

Особенности ультразвуковых расходомеров-счетчиков разработки НКФ «Волга»



В статье раскрыты преимущества используемых при разработке расходомеров численных гидродинамических методов исследования и технологии цифровых двойников, а также принципы работы и особенности установки времяимпульсных ультразвуковых расходомеров-счетчиков. Подчеркивается, что все типы выпускаемых НКФ «Волга» расходомеров построены на единой цифровой платформе, что позволяет во многом унифицировать их характеристики.

000 НКФ «Волга», г. Москва

Научная консалтинговая фирма «Волга» (ООО НКФ «Волга»), основанная инженерами-гидротехниками, работает на рынке измерительных устройств и систем измерения расхода

воды на больших водоводах с 1992 года. Успеху продукции компании, наряду с высоким научным потенциалом, высококвалифицированным персоналом и современной производственной сис-

темой, способствует многолетнее сотрудничество с ведущими российскими научно-практическими центрами, такими как НИС Гидропроекта (АО «НИИЭС» ПАО «РусГидро»), Москов-



Рис. 1. Ультразвуковые расходомеры-счетчики «Иволга» разных исполнений

ский государственный строительный университет (НИУ МГСУ – МИСИ), ВНИИ гидротехники и мелиорации (ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова») и СПКБТ «Мосгидросталь».

Отличительной особенностью производимого компанией измерительного оборудования для решения большого спектра задач гидрологического, экологического и гидродинамического характера является системный подход, основанный на фундаментальных знаниях физики и многолетнем опыте решения практических задач инженерной гидравлики. Это обеспечивает как наиболее эффективную реализацию заложенных в прибор характеристик, включая высокую точность измерений с учетом особенностей всех возможных гидравлических режимов течения в водоводе, так и максимальное удобство при работе с оборудованием на объектах внедрения. Разрабатываемое оборудование имеет все коммуникационные интерфейсы, необходимые в условиях современного цифрового производства.

Благодаря использованию численных гидродинамических методов исследований и технологии цифровых двойников разработчикам и инженерам удалось добиться уменьшения необходимой минимальной длины прямых участков водоводов до и после створа измерений.

На практике в ряде случаев применение «умных» расходомеров от

НКФ «Волга» стало единственной возможностью измерить объемный расход жидкости в особо сложных гидравлических условиях.

Линейка продукции НКФ «Волга» включает широкий спектр оборудования: это основанные на ультразвуковом, электромагнитном и радарном принципах измерители объемного расхода, скорости и уровня жидкости различных типов, а также гибридные устройства.

Также среди разрабатываемых и используемых устройств – автоматические пробоотборники, измерительные станции, многопараметрические анализаторы качества воды, измерители твердых и взвешенных веществ, сигнализаторы осадков.

Все типы производимых компанией расходомеров построены на единой цифровой платформе, поэтому обладают общими особенностями, а именно:

- ▶ наличие сенсорного полноцветного монитора с интуитивно понятным интерфейсом;
- ▶ поддержка протокола Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) для работы в системах промышленного интернета вещей (IIoT);
- ▶ возможность использования цифровых интерфейсов Ethernet и RS-485 для пакетной передачи данных;
- ▶ возможность беспроводной связи в сотовых сетях 4G и наличие беспроводного адаптера Wi-Fi;

▶ наличие встроенного VNC-сервера, используемого для удаленного подключения с любого мобильного устройства (это могут быть Android/iOS-смартфон, планшетный или персональный компьютер и т.п.);

▶ обеспечение регистрации событий, времени наработки, а также ведение журналов ошибок и событий;

▶ возможность сохранения результатов измерений и журналов на USB-флеш-накопитель;

▶ обеспечение непрерывной передачи информации в облачные сервисы.

Наибольшей популярностью на рынке пользуются высокоточные и надежные в эксплуатации приборы: **акустический многолучевой расходомер «Волга МЛ»**, предназначенный для измерения и мониторинга объема и объемного расхода воды в водоводах большого и среднего сечений в условиях напорного, безнапорного и комбинированного (напорно-безнапорного) режимов течения в прямом и реверсивном направлениях потока; **электромагнитный расходомер-счетчик «Волга ЭМ»** для измерений объемного расхода электропроводящей жидкости (в частности, чистой воды и сточных вод) в составе коммерческих и технологических узлов учета, в том числе при использовании в безнапорных канализационных системах методом перевода безнапорного режима течения в напорный (L-системы);

