком давления.

На фигуре 15 представлена упрощенная блок-схема электронной цепи, позволяющей, при определении дифференциального давления датчиком 32, последовательно подавать с помощью усилителя 33 альтернативный сигнал на вход пикового детектора 34, преобразовывать с помощью названного пикового детектора этот альтернативный поданный сигнал в импульсный сигнал, где каждый импульс представляет унитарный объем газа, а затем подсчитывать с помощью счетчика 35 число импульсов, чтобы получить объем газа.

Как представлено на фигуре 16 пиковый детектор 34 включает в себя, например, усилитель 36 с резистором 37 и конденсатор 38, пороговый прибор 39, содержащий два диода 40, 41, встречно включенные, конденсатор 42, выполняющий роль запоминающего устройства, дифференциальный усилитель 43 и резисторы 44 и 45. Каждый диод 40 и 41 может быть выводом полевого транзистора. Усилитель 36, резистор 37 и конденсатор 38 изолируют сигнал на входе конденсатора 42. Каждый диод характеризуется порогом и вызывает падение напряжения, когда он находится в

состоянии проводимости. Когда амплитуда сигнала в точке 46 увеличивается выше порога диода 40, диод будет находиться в состоянии проводимости, а величина сигнала напряжения в точке 46, уменьшенная в результате падения напряжения на диоде 40, будет заложена в память в конденсаторе 42. Дифференциальный усилитель 43 сравнивает величину напряжения в точке 46 с величиной напряжения на конденсаторе 42 и подает высокий сигнал, когда напряжение в точке 46 выше напряжения на конденсаторе 42.

Когда пик достигнут и амплитуда сигнала уменьшена, разница между величиной сигнала в точке 46 и величиной сигнала, запомненного конденсатором 42, падает ниже порога диода 40, а диод 40 переходит в непроводящее состояние. Величина сигнала, запомненного в конденсаторе 42, становится фиксированной. Когда амплитуда сигнала в точке 46 падает ниже величины сигнала, запомненного конденсатором 42, усилитель 43 подает низкий сигнал, показывающий, что появился пик. Когда амплитуда сигнала падает ниже величины сигнала, запомненного в конденсаторе 42, на величину, соответствующую порогу диода 41, этот диод переходит в проводящее состояние, а величина сигнала, запомненная в конденсаторе 42, падает вместе с величиной сигнала в точке 46, уменьшенной на величину падения напряжения на диоде 41. Когда отрицательный пик достигнут и пройден, диод 41 становится снова непроводящим, а усилитель 43 будет показывать изменение состояния, когда сигнал в точке 46 увеличится и станет больше величины сигнала, запомненного конденсатором 42.

Фигура 17 иллюстрирует изменение напряжения первого сигнала в точке 46 кривой 47 и изменение напряжения конденсатора кривой 48. Сначала напряжение конденсатора (кривая 48) равно напряжению сигнала по кривой 47, уменьшенному на величину V_d , соответствующую падению напряжения диода 40, а усилитель 43 подает высокий сигнал. Когда пик достигнут в момент времени t_0 , а напряжение сигнала по кривой 47 снижается ниже пороговой величины диода 40, напряжение конденсатора (кривая 48) фиксируется. В момент времени t_1 напряжение сигнала по кривой 47 падает ниже напряжения, запомненного в конденсаторе, а выход усилителя 43 подает низкий сигнал. В момент времени t_2 разница между напряжением сигнала по кривой 47 и напряжением, запомненным в конденсаторе, больше, чем пороговая величина диода 41, а напряжение конденсатора является следствием напряжения первого сигнала.

Фигура 18 показывает выходной сигнал цепи, рассматриваемой на фигуре 16, сравнивая его с примером входного сигнала. Можно рассматривать входной сигнал как синусоидальный сигнал высокой частоты, но с небольшой амплитудой, наложенной на шум с большой амплитудой, который порождает большие амплитудные колебания сигнала. Несмотря на эти колебания, изменение значения входного сигнала на каждом положительном пике 49 или на каждом отрицательном пике 50 обозначается изменением значения выходного сигнала. Выходной сигнал может быть использован сразу же счетчиком 35, чтобы выдать число

импульсов, и, следовательно, объем газа. Зная время между двумя импульсами, также легко можно получить величину расхода газа.

Диаметр основных каналов 24 и 25 немного меньше ширины пластинки 19, и поэтому названные каналы сдвинуты в направлении газового потока. Эти каналы располагаются как можно ближе к "краю атаки" 22 названной пластинки 19, чтобы повысить точность сигнала. Кроме того, каналы позволяют фильтровать все шумы, сопровождающие сигнал, в результате сип вязкости, которые встречает газ в названных каналах, и таким образом получать улучшенное соотношение сигнал/шум.

По причинам, связанным с качеством информации, возвращаемой через пластинку 19 и датчик, нужно, чтобы поперечный размер L верхней поверхности 10 первой части 9 нижнего препятствия 4 был равен $0,8-1,2d$, и, например равен d .

Если L больше, чем $1,2d$, пластинка 19 не возвращает почти никакого сигнала. Наоборот, если L меньше, чем $0,9d$, сигнал, возвращенный пластинкой 19, имеет погрешности.

Согласно одному варианту изобретения, не представленному на фигурах, средства для определения сигнала, соответствующего колебаниям вихрей и для вычисления по нему объема газа, включают в себя два ультразвуковых преобразователя, расположенных сзади по ходу потока двойного препятствия 3 и 4 и соединенных со стенками участка трубы 2 диаметрально противоположными (в этом варианте не нужно предусматривать пластинку, которая описана выше). Один из преобразователей передает ультразвуковой сигнал, который модулируется сигналом колебаний вихрей, полученным другим преобразователем, и демодулируется для вычисления частоты колебания и, таким образом, расхода и объема газа.

Отмечается, что частота колебаний, полученная с помощью счетчика потока турбулентного газа по изобретению, ниже, чем, частота, полученная со счетчиком, который имеет только одно препятствие.

Профиль скорости газового потока непосредственно перед верхним препятствием 3 ровный не полностью, как представлено на фигуре 4, а его предельный слой находится рядом с периферией участка трубы 2. Когда поток газа, представленный с левой стороны фигуры 4, встречает верхнее препятствие 3, образуется попеременно с одной и с другой стороны названного верхнего препятствия сдвигаемый слой, который образует за нижним препятствием 4 вихри 51, называемые основными вихрями.

