

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2025-50-34-39>

РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ШАРИКОВЫХ РАСХОДОМЕРОВ ЖИДКОСТИ НОВОГО ТИПА

Садыков Р.Р., Ясовеев В.Х.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Ключевые слова: первичный преобразователь расхода, тахометрический расходомер, шариковый расходомер, шариковый расходомер жидкости, шариковый расходомер электропроводной жидкости, электронно-оптический шариковый расходомер, радишариковый расходомер, струенаправляющий аппарат.

Аннотация. В данной статье обсуждаются этапы разработки шариковых расходомеров жидкости нового типа. Представляются сведения о конструктивных особенностях трёх новых типов шариковых расходомеров – для электропроводных (электропроводящих) жидкостей, оптически прозрачных и полупрозрачных жидкостей, а также для любых видов жидкости, основным достоинством которых являются невысокая стоимость и достаточно высокие метрологические показатели. Рассматриваются этапы совместной работы университета и промышленного предприятия с целью утверждения типа средства измерения для дальнейшего освоения серийного производства в рамках актуальной политики импортозамещения.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF SERIAL PRODUCTION OF A NEW TYPE OF BALL LIQUID FLOWMETERS

Sadykov R.R., Yasoveev V.Kh.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

Keywords: primary flow transducer, tachometric flow meter, ball flow meter, ball liquid flow meter, electrically conductive fluid ball flow meter, electro-optical ball flow meter, radioball flow meter, jet guiding vane.

Abstract. This article discusses the steps involved in the development of a new type of fluid ball flow meter. Information is presented on the design features of three new types of ball flow meters - for electrically conductive liquids, optically transparent and translucent liquids, as well as for any types of liquid, the main advantage of which is low cost and sufficiently high metrological indicators. The stages of joint work of the university and an industrial enterprise in order to approve the type of measuring instrument for further development of serial production within the framework of the current import substitution policy are considered.

Современные тенденции в нефтяной, химической, в самых различных отраслях народного хозяйства таковы, что очень широко применяются средства измерений объёмного расхода и объёма протекающей жидкости [1]. Какие инновации могут быть внесены в устоявшуюся сферу измерительной техники, где российские и зарубежные производители расходомеров жидкости уже давно укрепили свои позиции? В течение последних тридцати лет на российском рынке расходомеров жидкости зарубежные производители успешно утесняют отечественные компании. Поэтому важной и актуальной является стратегия промышленной политики, направленной на замещение импорта на внутреннем рынке.

Существует недопонимание относительно того, почему на рынке расходомеров продолжают быть представлены устройства одних и тех же типов. Возможно ли внедрение новых типов расходомеров в промышленности и социальной сфере, которые не только соответствовали бы известным приборам по своим метрологическим характеристикам и стоимости, но и выходили бы вперед по этим параметрам?

В Уфимском Университете Науки и Технологий (УУНИТ) были проведены исследования и разработки, в ходе которых был найден ответ: в качестве такого расходомера можно использовать шариковый расходомер.

Принцип работы и особенности конструкции шарикового первичного преобразователя расхода жидкости в частотно-импульсный выходной сигнал, использующего ферромагнитный шарик и магнитоиндукционный датчик с усилителем, были известны с 1970-х годов.

До настоящего времени подобные расходомеры не получили широкого распространения на рынке приборов учета жидкости из-за значительных недостатков в своих метрологических характеристиках, которые существенно уступают характеристикам приборов других известных типов.

В УУНИТ в результате исследования и разработки по созданию шариковых преобразователей расхода жидкости (ШПРЖ), были разработаны три вида новых шариковых расходомеров:

- 1) расходомер любой электропроводной жидкости;
- 2) оптико-электронный расходомер любых прозрачных и полупрозрачных жидкостей;
- 3) радио-шариковый (основанный на радиотехническом эффекте гетеродинного резонанса [2]) расходомер любых жидкостей.

Разработанные в УУНИТ шариковые расходомеры различных жидкостей обладают общим конструктивным признаком. В них используется шарик с нулевой плавучестью в жидкости и винтообразный струенаправляющий аппарат с соосно расположенным кольцевым каналом. Конфигурация струенаправляющего аппарата спроектирована таким образом, чтобы минимизировать потери энергии движущейся жидкости и предотвращать срывы и завихрение жидкости при входе в кольцевой канал. Все три вида расходомеров генерируют выходной сигнал в форме частоты следования прямоугольных импульсов, пропорциональной величине расхода жидкости [3].

