

РЭСПУБЛІКА БЕЛАРУСЬ



ПАТЭНТ

НА КАРЫСНУЮ МАДЭЛЬ

№ 13867

Расходомер

выдадзены

Нацыянальным цэнтрам інтэлектуальнай уласнасці
ў адпаведнасці з Законам Рэспублікі Беларусь
«Аб патэнтах на вынаходствы, карысныя мадэлі, прамысловыя ўзоры»

Патэнтаўладальнік (патэнтаўладальнікі):
Учреждение образования "Белорусская государственная академия
авиации" (ВУ)

Аўтар (аўтары):
Баранов Александр Дмитриевич; Василевич Сергей
Владимирович; Стойко Сергей Олегович (ВУ)

Заяўка № **и 20250165**

Дата падачы: **24.07.2025**

Зарэгістравана ў Дзяржаўным рэестры
карысных мадэляў Рэспублікі Беларусь:

17.11.2025

Дата пачатку дзеяння:

24.07.2025

Генеральны дырэктар

А.В.Курман



ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 13867

(13) U

(45) 2025.12.05

(51) МПК

G 01F 1/00

(2022.01)

(54)

РАСХОДОМЕР

(21) Номер заявки: u 20250165

(22) 2025.07.24

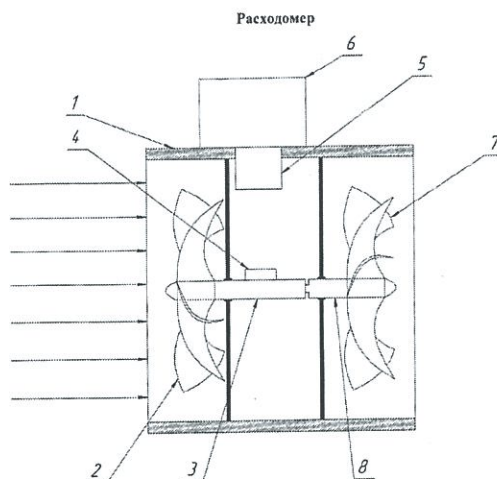
(71) Заявитель: Учреждение образования
"Белорусская государственная ака-
демия авиации" (ВУ)

(72) Авторы: Баранов Александр Дмитрие-
вич; Василевич Сергей Владимирович;
Стойко Сергей Олегович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Белорусская государственная
академия авиации" (ВУ)

(57)

Расходомер, включающий в себя цилиндрический корпус, закручивающий вентилятор, раскручивающий вентилятор, отличающийся тем, что между закручивающим вентилятором и раскручивающим вентилятором вмонтирован датчик Холла, а в вал закручивающего вентилятора вмонтирован источник магнитного поля.



Фиг. 1

(56)

1. ДАЕВ Ж.А. Измерительные системы расхода и количества жидкости и газа переменного перепада давления: обзор и анализ достижений за последние десятилетия. Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. Казахско-Русский международный университет, № 2 (20), 2017, с. 19-24.

2. ХЛЕБНИКОВ В.И. Методы и средства измерения расхода жидкости и газа: перспективы применения ультразвуковых преобразователей с широким измерительным лучом. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 9 [678] 2016, МГТУ им. Н.Э. Баумана, с. 45-52.

ВУ 13867 U 2025.12.05

3. RU 2253843 C1, 2005.
4. SU 1591618 A1, 1988.
5. RU 2762946 C1, 2021.

Предлагаемое техническое решение относится к информационно-измерительным системам и может быть применено в системах, измеряющих расход жидкости или газа.

Модернизация измерительных приборов и систем является актуальной в условиях ускоряющегося научно-технического прогресса, который требует повышения точности, надежности и скорости измерений для соответствия современным стандартам [1, 2]. Современные измерительные системы обеспечивают соответствие нормативным требованиям, повышают энергоэффективность, точность измерений, надежность и долговечность.

Известен шариковый преобразователь расхода [3], состоящий из корпуса немагнитного материала, ограничительной втулки, раскрытой кольцевой полости с шаром и узла съема сигнала. Раскрытая кольцевая полость образована внутренней поверхностью корпуса и наружной поверхностью ограничивающей втулки. Корпус преобразователя со стороны раскрытия полости с размещенным в ней шаром имеет кольцевое углубление, стабилизирующее вращение вихревого потока.

