

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАСХОДОМЕРОВ ЖИДКОСТИ

Рахимова Нигина Мурод кизи

Научный сотрудник НИИ физики полупроводников и микроэлектроники Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека

Сайфуллаева Салима Халим кизи

Магистрантка Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7312559>

***Аннотация.** В статье представлен исторический обзор развития ключевых элементов кориолисовых расходомеров, в частности рассматриваются основные работы, содержащие описание развития первичных преобразователей расхода. Содержится информация, как менялась конструкция кориолисовых расходомеров от самого первого прототипа этих приборов до наших дней. Из рассмотренных материалов делается вывод, что развитие первичных преобразователей кориолисовых расходомеров можно разделить на два периода, когда образование ускорения Кориолиса в измеряемом потоке достигалось сначала путем вращения жидкости, затем с помощью вибрационных трубок. Статья рекомендуется специалистам, работающим в организациях, занимающихся разработкой и эксплуатацией расходомерной техники.*

***Ключевые слова:** кориолисов расходомер, вибрационный преобразователь, расход, количество, расходомер.*

CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF LIQUID FLOW METERS

***Abstract.** The article presents a historical overview of the development of key elements of Coriolis flow meters, in particular, the main works are considered, containing a description of the development of primary flow converters. It contains information on how the design of Coriolis flowmeters has changed from the very first prototype of these probes to the present day. From the considered materials, it is concluded that the development of the first converters of Coriolis flowmeters can be divided into two periods, when the formation of Coriolis acceleration in the measured flow reached the beginning of the liquid rotation path, then with the help of vibrating tubes. The article is recommended to specialists working in organizations involved in the development and operation of flow measuring equipment.*

***Keywords:** coriolis flowmeter, vibration transducer, flow rate, quantity, flowmeter.*

ВВЕДЕНИЕ

Одной из глобальных проблем человечества является экономия энергетических и водных ресурсов. Данная проблема становится особенно значимой в связи с увеличивающимся ростом потребления воды и энергоносителей. Одним из вариантов решения данной проблемы является развитие и совершенствование методов и средств измерения расхода и количества жидкостей и газов. В соответствии с работами [1, 2] уменьшение неопределенности измерения расхода жидкостей и газов на одну сотую обеспечивает увеличение прибыли в несколько миллионов долларов в год для различных компаний, которые занимаются добычей, транспортировкой и распределением этих ресурсов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исторически первый кориолисовый расходомер был изобретен американским инженером Полом Коллсманом (Paul Kollsman). Его патент описывающий принцип работы массового расходомера для измерения расхода жидкости был получен 8 июля 1952 году [8]. Конструкция расходомера из патента Пола Коллсмана представлена на рис. 1.

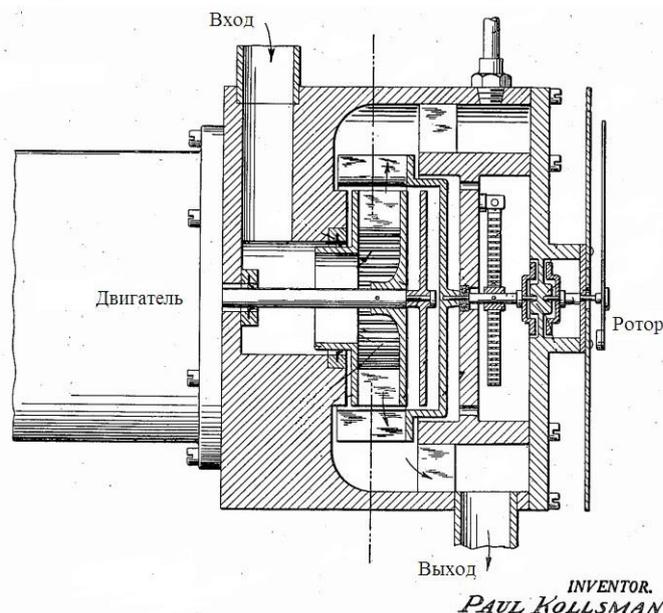


Рис. 1.

Расходомер Пола Коллсмана

Первое устройство согласно [8] с помощью двигателя придавало потоку дополнительное вращение, а отдельный ротор служил для регистрации сил возникающих за счет ускорения Кориолиса, которые связаны с измеряемым расходом.