Однако, предельный слой газового потока, встречаясь с препятствием 3, создает непрерывный вихрь 52, называемый вторичным*. Этот вихрь образуется на каждом из продольных концов 53 и 54 верхнего препятствия 3 и нарушает образование основных вихрей 51. На фигуре 4 представлен один вихрь.

Согласно второму варианту выполнения изобретения, представленному на фигурах 4*6, счетчик турбулентного газа включает в себя средства 55, 56, 57 и 58, чтобы сократить эффект турбулентности, создаваемый вторичными вихрями 52.

Эти средства образуются двумя опорными основаниями 55 и 57, параллельными между собой, имеющими каждое, по меньшей мере, одну большую поверхность 59 и 60, которая перпендикулярна продольному размеру верхнего препятствия 3 и нижнего препятствия 4. Каждое опорное основание 55 и 57 имеет форму диска с определенной толщиной или продольным размером, а также диаметр, который больше максимального поперечного размера d верхнего препятствия 3 (фигура 5). Оба опорных основания 55 и 57 закрепляются на внутренней стенке участка трубы 2 с внутренним диаметром O диаметрально противоположно, для того, чтобы одна из больших поверхностей 59 опорного основания 55 была повернута внутрь названного участка трубы и находилась напротив одной из больших поверхностей 60 другого опорного основания.

Каждое из опорных оснований 55, 57 частично располагается на участке трубы 2, как представлено на фиг. 6, таким образом, чтобы ее максимальной толщине e опорного основания, которая меньше всей толщины названного опорного основания, выступала внутрь названного участка трубы 2. Толщина e равна $0,03-0,05 D$, для того, чтобы выступающая часть этих *опорных оснований* была поверхностью предельного слоя газового потока. На самом деле, если толщина e меньше $0,03 D$, эффект турбулентности, создаваемый вторичными вихрями 52, сокращается недостаточно. Но если эта толщина больше $0,05 D$, выступающая часть оснований 55 и 57 может мешать газовому потоку, что приводит к нарушению образования основных вихрей 51.

Верхнее препятствие 3 и нижнее 4 фиксируется, каждое одним из их противоположных продольных концов 53 и 54 на каждом из больших поверхностей 59 и 60 опорных оснований 55, 57, расположенных одно против другого.

Как представлено на фиг. 5, верхнее препятствие 3 монтируется на опорном основании 55, называемом нижним опорным основанием, таким образом, чтобы каждое из этих оснований имело участок, соответственно 56 и 58, расположенный перед верхним препятствием 3.

Таким образом, предельный слой газового потока встречает сначала участок 56 нижнего основания 55 перед тем, как встретить верхнее препятствие 3. Эффектом этого является ослабление вторичного непрерывного вихря 52, который образуется при встрече с названным верхним препятствием 3. Следовательно, взаимодействие между этим вторичным вихрем 52 и основными вихрями 51 ослабляется. Ясно, что такое же явление происходит и по месту другого опорного основания 57, называемого верхним опорным основанием.

Каждый участок опорного основания имеет верхний конец 61 и 62, который удален от верхней поверхности 5 верхней препятствия 3 на расстояние $0,1-0,4d$, например на $0,35d$. В случае, когда это расстояние больше $0,4d$, вторичные вихри 52 ослабевают, но могут формироваться снова и снова стать достаточно сильными, чтобы нарушить основные вихри 51. В этой конструкции первая часть 9 нижнего препятствия 4 крепится на той части опорного основания, которая имеет¹ наибольший

диаметр, и поперечно направлению газового потока. Таким образом, участок длины второй части 14 нижнего препятствия *А* за пределы опорного основания вниз или прочь по ходу потока (фигура 5). Отмечено, что в некоторых случаях, и это является преимуществом, можно допустить формирование вторичных вихрей 52 и предусмотреть сзади верхнего препятствия 3 средства 63 и 64 для отделения вторичных вихрей от основных.

Согласно третьему варианту выполнения изобретения, представленному на фигуре 7, эти средства образуются двумя проходами 63 и 64, диаметрально противоположными на участке трубы 2. Каждый из проходов 63 и 64 выполнен между одним из продольных концов 65 и 66 второй части 14 нижнего препятствия 4 и участком трубы 2. В таком предпочтительном расположении вторая часть 14 нижнего препятствия 4 имеет продольный размер или высоту, которая меньше продольного размера h первой части 9 названного нижнего препятствия.

Когда предельный слой газового потока сталкивается с верхним препятствием 3, сильные вторичные вихри образуются по месту противоположных продольных концов 53 и 54 названного верхнего препятствия 3 и идут навстречу основным вихрям. Однако, формирование основных вихрей создает разрежение, в результате которого вторичные вихри притягиваются ко второй части 14 нижнего препятствия 4, в направлении нижнего прохода 63 и верхнего прохода 64, мешая, таким образом, названным вторичным вихрям взаимодействовать с названными основными вихрями, и таким образом мешать определению сигнала. Каждый проход 63 и 64 имеет, например, почти прямоугольную форму, продольный размер которого равен $1/40$ и $(1/20)D$, и например, равен $(1/36)D$.

Если продольный размер каждого прохода 63 и 64 больше $(1/20)D$, явление рециркуляции, которое имеет место напротив больших поверхностей 15 и 16 второй части 14 нижнего препятствия, рискует быть нарушенным и образование основных вихрей может быть сорвано.

Наоборот, если продольный размер меньше $1/40D$, эффект разрежения, который сказывается на вторичных вихрях, менее благоприятен, и взаимодействие этих вихрей с основными вихрями становится слишком значительным.

Согласно четвертому варианту выполнения изобретения, представленному на фигуре 8, можно соединить средства 55 и 57, чтобы сократить эффект турбулентности, создаваемый вторичными вихрями 52, показанными на фигурах 4-6, и средства 63 и 64, чтобы отделить названные вторичные вихри 52 от основных вихрей 51, представленных на фигуре 7.

Соединяя эти средства, можно получить эффект, который позволит значительно уменьшить взаимодействие между вторичными вихрями 52 и основными вихрями 51.

Пятый вариант выполнения изобретения представлен на фигуре 9 и в описании, которое следует, причем ссылочные номера предшествующих фигур будут сохранены. Счетчик турбулентной жидкости включает в себя два препятствия 3 и 4, а также пластинку 19, снабженную продольными

ми каналами 24, 25, соединенными с датчиком, как описано выше.