ШПРЖ по первому варианту конструкций, в которых используется электронный способ преобразования скорости вращения шарика в импульсный выходной сигнал, предназначены для расходомерии любых электропроводных жидкостей, например воды, растворов солей, кислот, щелочей, могут использоваться в химической, фармацевтической, пищевой промышленности, в ЖКХ для учета потребления холодной и горячей воды. Особенно технически и экономически перспективно их использование в составе счетчика количества теплоты для водяных систем теплоснабжения [4, 5].

От известных ШПРЖ и расходомеров других типов данных вариант конструкции отличается очень простой конструкцией и доступной для пользователей ремонтоспособностью, большим ресурсом в эксплуатации при весьма высоких метрологических характеристиках. Например, по сравнению с известными ШПРЖ и с турбинными расходомерами ШПРЖ по первому варианту конструкции с электронным способом формирования выходного импульсного сигнала отличается меньшей погрешностью преобразования при значительно более широком динамическом рабочем диапазоне расходов жидкости (в шесть-восемь раз). Испытания четырёх опытных образцов ШПРЖ (Ду-12, Ду-25, Ду-30 и Ду-40) в ЦСМ РБ в полной мере подтверждают ожидаемые метрологические характеристики данных ШПРЖ.

ШПРЖ по второму варианту конструкции, в котором используется электронно-оптический способ формирования импульсного выходного сигнала, предназначены для расходомерии как электропроводных, так и неэлектропроводных жидкостей, но хотя бы слабопрозрачных. Особенно технически и экономически целесообразно их использование в расходомерии пожаро-взрывоопасных, ядовитых и химически активных жидкостей в химической и нефтеперерабатывающей промышленности и в транспортных средствах, например, сжиженного газа или аммиака [6]

В ШПРЖ по третьему варианту конструкции используется радиотехнический способ преобразования скорости вращения шарика в импульсный выходной сигнал и предназначены для расходомерии любых жидкостей – электропроводных и неэлектропроводных, прозрачных и непрозрачных, химически инертных и очень активных [7].

Этот конструктивный вариант ШПРЖ идеально подходит для измерения расхода и количества нефти, особенно темной и с высоким содержанием серы.

Необходимо отметить, что разработан и запатентован четвертый тип расходомера жидкости – цифровой расходомер, в котором цифровой выходной сигнал формируется в электропроводной жидкости без применения аналого-цифрового преобразователя [8]. Целесообразность НИОКР в отношении такого расходомера требует отдельного обсуждения.

Во всех трех вышеперечисленных вариантах ШПРЖ используется одна и та же конструкция гидромеханической части расходомера, состоящая, как показано на рисунке 1, из винтообразного струенаправляющего аппарата 1 и кольцевого канала для шарика 2 между ступицей 3 и корпусом 4, разработка которой выполнена и получены аналитические выражения для ее расчета в зависимости от предполагаемого типоразмера расходомера (Ду-12, Ду-20, Ду-25, Ду-30, Ду-40, ..., Ду-400).

Выполнены разработка, анализ и лабораторные исследования электронных частей всех трёх вариантов ШПРЖ.

Изготовлены четыре опытных образца ШПРЖ (Ду-12, Ду-25, Ду-30 и Ду-40) для расходомерии электропроводных жидкостей, которые в последние несколько лет интенсивно подвергались натурным испытаниям

ЦСМ РБ на аттестованном оборудовании. По результатам испытаний опытных образцов расходомеров можно утверждать, что ШПРЖ ни по каким метрологическим и эксплуатационным параметрам не уступают всем другим известным типам приборов учета жидкости, причем, при значительно меньшей предполагаемой себестоимости (в 3-5 раз в зависимости от типа ШПРЖ).