Известен шариковый расходомер [4], состоящий из корпуса с входными и выходными патрубками. Внутри корпуса коаксиально расположены стержень-вытеснитель и ограничивающий кольцевой элемент, который образует в корпусе непроточную полость с размещенным в ней шаром. Последняя сообщена с проточной частью кольцевой щелью. В зоне размещения шара на корпусе расположен узел съема сигнала. Для приведения во вращение шара служит струенаправляющее устройство, выполненное в виде тангенциальных каналов, расположенных в кольцевом выступе, размещенном на торце ограничительного кольцевого элемента со стороны проточной части корпуса.

В известных конструкциях шариковых преобразователей расхода жидкости в импульсный электрический выходной сигнал имеются недостатки, обусловленные использованием ферромагнитного шарика и магнитоиндукционного датчика:

1. При прохождении ферромагнитного шарика рядом с магнитопроводом магнитоиндукционного датчика происходит его примагничивание (притягивание) и при небольшом расходе жидкости - его прилипание, что обуславливает нелинейность статической характеристики и значительный порог чувствительности в области низких расходов.

2. При горизонтальном положении преобразователя, поскольку ферромагнитный шарик относительно веса вытесненной жидкости тяжелый, то есть обладает отрицательной плавучестью, наблюдается непостоянство скорости вращения шарика в пределах одного оборота, которое нарастает при уменьшении скорости вращения, что в итоге еще больше искажает статическую характеристику первичного преобразователя.

Использование тяжелого ферромагнитного шарика и применение магнитоиндукционного способа формирования выходного импульсного сигнала делают невозможной работу преобразователя в горизонтальном положении, резко снижают динамический диапазон измерения расхода жидкости Q_{\max}/Q_{\min} и увеличивают погрешность измерения расхода жидкости Q ($\text{м}^3/\text{ч}$). В частности, серийно выпускаемые шариковые первичные преобразователи "Шторм-8А" и "Шторм-32М", используемые в атомной энергетике и внесенные в Государственный реестр средств измерений под № 5706-08, имеют узкий рабочий диапазон (4-6) и весьма большую погрешность измерения (1,5-2,5 %), согласно ТУ 4213-865-00225555-2007.

Наиболее близкой к предлагаемому устройству является схема шарикового расходомера [5], состоящего из цилиндрического корпуса, соосно установленного в него винтообразного струенаправляющего аппарата со ступицей, кольцевого канала между ступицей и внутренней поверхностью корпуса, шара, который может вращаться в кольцевом канале,

выполненного из диэлектрического материала, имеющего нулевую плавучесть в жидкости, электродов, размещенных заподлицо в кольцевом канале на внутренней поверхности корпуса, и электронной схемы формирования выходного сигнала. В кольцевом канале установлены четыре электрода в вершинах квадрата, два из которых, находящиеся вдоль направления движения жидкости с шаром, соединены с общей шиной схемы, два других электрода присоединены к неинвертирующему и инвертирующему входам однопорогового компаратора на операционном усилителе.

Достоинством данной схемы является простота конструкции, дешевизна изготовления.

К недостаткам известного шарикового расходомера следует отнести наличие защитных сетей, которые тормозят поток и способствуют засорению прибора; слабая чувствительность и отсутствие жесткой фиксации источника магнитного поля в устройстве, что приводит к холостому ходу на малых скоростях потока.

Задачей предлагаемого устройства является повышение точности измерений расхода жидкости или газа, надежности и долговечности устройства.

Задача решается следующим образом. Расходомер, включающий в себя цилиндрический корпус, закручивающий вентилятор, раскручивающий вентилятор, отличающийся тем, что между закручивающим вентилятором и раскручивающим вентилятором вмонтирован датчик Холла, а в вал закручивающего вентилятора вмонтирован источник магнитного поля.

На фиг. 1 представлена схема устройства расходомера.

Сущность заявляемого технического решения поясняется фиг. 1, где приведено схематическое изображение устройства. На фиг. 1 приняты следующие обозначения:

- 1 - корпус;
- 2 - закручивающий вентилятор;
- 3 - вал закручивающего вентилятора;
- 4 - источник магнитного поля;
- 5 - датчик Холла;
- 6 - специальный вычислительный блок;
- 7 - раскручивающий вентилятор;
- 8 - вал раскручивающего вентилятора.