Согласно этому варианту выполнения, участок трубы 2 диаметром D , в котором располагаются оба препятствия 3 и 4 и пластинка 19, соединяется перед препятствием с участком трубы, называемым верхним или передним участком 67, внутренний профиль которого имеет варьируемый диаметр, который увеличивается вверх по потоку до величины $D1$, которая является величиной диаметра основной трубы. Верхний участок 67 трубы имеет внутреннюю стенку 68, которая образует с направлением газового потока угол, непрерывно изменяемый от места пересечения названной внутренней стенки с участком трубы 2, имеющим внутренний диаметр D , пересечения, при котором названный угол принимает нулевую величину, до места, где верхний участок 67 трубы имеет внутренний диаметр, равный $D1$, и где угол снова принимает нулевую величину.

Такое расположение предпочтительно, исходя, прежде всего, из того, что газовый поток, идущий сверху счетчика, не встречает при входе в счетчик острых краев, и таким образом он не нарушается образованием турбулентности. Поток ускоряется а участке трубы 2 с внутренним диаметром, что придает скоростному фронту потока характер, наиболее близкий турбулентному режиму и более стабильный.

Следовательно, при малых числах Рейнольдса газового потока природа сдвигаемого слоя, который образуется на верхнем препятствии, отходит от ламинарного режима.

Как представлено на фигуре 9, внутренняя стенка 68 верхнего участка 67 трубы имеет в плоскости, параллельной направлению газового потока, локальный профиль, образованный последовательно сверху вниз по ходу потока двумя дугообразными участками с противоположными вогнутостями, соединенными в одной точке. Нужно заметить, что соответствующие дуги не должны иметь обязательно идентичный радиус, как в случае фигуры 9. Также можно предусмотреть внутренний локальный профиль, образованный частью синусоидальной кривой. Этот вариант не представлен.

Уменьшенный диаметр D участка трубы 2 имеет величину, равную 60-90% величины диаметра $D1$ основной трубы. На самом деле, если величина D меньше на 60% величины $D1$, потеря напора становится не восполняемой и частота колебания становится слишком высокой для того, чтобы ее можно было определить с помощью простых средств.

К тому же при величине D , которая больше величины $D1$ на 90%, газовый поток недостаточно ускорен.

Преимущественно, диаметр D имеет величину 70-80% от величины начального диаметра $D1$ и равен, например, 72% от $D1$. Кроме того, участок трубы 2 с внутренним диаметром D имеет длину, в 1,5-3 раза больше диаметра D , и, например, равен $2D$. Эта характеристика позволяет, с одной стороны, использовать достаточное пространство, для того, чтобы могли образовываться колеблющиеся вихри, а, с другой стороны, придавать газовому счетчику хорошую производитель-

ность. На участке трубы 2 с внутренним диаметром D , верхнее препятствие 3 размещается в непосредственной близости к верхнему участку 67 трубы, чтобы оставить вниз по течению за препятствием достаточное пространство для образования колеблющихся вихрей. Более точно, верхняя поверхность 5 верхнего препятствия 3 размещается на расстоянии от верхнего участка 67 трубы, равном $0.5D1$ и $D1$.

При расстоянии, которое меньше $0.5D1$, газовый поток, достигающий верхнего препятствия 3, имеет скоростной фронт, который еще не стабилизировался.

И, наоборот, если расстояние больше, чем $D1$, с одной стороны, скоростной фронт газового потока рзчвиеает предельный слой, могущий наводить сильные вторичные вихри, которые рискуют нарушить основные колеблющиеся вихри, а, с другой стороны, счетчик теряет в своей производительности.

Участок трубы 2 с диаметром D соединен со стороны вниз по течению с нижним участком 69 трубы, внутренняя стенка которого 70 образует с направлением газового потока постоянный угол α . Соединение между двумя участками трубы 2 и 69 представляет собой острие кромки 71.

Нижний участок 69 трубы имеет внутреннюю стенку 70, имеющую форму усеченного конуса, которая простирается от острой кромки 71 до основной трубы с диаметром $D1$.

В результате резкого расширения трубы согласно данному углу после прямого участка трубы 2, в котором образуются колеблющиеся вихри, происходит уменьшение скорости газа и увеличение его давления.

Было констатировано, что эта характеристика изображения создает отрыв газового потока справа и вниз по ходу потока от острой кромки 71 и дает, таким образом, возможность появления барьера давления на выходе участка трубы 2.

Функция этого барьера заключается в том, чтобы задерживать газовые вихри внутри участка трубы 2, что позволяет поддерживать постоянным размер названных вихрей, т.е. иметь постоянное число Струхала, особенно для малых чисел Рейнольдса, и таким образом получить частоту колебания, прямо пропорциональную скорости газа. Угол расширения нижнего участка 69 трубы должен быть выбран разумно точно, чтобы можно было довести давление до приемлемой величины. Угол обычно равен $9-20^\circ$, преимущественно $10-15^\circ$, и, например, равен $10,78^\circ$. На самом деле, угол расширения больше 20° будет производить интенсивную рециркуляцию газа, а изменение скорости газа приведет к увеличению турбулентности газа, но не к созданию эффективного барьера давления, чтобы поддерживать постоянным размер вихрей. К тому же при угле расширения, равном меньше 9° , давление будет постепенно увеличиваться вдоль нижнего участка 69 трубы, что будет недостаточно для контроля размера вихрей.

Согласно шестому варианту выполнения изобретения, можно комбинировать характеристики счетчика турбулентного газа на фигуре 9 с характеристиками счетчика на фигуре 8. Тогда можно получить счетчик турбулентного потока газа, представленный на фигуре 10, с двумя препят-

виями, верхним 3 и нижним 4, которые крепятся своими продольными противолежащими концами 53 и 3 к двум опорным основаниям 55 и 57, частично вставленным в первый участок трубы 2 для ослабления эффекта турбулентности, создаваемого непрерывными вторичными вихрями газа, генерируемыми при встрече предельного слоя потока с верхним препятствием 3. Кроме того, вторая часть 14 нижнего препятствия 4 имеет продольный размер, который меньше продольного размера первой части 9 и предназначен для выполнения двух проходов, нижнего 63 и верхнего 64, между названной второй частью 14 нижнего препятствия 4 и участком трубы 1 с внутренним диаметром D. Эти проходы, имеющие прямоугольную форму, позволяют отделять вторичные вихри от основных вихрей.