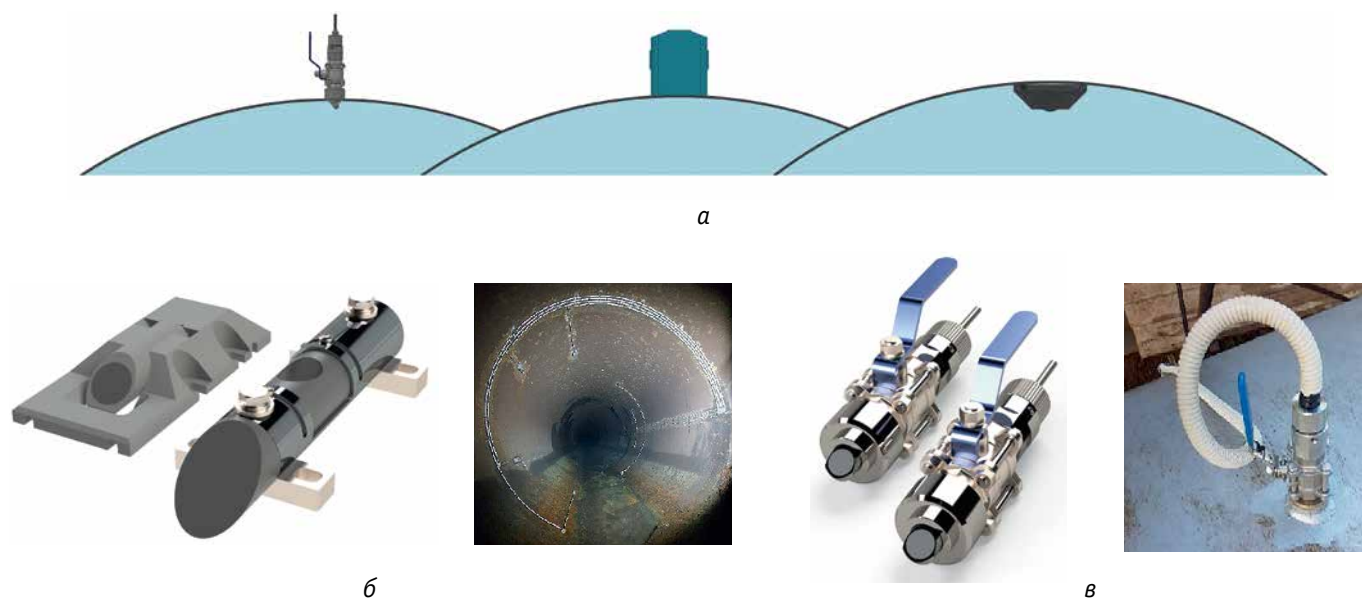


Рис. 2. Схемы установки первичных преобразователей: а – (слева направо) врезные, накладные снаружи и накладные изнутри первичные преобразователи; б – накладные изнутри первичные преобразователи расходомеров «Волга МЛ» и «Иволга»; в – врезные первичные преобразователи расходомера «Иволга»