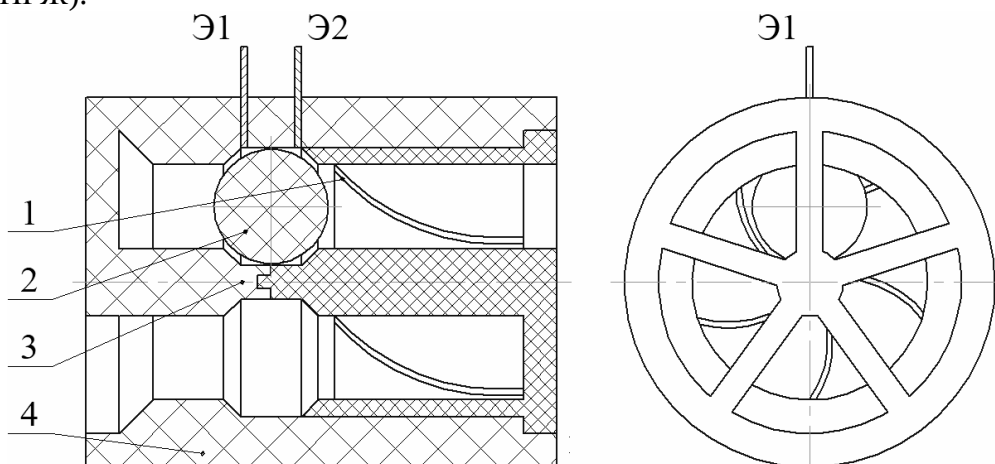


Рис. 1. Гидромеханическая часть шарикового расходомера электропроводной жидкости

Необходимо отметить, что в патентах реализуется новый способ преобразования, но не особенности технической реализации прибора для достижения поставленной цели, поэтому серийно выпускаемые ШПРЖ могут иметь существенные конструктивные отличия, как это имеет место в изготовленных и испытанных в ЦСМ РБ ШПРЖ электропроводных жидкостей трех типоразмеров.

В 2020 году УУНИТ и уфимское производственное предприятие ООО «ДИ Роботикс Автоматизация» заключили четыре лицензионных соглашения по четырем патентам на изобретения ШПРЖ с целью подготовки шариковых расходомеров к государственным испытаниям для утверждения типов средств измерений и получения сертификатов на право их серийного производства.

В 2021 году в результате совместной работы УУНИТ и ООО «ДИ Роботикс Автоматизация» разработаны новые, более совершенные решения преобразования в ШПРЖ и получены три новых патента на изобретение [9-11].

ООО «ДИ Роботикс Автоматизация» разработала универсальную гидромеханическую часть расходомера со съёмной измерительной частью, адаптированную для производства при помощи аддитивных технологий. А также был разработан универсальный электронный многофункциональный преобразователь-счётчик на базе отечественного микроконтроллера.

Задачей проекта является доказательство по результатам Государственных испытаний с целью утверждения типа средств измерений в Госстандарте РФ, что шариковые преобразователи расхода жидкости и

счетчики количества жидкости на их основе могут успешно конкурировать на рынке приборов учета жидкости с известными типами расходомеров и счетчиками жидкости.

Список литературы

1. Реут В.И., Федорова Ю.М. Новые решения в конструкции шариковых расходомеров // Приборы. – 2016. – №7(193). – С. 37-40.
2. Ясовеев В.Х., Садыков Р.Р., Сафинов Ш.С. Актуальность применения шариковых расходомеров в нефтегазовой отрасли // «Информационные технологии в науке, промышленности и образовании. Молодежный научный форум»: сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции (Ижевск, 25-26 мая 2023 г.) / ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – Ижевск: Изд-во УИР ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2023. – С. 282-287.
3. Садыков Р.Р., Сафинов Ш.С. Уфимскому авиационному – 90! // Изобретатель и рационализатор. – 2021. – №5-6. – С. 58-59.
4. Патент №2471154 РФ. Шариковый первичный преобразователь расхода электропроводной жидкости / А.М. Муллагалеев, Ш.С. Сафинов. – Заявка №2011132821 от 04.08.2011; опубл. 27.12.2012, Бюл. № 36.
5. Патент №2566428 РФ. Универсальный электрошариковый первичный преобразователь расхода электропроводной жидкости / Ш.С. Сафинов, Р.Н. Галлямов. – Заявка № 2014131864/28 от 31.07.2014; опубл. 27.10.2015, Бюл. №30.
6. Патент №2548055 РФ. Шариковый электронно-оптический первичный преобразователь расхода прозрачных жидкостей / Ш.С. Сафинов, Р.Н. Галлямов – Заявка № 2014111729 от 26.03.2014; опубл. 10.04.2015, Бюл. №10.
7. Патент №2685798 РФ. Радио-шариковый первичный преобразователь расхода жидкости / Ш.С. Сафинов, И.А. Кук, Ф.С. Уметбаев, Т.Р. Бикбулатов. – Заявка №2018119616 от 28.05.2018; опубл. 23.04.2019, Бюл. №12.
8. Патент №2755715 РФ. Цифровой преобразователь расхода электропроводной жидкости / Д.Н. Пущенко, Р.Р. Садыков, Ш.С. Сафинов. – Заявка №2021100497 от 12.01.2021; опубл. 20.09.2021, Бюл. №26.
9. Патент №2761416 РФ. Универсальный шариковый расходомер жидкости / Д.Н. Пущенко, Р.Р. Садыков, Ш.С. Сафинов. – Заявка №2021100496 от 12.01.2021; опубл. 08.12.2021, Бюл. №34.
10. Патент №2762946 РФ. Шариковый расходомер электропроводной жидкости / Д.Н. Пущенко, Р.Р. Садыков, Ш.С. Сафинов. – Заявка №2020142615 от 22.12.2020; опубл. 24.12.2021, Бюл. №36.
11. Патент №2777291 РФ. Шариковый расходомер электропроводной жидкости / Р.Р. Садыков, Д.Н. Пущенко, Ш.С. Сафинов. – Заявка №2022105314 от 28.02.2022; опубл. 02.08.2022, Бюл. №22.