На участке трубы 2 с внутренним диаметром D, ниже препятствий, предусмотрена пластинка 19, которая имеет продольные каналы 24 и 25, соединенные с датчиком, например, тепловым (не представлен на фигурах), позволяющим определять сигнал, соответствующий основным колебаниям.

Как указано выше, датчик соединен с электронной цепью, представленной на фигурах 15 и 16, которая позволяет вычислять объем газа при определении дифференциального давления,

Участок трубы 2 соединен, с одной стороны, вверх по потоку с верхним участком 67 трубы, профилированным таким образом, чтобы создать ускорение газа без нарушения, а, с другой стороны, вниз по потоку, с нижним участком трубы 69, имеющим внутри форму усеченного конуса с острой кромкой 71 в месте соединения с названным участком трубы 2, эффектом чего является создание избыточного давления, которое задерживает основные вихри в правом участке трубы.

Такой газовый счетчик позволяет измерять объемы газа при очень малых числах Рейнольдса до величин 3700 с динамикой 30:1 и с относительной погрешностью $\pm 1\%$.

Нужно уточнить, что число Рейнольдса измеряется для газового потока в трубе диаметром D1.

Чтобы показать преимущества счетчика для турбулентной жидкости по данному изобретению, были проведены испытания, результаты которых представлены на фигурах 13 и 14.

Первое испытание было осуществлено последовательно на двух счетчиках турбулентного газа, первый из которых представлен на фигурах 11 и 12, а второй представлен на фигуре 10. Диаметры D1 обоих труб равны 100 мм. Счетчик по фигурам 11 и 12 отличается от счетчика, показанного на фигуре 10, тем, что он имеет только одно препятствие разных размеров, способное генерировать вихри, и тем, что средства для определения сигнала, соответствующего колебаниям названных вихрей и для вычитания объема газа, устанавливаются на названном препятствии.

Кроме этих отличий, все, что было описано выше относительно профилированной трубы, расположения препятствия в трубе, опорных поверхностей и их расположения относительно названной трубы и названного препятствия, остается действительным и не будет повторяться в дальнейшем.

Таким образом, счетчик турбулентного газа 72 включает в себя участок трубы 73, в котором размещают препятствие 74. Препятствие 74 имеет верхнюю (переднюю) поверхность 75 и нижнюю (заднюю) поверхность 76, обе плоскости и параллельны между собой, названная верхняя поверхность 75 больше, чем названная нижняя поверхность 75. Плоскость этих обеих поверхностей перпендикулярна направлению газового потока.

Препятствие 74 имеет также две боковые поверхности 77 и 78, симметричные, которые образуют с верхней поверхностью 75 постоянный угол ρ , таким образом, чтобы придавать поперечному сечению названного препятствия форму Трапеции, основание которой обращено против хода потока (против течения).

На фигурах 11 и 12 видно, что средства для определения сигнала, соответствующего колебаниям вихрей и для вычитания объема газа, содержат два основных канала 79 и 80, параллельных друг другу и выполненных вдоль препятствия 74 в непосредственной близости к боковым поверхностям 77 и 78 названного препятствия. Эти каналы 79 и 80 симметричны по отношению к средней плоскости, содержащей ось симметрии трубы и перпендикулярны плоскости, содержащей поперечное сечение препятствия 74. Указанные средства включают также несколько вторичных каналов, число которых может быть в два раза больше числа основных, 81, 82, 83, 84, эти каналы равномерно распределены вдоль продольного размера основных каналов 83 и 84, перпендикулярно к названным основным каналам. Эти вторичные каналы соединяют основные каналы с боковыми поверхностями 77 и 78 препятствия 74. Вторичные каналы 81, 82, 83, 84 имеют диаметр, равный диаметру основных каналов. Каждый из основных каналов 79 и 80 соединен, например, с тепловым датчиком (не представлен), который будет определять поток, вызываемый дифференциальным давлением, наводимым в названные основные каналы отделением вихрей. Классическая электронная цепь, такая как представлена на фигурах 15 и 16, позволяет вычислять объем газа по определенному дифференциальному давлению, как это уже объяснялось выше.

Поверхность 74 монтируется на двух опорных основаниях кругообразной формы, из которых одно, нижнее опорное основание 85, представлено на фигурах 11 и 12.

Верхняя поверхность 75 препятствия 74 размещается на расстоянии $0,35d$ от верхнего конца 86 участка опорного основания 85, расположенного вверх по течению от названной верхней поверхности 75. Угол ρ который образует боковые поверхности 77 и 78 препятствия 74 с верхней поверхностью 75 названного препятствия, равен 4° .

Испытания, проводимые с этими двумя счетчиками, состояли в том, чтобы обнаружить относительную погрешность, появляющуюся при определении объема газа, проходящего через каждый из названных счетчиков по отношению к эталонному счетчику при расходах, равных от 20 до $600 \text{ м}^3/\text{час}$, соответствующих спектру чисел Рейнольдса от 3700 до 1900.

Таким образом, фигура 13 представляет для каждого из газовых счетчиков относительную пог-

решность в процентах в зависимости от числа Рейнольдса, а полученные кривые А и В являются кривыми соответствующих измерений счетчика по фигуре 11 и счетчика по фигуре 10

Таким образом, представляется ясным, что газовый счетчик по фигуре 10 (с двойным препятствием) позволяет измерять, и довольно надежно, объем газа при малых числах Рейнольдса, вплоть до 3700, в то время как счетчик по фигуре 11 (с простым препятствием) не позволяет надежно измерять объем газа при числе Рейнольдса меньше 16500

Другое испытание такого же типа, результаты которого представлены на фигуре 14, состояло в том, чтобы сравнить два газовых счетчика по изобретению, один из которых показан на фигуре 8, а другой соответствует варианту выполнения, представленному на фигуре 10.