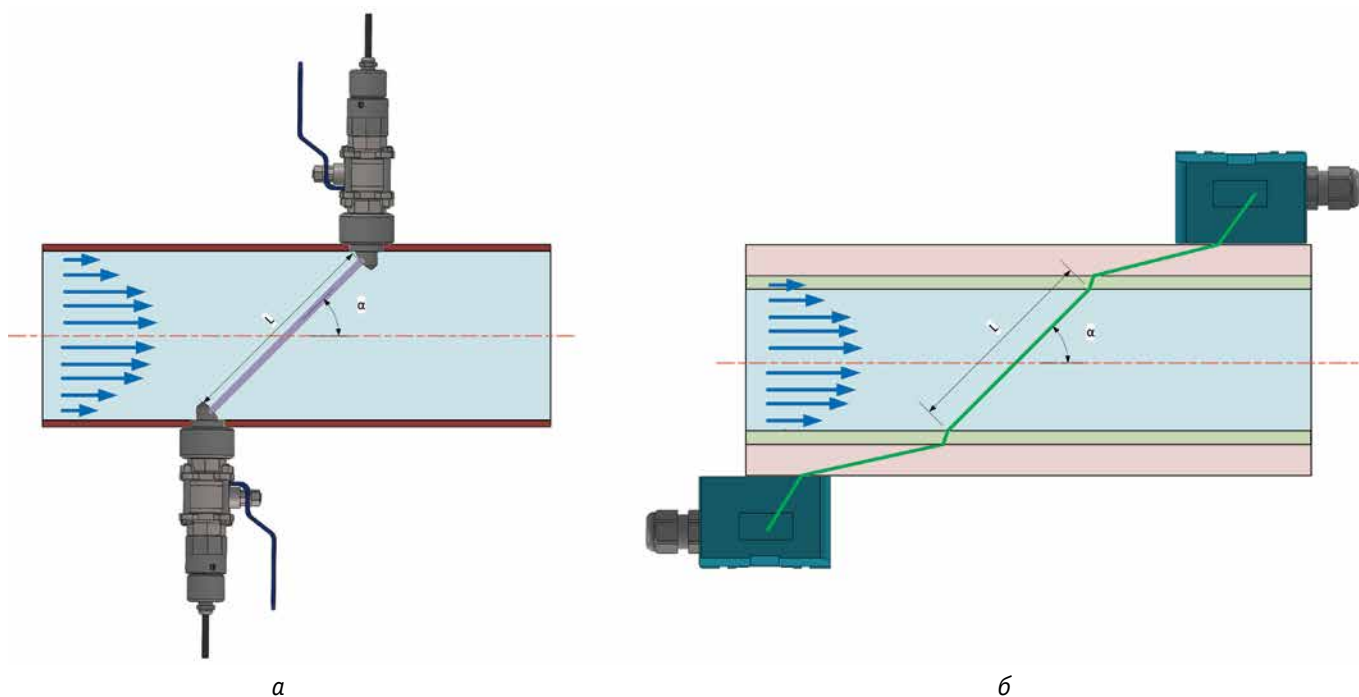


Рис. 3. Траектория распространения акустического сигнала при разных способах установки первичного преобразователя: а – врезном; б – накладном снаружи

экономичный **ультразвуковой расходомер-счетчик «Иволга»** (рис. 1) для измерений объемного расхода и объема жидкостей в трубопроводах с напорным режимом течения; **гибридный счетчик-расходомер «Волга Тритон»** для выполнения измерений средней скорости течения и глубины, а также определения на их основе объемного расхода и объема жидкости в водоводах с безнапорным и комбинированным режимами течения.

В состав ультразвуковых расходомеров входят накладные снаружи или внутри водовода или врезные первичные акустические преобразователи расхода двух типов:

- тип I объединяет преобразователи, имеющие контакт с измеряемой средой (в английской терминологии – *wetted*, «смоченные»);
- тип II – это преобразователи, не имеющие непосредственного контакта с измеряемой средой (так называемые накладные снаружи, в международной терминологии – *clamp-on*, «прижимные»).

В свою очередь, первичные преобразователи типа I делятся на врезные (проходящие сквозь стенку водовода) и накладные изнутри, то есть устанавливаемые на внутреннюю стенку трубопровода. Применение накладных изнутри первичных преобразователей оправданно в тех случаях, когда наруж-

ная стенка недоступна для монтажа врезных первичных преобразователей, например, если она проложена в скалах или грунте. Схемы установки первичных преобразователей различных типов приведены на рис. 2.

Кроме того, используются непроходные измерительные участки с фланцевым или приварным способом монтажа на трубопровод. Однако с точки зрения установки излучателей-приемников они являются частным случаем типа I, поскольку установленные в заводских условиях излучатели непосредственно контактируют с измеряемой средой.

Кратко объясним, в чем заключается принцип измерения времяимпульсными ультразвуковыми расходомерами. На противоположных стенках трубопровода устанавливаются два пьезоакустических преобразователя, которые попарно испускают и принимают ультразвуковой сигнал под углом к оси водовода (динамической оси потока). Движущаяся сквозь траекторию звуковой волны (условно называемой акустическим лучом) жидкость увеличивает скорость распространения звука вдоль луча в прямом направлении (по течению) и уменьшает в обратном направлении относительно скорости звука в неподвижной жидкости, вследствие чего возникает разница во времени прохождения сигнала в прямом

и обратном направлениях. Анализируя сигналы с первичных преобразователей, вычислитель расходомера определяет время $T_{\text{прям}}$ и $T_{\text{обр}}$, после чего вычисляет среднюю скорость течения жидкости сквозь акустический луч.