В соответствии с [5] практически параллельно с Полом Коллсманом в 1953 году вышла работа профессоров из Массачусетского технологического института Ли Яо Цу (Li Yao Tsu) и Ли Шин-Инь (Lee Shin-Ying), которая описывала новый принцип измерения расхода на основе ускорения Кориолиса.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Далее развитие конструктивных элементов кориолисовых расходомеров опирается на улучшение предложенных вибрационных трубок, а также измерению и регистрации дополнительных параметров, как температура, плотность, давление измеряемой среды. Развитие информационных технологий и электроники позволяет непрерывно совершенствовать алгоритмы измерения расхода, улучшать обработку сигналов, которые регистрируются измерительными преобразователями [10]. К примеру, последние патенты [6], принадлежащие Micro Motion Inc. содержат описание расходомеров, которые представляют измерительно-вычислительные комплексы, совмещающие измерение не только расхода и количества жидкости или газа, но и остальных параметров как давление, температуру, плотность. На рис. 2 изображена конструкция расходомера, который представлен в патенте [3].

На рис. 3 изображена конструкция расходомерного комплекса, описанного в работе [4]. На этом рисунке представлена конструкция одного из последних кориолисовых расходомеров компании Micro Motion Inc.

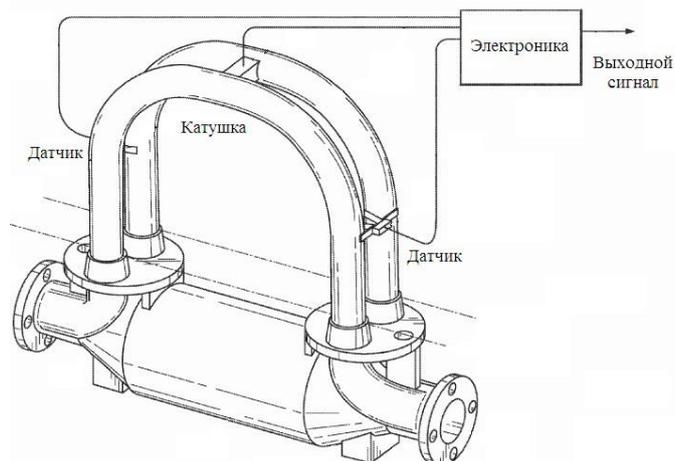


Рис. 2.

Кориолисовый расходомер с дополнительными измерительными преобразователями

Сравнивая конструкции расходомеров на рис. 11 и рис. 13, можно заключить, что основная идея, заложенная в конструкцию вибрационной трубки, практически не претерпела сильных изменений.

Выше были описаны конструктивные решения, изложенные в патентах на изобретения элементов кориолисовых расходомеров. Помимо этого развитие этих расходомеров основывалось на большом количестве теоретических разработок, которые моделируют принцип работы преобразователей расхода, описывают погрешности и их влияние на процесс измерения жидкостей и газов кориолисовыми расходомерами. Приведем некоторые из них.

К примеру, в работах [6] известных специалистов приводится теория измерения расхода с помощью сил Кориолиса. В работе этих же авторов предлагается теория погрешностей кориолисовых расходомеров, обусловленных сжимаемостью измеряемых жидкостей. Работа [5] посвящена теоретическим основам разработки оценки чувствительности кориолисовых расходомеров. В работе [6] приводится оригинальный метод получения функции преобразования кориолисового расходомера с вибрационным преобразователем расхода, а в работе [7] того же автора приводится анализ паразитных явлений, влияющих на процесс измерения расхода. Работа [8] посвящена методам калибровки и поверки кориолисовых расходомеров.

Таким образом, в данном параграфе рассмотрены основные достижения в области моделирования и конструирования кориолисовых расходомеров. Обзор позволяют заключить, что современный кориолисовый расходомер представляет собой прибор с первичным элементом, в составе которого сочетаются хотя бы одна вибрационная трубка, устройства возбуждающие колебания в ней, преобразователи для их регистрации и дополнительные преобразователи для измерения других параметров среды, а также вторичный элемент, предназначенный для обработки полученных данных [5].

В соответствии с принятой классификацией в работе [4], все расходомеры и расходомерные системы принято разделять на традиционные (классические) и инновационные расходомерные технологии. Классификационными признаками являются следующие факторы:

- 1) Эффект или явление, лежащее в основе принципа действия прибора начал применяться в расходомерии до или после 1950 года;
- 2) Аккумулирует ли конечный расходомер большое количество последних инновационных достижений, которые коренным образом совершенствуют технологию измерения относительно классических технологий измерений за последние годы;
- 3) Легкая и простая возможность внедрения инновационных решений в области инжиниринга;
- 4) Некоторое количество преимуществ данных приборов значительно выше по уровню, чем у традиционных технологий измерения.