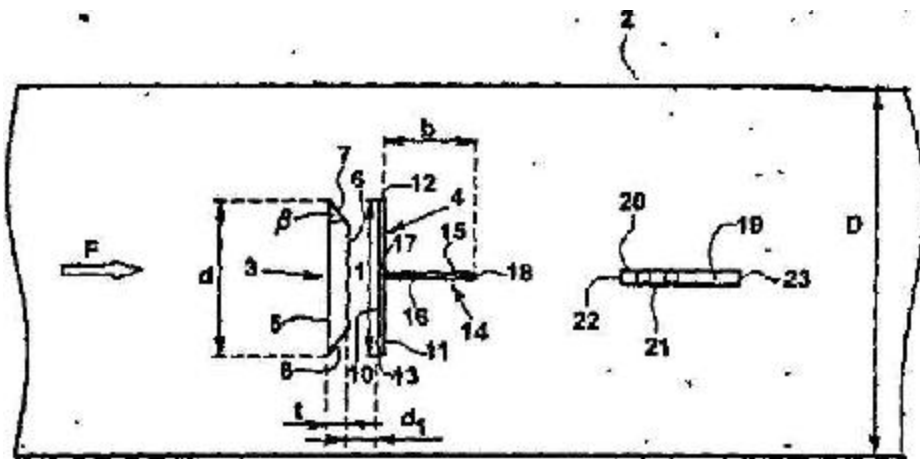
Относительно этих двух счетчиков ясно, что кривые измерения С и В, полученные соответ-

ственно для счетчиков по фигурам 8 и 10, удовлетворительны и отражают отличную линейность названных счетчиков

Во всяком случае, было замечено, что ниже числа Рейнольдса, равного 18600, со счетчиком по фигуре 8 шум очень значительный по отношению к сигналу колебаний.

Наоборот, факт размещения двойного препятствия в профилированной трубе значительно улучшает соотношение сигнал/шум для чисел Рейнольдса меньше 18600., требующих только упрощенных электронных средств для вычисления объема газа по определяемому сигналу

Вариант выполнения со ссылками на фигуру 10 является, таким образом, предпочтительным, потому что он позволяет получить очень сильный и очень стабильный сигнал и всегда можно получить* объем газа даже при очень малых числах Рейнольдса - порядка 3700.



ФИГ. 1

17

18

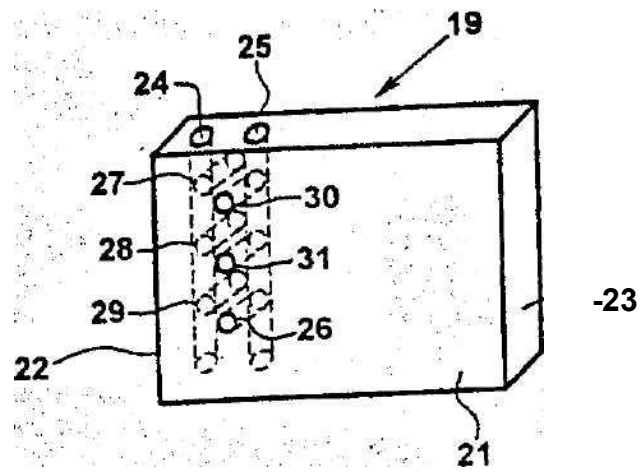
25

24-

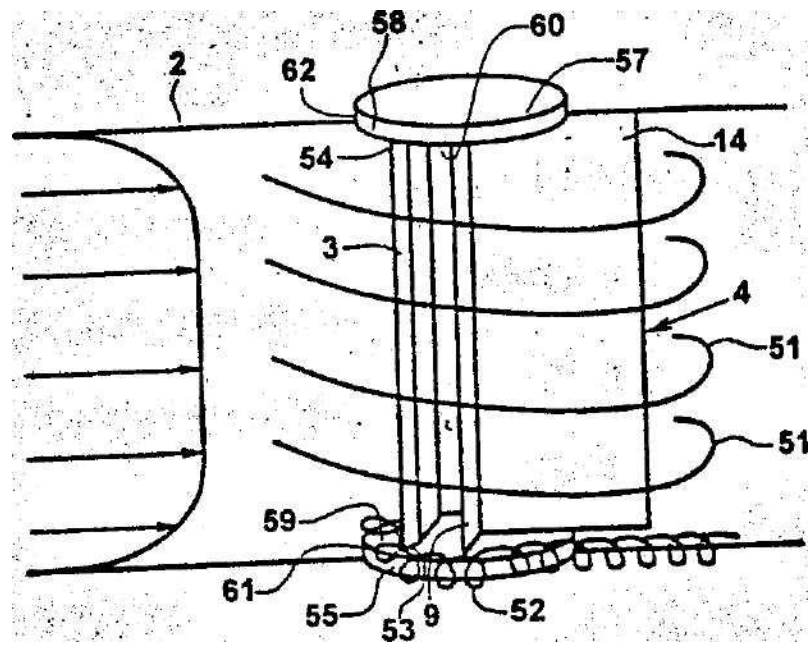
9 - 3—

-23

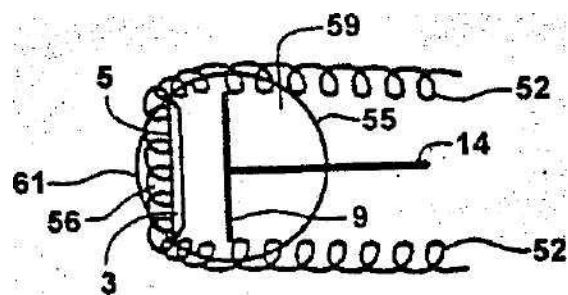
Фиг. 2



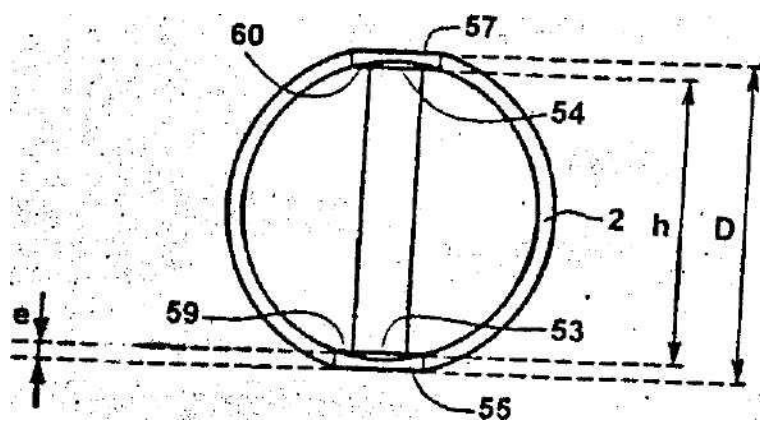
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