Устройство работает следующим образом. Ламинарный поток жидкости или газа поступает в корпус 1, проходит через закручивающий вентилятор 2, закрепленный на валу 3 закручивающего вентилятора. При этом начинается вращение закручивающего вентилятора 2, вала закручивающего вентилятора 3 и вмонтированного в вал источника магнитного поля 4. Датчик Холла 5 реагирует на изменение магнитного поля и начинает отсчет оборотов вентилятора, специальный вычислительный блок 6 фиксирует значение датчика Холла 5 и определяет расход жидкости или газа. Закрученный поток жидкости или газа проходит через раскручивающий вентилятор 7, закрепленный на валу 8 раскручивающего вентилятора, после прохождения раскручивающего вентилятора 7 поток снова становится ламинарным.

Были проведены численные эксперименты, в ходе которых в среде структурного программирования Matlab были созданы две математические модели, описывающие зависимость угловой скорости вращения вала закручивающего вентилятора с вмонтированным в него источником магнитного поля от скорости потока жидкости или газа и прототипом, устройство которого включает шар, катушку индуктивности и защитные сетки. В качестве потока была принята топливная смесь калильного двигателя. В состав топлива входит метанол (54 %), нитрометан (30 %), техническое касторовое масло (16 %). Вязкость топливной смеси при нормальных условиях составляет 0,1045 Па·с. При построении математических моделей учитывались сопротивление компонентов устройств, вязкость среды, скорость потока, гидродинамические характеристики вентиляторов.

BY 13867 U 2025.12.05

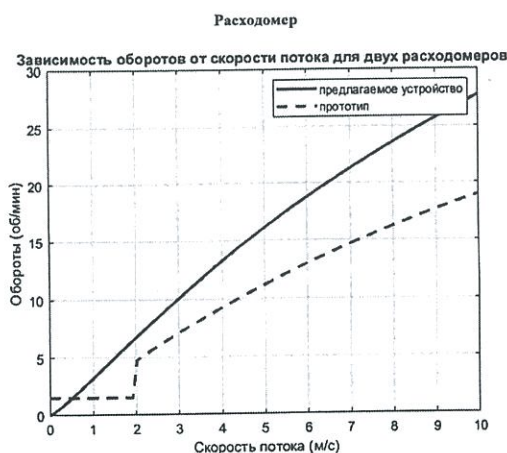
В качестве критерия оценки точности определения скорости потока был принят темп роста угловой скорости вращения вала при повышении линейной скорости движения потока. Чем выше темп роста угловой скорости, тем точнее значения снимаемых показаний, так как снижается погрешность.

На фиг. 2 представлен полученный с помощью численных экспериментов график зависимости оборотов вала от скорости потока для предлагаемого устройства, а также для прототипа.

Кривизна зависимости оборотов в минуту от скорости потока отображает, как с изменением скорости потока изменяются обороты вентиляторов. Чем круче кривая, тем отзывчивость на изменение скорости потока выше (фиг. 2). Исходя из анализа численного эксперимента следует вывод, что заявленное устройство точнее измеряет расход жидкости или газа, чем прототип. Отсутствие защитных сетей в корпусе, которые тормозят поток, также повышает чувствительность устройства и позволяет более точно определять скорость потока.

Также следует отметить, что отсутствие незакрепленных источников магнитного поля (шар) в конструкции снижает уровень динамических нагрузок в корпусе при работе устройства, что повышает надежность работы и увеличивает срок службы расходомера.

В заключение можно сделать вывод о том, что применение предлагаемого устройства расходомера позволяет повысить точность измерений скорости потока жидкости или газа за счет более чувствительной зависимости угловой скорости оборотов вала от линейной скорости потока жидкости или газа и исключения из конструкции устройства защитных сетей, которые тормозят поток жидкости или газа. При этом устройство характеризуется упрощенной конструкцией за счет исключения незакрепленного источника магнитного поля, что повышает надежность работы и ресурс службы расходомера. Также стоит отметить, что математическое моделирование подтвердило, что внедрение датчика Холла позволяет более точно снимать характеристики прибора в целом и увеличивает точность определения скорости потока.



Фиг. 2