В случае использования накладных снаружи первичных преобразователей (рис. 3) акустическому сигналу приходится последовательно пройти: стакан самого первичного преобразователя, затем стенку водовода, футеровку (при наличии), измеряемую жидкость, опять футеровку, стенку водовода и материал стакана парного акустического преобразователя. При переходе каждой границы между двумя материалами акустический сигнал всякий раз меняет направление. Угол преломления на границе раздела сред зависит от скорости звука в каждом материале. Использование накладных снаружи первичных преобразователей привлекательно простотой монтажа и отсутствием необходимости внедрения в трубопровод. Однако при выборе этого способа монтажа первичных преобразователей необходимо учитывать, что на погрешность измерения расхода влияет большое количество различных факторов, а именно:

- использование накладных первичных преобразователей делает практически невозможным применение многолучевых схем расстановки аку-

стических лучей (траекторий) на поперечном сечении;

► чтобы учесть в расчетах изменение траектории акустического сигнала, необходимы точные данные о трубопроводе, такие как толщина стенки, толщина футеровки (при наличии), скорость распространения звука в материалах стенки трубопровода, футеровки и измеряемой среды. Достоверно определить эти данные, особенно если трубопровод находится в длительной эксплуатации, достаточно трудно, а зачастую и вовсе невозможно. Однако они необходимы не только для определения расхода в процессе работы расходомера, но и для определения взаимного позиционирования первичных преобразователей при их монтаже. Кроме того, необходимо учитывать, что скорость звука в материалах меняется при изменении их температуры;

► для обеспечения плотного контакта излучателя с внешней стенкой водовода применяются различные техники, самой распространенной из которых является звукопроводящая смазка. Данный стык открыт и подвержен влиянию не только высокой температуры, но и окружающей среды, порой даже агрессивной. Это приводит к окислению, коррозии и, как следствие, ухудшению акустического контакта. При длительной эксплуатации требуется периодическая замена смазок и прокладок (не менее двух раз в год). Кроме того, при повторном монтаже преобразователей почти не-

возможно идеально повторить установку, что также приводит к росту погрешности измерений;

► вибрация и ослабление системы прижимания первичных преобразователей к стенке водовода могут привести к изменению их взаимного расположения и соответственно к росту погрешности измерений.

Из сказанного следует, что реальная погрешность измерений расхода на объекте может существенно и непредсказуемо отличаться от заявленных изготовителем и метрологически подтвержденных величин. Это необходимо учитывать при выборе расходомеров с накладными снаружи первичными преобразователями. Поэтому можно сделать вывод, что применение накладных снаружи первичных акустических преобразователей оправданно только в следующих случаях:

► кратко- и среднесрочные временные измерения;

► измеряемая среда агрессивна к компонентам врезных первичных преобразователей;

► водовод недоступен для сверления вследствие конструктивных особенностей.

Установленные на объектах энергетики ультразвуковые расходомеры НКФ «Волга» позволили организовать измерения расхода с очень высокой точностью. В частности, была выполнена установка наших расходомеров на деривационных и турбинных водоводах Спандарянской, Шамбской и Татевской ГЭС, введены в эксплуатацию

коммерческие узлы учета на трубопроводах добавочной воды ТЭЦ-27 ПАО «Мосэнерго» (Москва) и на отводящем трубопроводе ТЭЦ ЦКТИ (Санкт-Петербург), внедрены узлы технологического и коммерческого учета на циркуловодах, конденсаторах, сбросных каналах и канале рециркуляции Нижнетуриной ГРЭС (Свердловская область), на турбинных водоводах Ириклинской ГЭС (Оренбургская область) и т. д.

Инновационная продукция НКФ «Волга» была представлена на конкурсе на соискание Международной экологической премии EcwaTech WasteTech Awards (не имеющей аналогов в российской промышленности водных и природоохранных технологий) в номинации «Лучшая технология». В 2020 году компания стала победителем этого конкурса с акустическим ультразвуковым расходомером «Волга МЛ», в 2021 году – лауреатом премии со счетчиком-расходомером «Волга Тритон». В 2022 году НКФ «Волга» награждена дипломом премии в области экологических технологий «Экотех Лидер» за создание линейки расходомеров «Волга» для различных условий измерений.

В. В. Бирюков, технический директор,
С. А. Панкратов, заместитель директора,
ООО НКФ «Волга», г. Москва,
тел.: +7 (499) 976-4949,
e-mail: volga@volgaltd.ru,
сайт: volgaltd.ru

INTERNATIONAL MACHINERY FAIR
machinery-fair.ru

Международная выставка оборудования, сервисных услуг, инноваций для промышленных предприятий различных отраслей

24–26.10.2022
ЦВК «Экспоцентр», Москва

ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

- ELECTROHEAT GENERATION**
Оборудование для объектов малой и большой энергетики
- INDUSTRIAL ENGINES**
Промышленные двигатели
- INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEMS**
Системы промышленной автоматизации
- INDUSTRIAL MACHINERY**
Промышленные насосы, компрессоры, трансмиссии, арматура
- HYDRAULICS & PNEUMATICS**
Гидравлическое и пневматическое оборудование

Организатор: **Генерал МЕДИА GEFERA MEDIA**