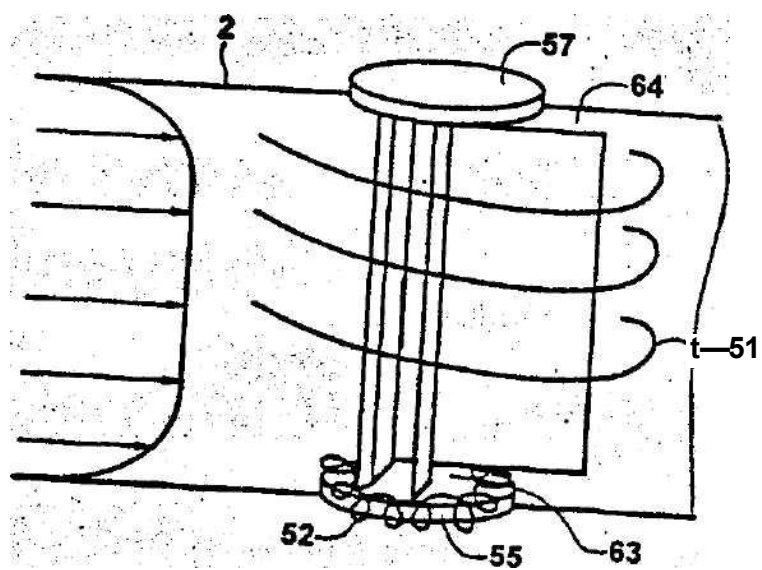


Фиг. 6

66

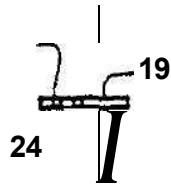
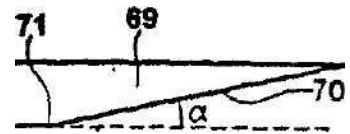
14'		-25
24-	/	
c / ^		