References

1. Reut V.I., Fedorova Yu.M. New solutions in the design of ball flowmeters // Devices. 2016, no. 7 (193), pp. 37-40.
2. Yasoveev V.Kh., Sadykov R.R., Safinov Sh.S. Relevance of the application of ball flowmeters in the oil and gas industry // “Information technologies in science, industry and education. Youth scientific forum”: collection of works of the All-Russian scientific and technical conference (Izhevsk, May 25-26, 2023) / Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov. – Izhevsk: Publishing house of

- UIR Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, 2023. – P. 282-287.
3. Sadykov R.R., Safinov Sh.S. Ufa Aviation Institute is 90! // Inventor and innovator. 2021, no. 5-6, pp. 58-59.
 4. Patent No. 2471154 RU. Ball primary transducer of electrically conductive fluid flow / A.M. Mullagaleev, Sh.S. Safinov. – Appl. No. 2011132821 from 04.08.2011; publ. 27.12.2012, Bul. No. 36.
 5. Patent No 2566428 RU. Universal Electroblood Primary Transmitter of Conductive Fluid Flow / Sh.S. Safinov, R.N. Gallyamov. – Appl. No. 2014131864 from 31.07.2014; publ. 27.10.2015, Bul. No. 30.
 6. Patent No 2548055 RU. Ball Electron-Optical Primary Flow Transducer of Transparent Liquids / Sh.S. Safinov, R.N. Gallyamov. – Appl. No. 2014111729 from 26.03.2014; publ. 10.04.2015, Bul. No. 10.
 7. Patent No 2685798 RU. Radio-ball primary transducer of liquid flow / Sh.S. Safinov, I.A. Kuk, F.S. Umetbaev, T.R. Bikbulatov. – Appl. No. 2018119616 from 28.05.2018; publ. 23.04.2019, Bul. No. 12.
 8. Patent No 2755715 RU. Digital Flow Converter of Electrically Conductive Fluid / D.N. Pushchenko, R.R. Sadykov, Sh.S. Safinov. – Appl. No. 2021100497 from 12.01.2021; publ. 20.09.2021, Bul. No. 26.
 9. Patent No 2761416 RU. Universal Ball Fluid Flow Meter / D.N. Pushchenko, R.R. Sadykov, Sh.S. Safinov. – Appl. No. 2021100496 from 12.01.2021; publ. 08.12.2021, Bul. No. 34.
 10. Patent No 2762946 RU. Ball flow meter of electrically conductive fluid / D.N. Pushchenko, R.R. Sadykov, Sh.S. Safinov. – Appl. No. 2020142615 from 22.12.2020; publ. 24.12.2021, Bul. No. 36.
 11. Patent No 2777291 RU. Ball flow meter of electrically conductive fluid / R.R. Sadykov, D.N. Pushchenko, Sh.S. Safinov. – Appl. No. 2022105314 from 28.02.2022; publ. 02.08.2022, Bul. No. 22.

Садыков Руслан Рашитович – аспирант	Sadykov Ruslan Rashitovich – postgraduate student
Ясовеев Васих Хаматович – доктор технических наук, профессор	Yasoveev Vasikh Khamatovich – doctor of technical science, professor
srr-91@mail.ru	

Received 28.10.2025