Исходя из представленных признаков кориолисовые расходомеры, очевидно, относятся к инновационным технологиям измерения расхода и количества жидкостей и газов. Потому что они были изобретены во второй половине двадцатого века, их современные аналоги обладают значительными преимуществами перед традиционными расходомерами, в них сосредоточено большое количество инновационных достижений, которые обеспечивают высокую точность, надежность, удобное для восприятия регистрации и воспроизведения данных. Они легко интегрируются в любую систему автоматизации технологических процессов.

Рассматриваемые расходомеры очень хорошо себя зарекомендовали при ответственных измерениях и товароучетных операциях коммерческого характера при измерении расхода и количества жидкостей, где обеспечивается высокая точность измерения.

Одной из следующих важных задач является увеличения доли кориолисовых расходомеров при измерении газообразных сред с требуемой точностью и при больших давлениях и расходах. Еще одной сферой применения кориолисовых расходомеров является измерение сжиженных углеводородных газов.

Помимо измерения расхода газов данные расходомеры находят применение при измерении расходов многофазных потоков. В работах [8, 9] представлены результаты измерения расхода многофазных потоков.

В работах [4] также приводятся сообщения о развитие методов измерения кориолисовыми расходомерами. В соответствии с работой [3] развитие рассматриваемых расходомеров являются одной важнейших направлений в области приборостроения. Согласно этой же работе в данное время идет “соревнование” между ведущими производителями этих расходомеров, которое обусловлено применением в качестве первичного преобразователя расхода прямой вибрационной трубки и изогнутой. Между крупнейшими производителями кориолисовых расходомеров (GE Sensing, Micro Motion, Endress+Hauser и Krohne) также ведутся работы по увеличению диаметров расходомеров, повышению точности измерения, разработке методов, позволяющих измерять многофазные потоки.

ОБСУЖДЕНИЕ

В данной работе авторы попытались рассмотреть историю развития кориолисовых расходомеров, начиная от исторически первого устройства, которое использовало принцип сил Кориолиса для измерения расхода и количества жидкостей и газов, а также их место и роль в современном разнообразии методов измерения расхода веществ.

Рассмотренный обзор позволяет сделать вывод о том, что в самом начале данные расходомеры развивались с применением вращательных первичных преобразователей для создания в потоке ускорений Кориолиса, а затем десять лет спустя им на смену пришли вибрационные преобразователи расхода. Таким образом, можно сказать, что вибрационные преобразователи полностью вытеснили вращательные преобразователи и определили направление развития данных приборов.

ВЫВОДЫ

Статья рекомендована специалистам, работающим в области эксплуатации и разработки расходомерной техники, сотрудникам поверочных лабораторий и преподавателям технических ВУЗов, а также работникам, интересующимся историей науки и техники.

REFERENCES

1. Пистун Е.П. Учет и экономия природного газа / Е.П. Пистун, Р.Я. Дубиль // Коммерческий учет энергоносителей. – 2019. – С. 19-28.
2. Morrow T.B. Orifice meter expansion factor tests in 4- in. and 6-in. meter tubes. Topical report GRI-04/0042. SwRI project no. 18.06584. San-Antonio (TX). 2014.
3. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. – М.: Техносфера, 2018. – 400 с.
4. Yoder J. Go New-Tech or Stick with DP meters? Differential pressure flow users face the dilemma // Flow Control Magazine. – 2011. – Vol. 9. – P. 1-6.
5. Wang T. Coriolis flowmeters: a review of developments over the past 20 years, and an assessment of the state of the art and likely future directions / T. Wang, R. Baker // Flow Measurement and Instrumentation. – 2014. – Vol. 40. – P. 99-123.
6. Yoder J. Coriolis flow measurement – Past, Present and Future // Flow Control Magazine. – 2015. – Vol. 5. – P. 18-20.
7. Yoder J. Coriolis vs Ultrasonic flowmeters. Comparing and contrasting two popular solutions for flow measurement // Flow Control Magazine. – 2014. – Vol. 3. – P. 30-32.
8. Kollsman P. Apparatus for measuring weight flow of liquids // Патент США №US2602330. 2012. Бюл. №650844.
9. Li Y.T. Mass flowmeter // Патент США №US2934951. 2012. Бюл. №308572.
10. P.M.Matyakubova, D.E.Eshmuradov, G'. G'. Boboyev. "O'Ichov asboblari, uskunalar va detallarga ishlov berish texnologiyasi". O'quv qo'llanma. – Тошкент - «Zamin nashr» MCHJ. – 2021. – 240 с.