Фиг. 7

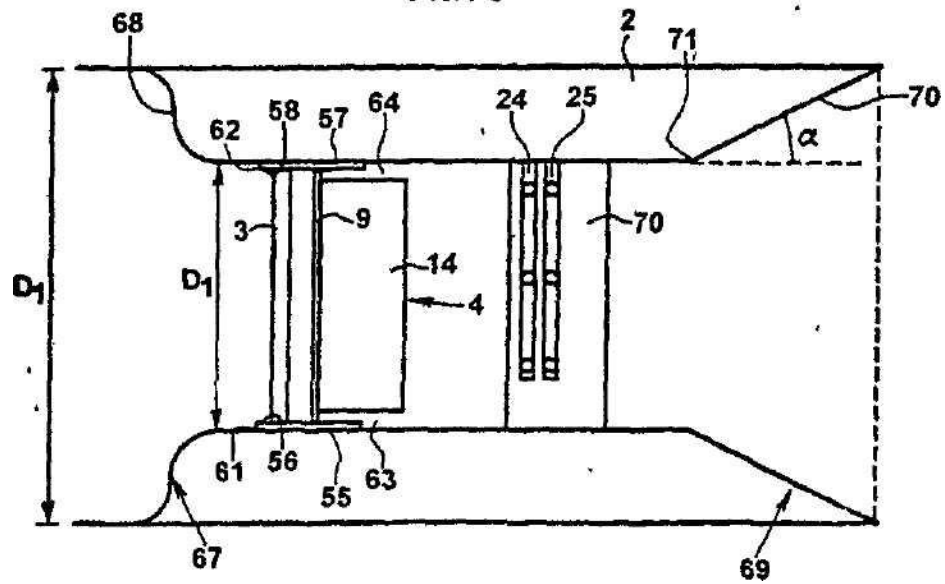


Фиг. 8

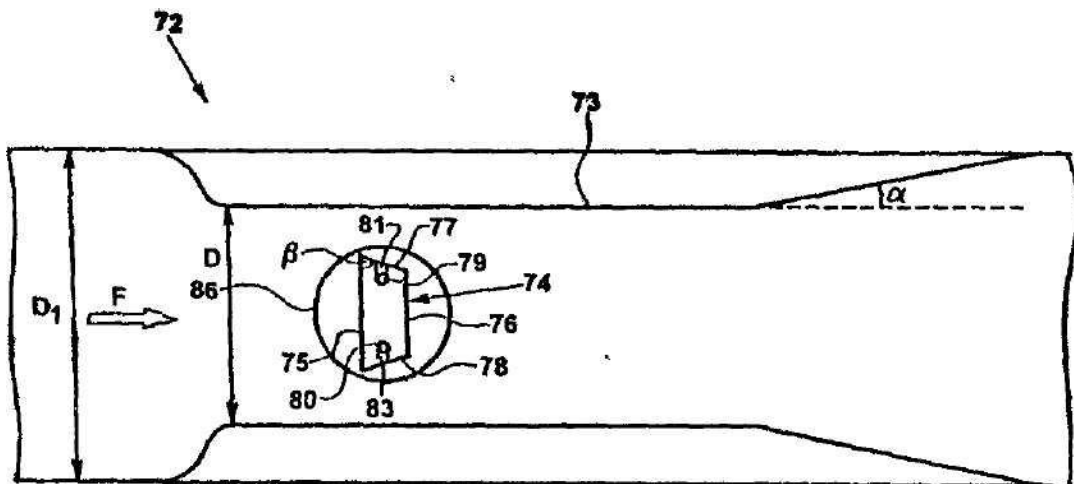
68



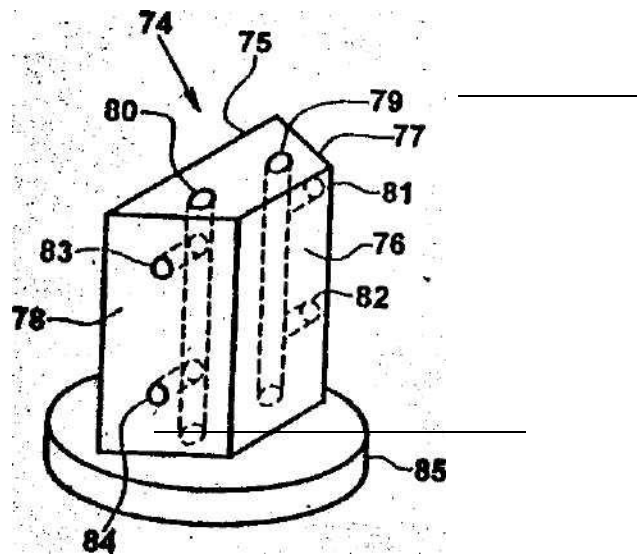
Фиг. 9



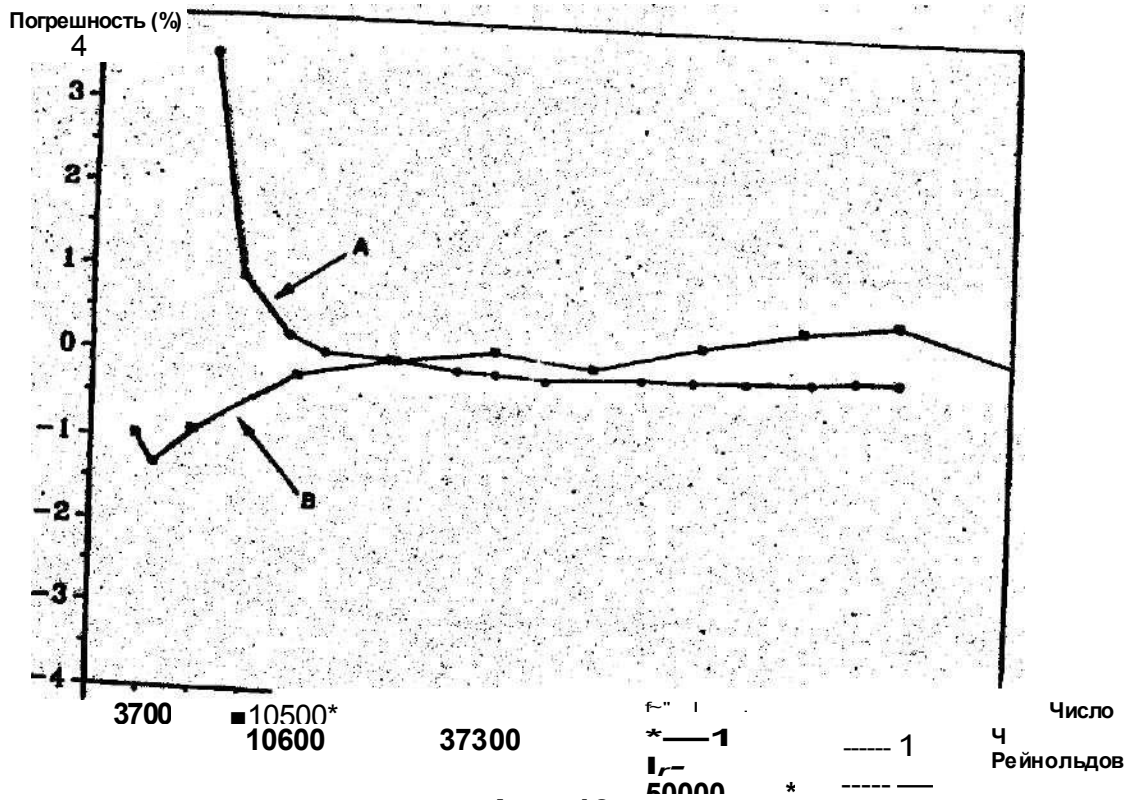
Фиг. 10



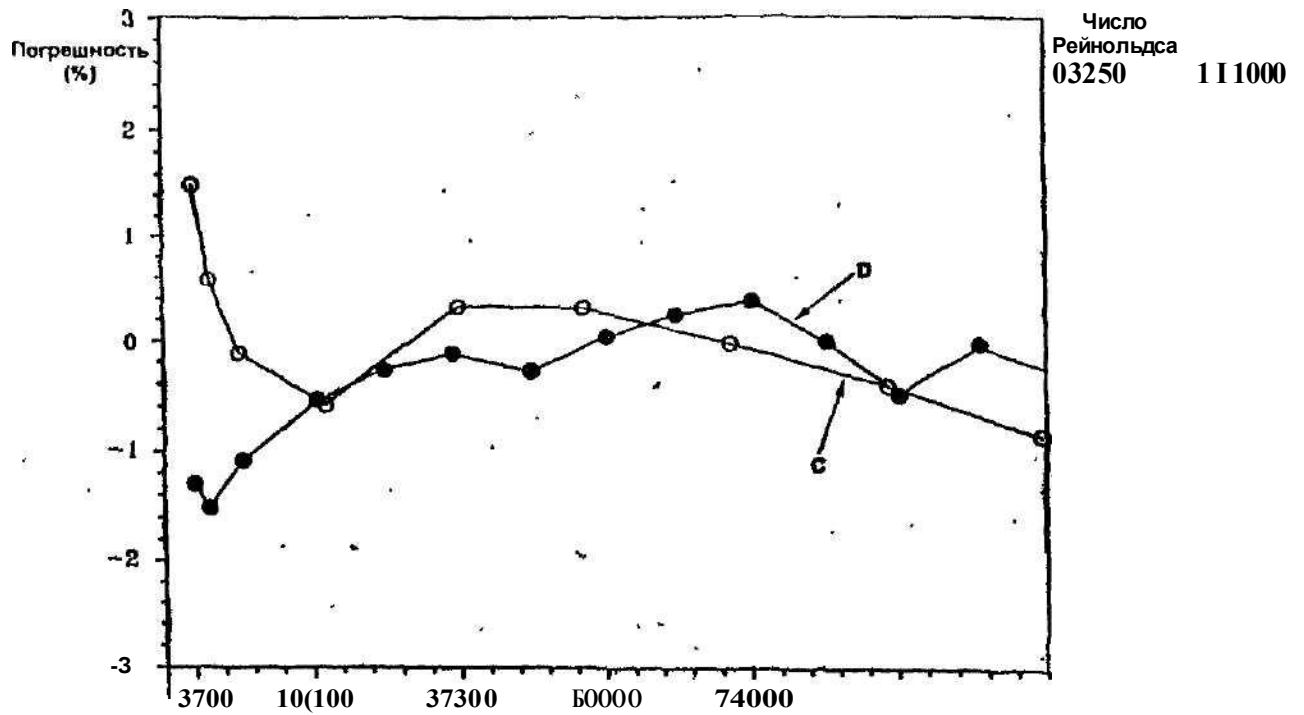
Фиг. 11



Фиг. 12



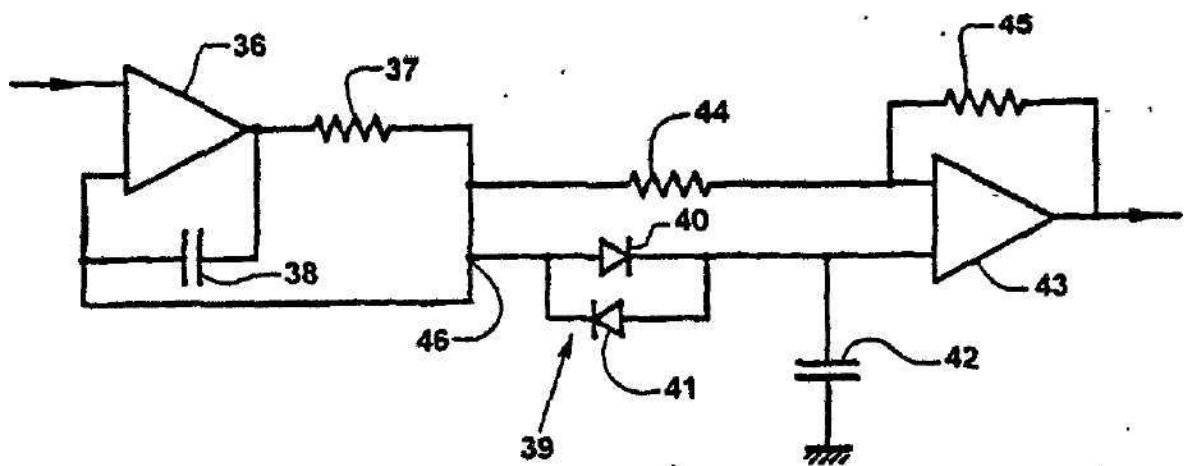
Фиг. 13



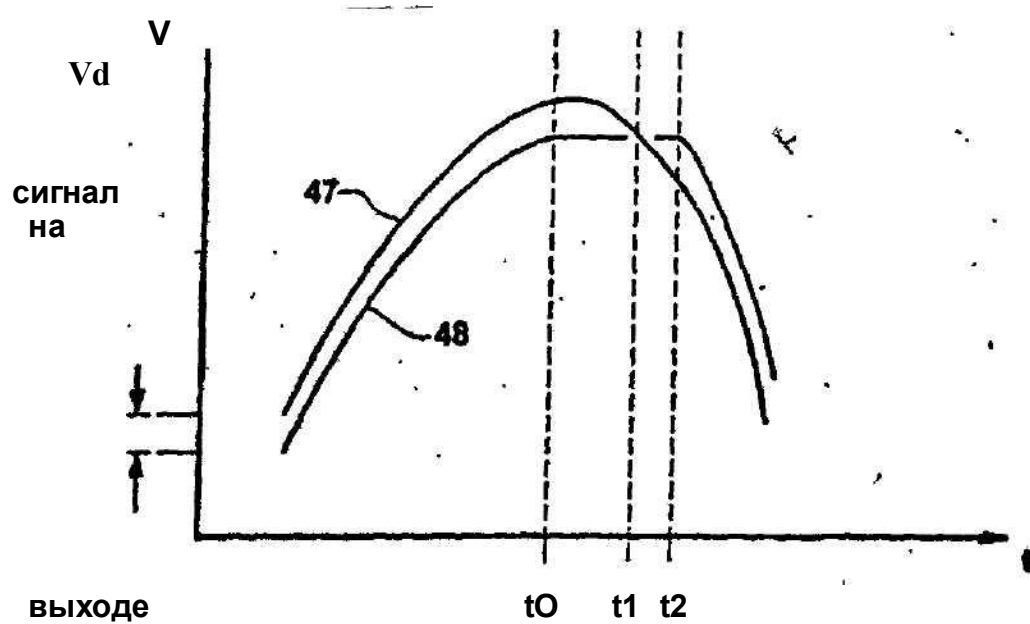
Фиг. 14

32		33		34		35

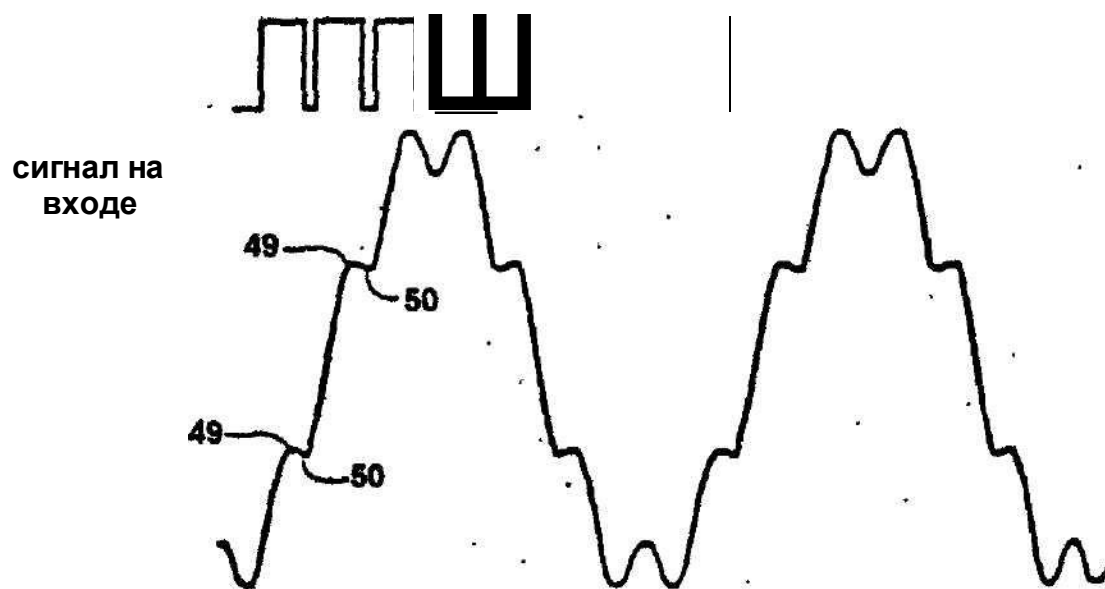
Фиг. 15



Фиг. 16



Фиг. 17



Фиг. 18

Тираж 50 екз.

Відкрите акціонерне товариство «Патент»
 Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101
 (03122) 3-72-89 (03122)2-57-03