

НОВЫЙ КЛАСС УЛЬТРАЗВУКОВЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДОВ

В статье представлен новый класс ультразвуковых приборов на основе протяженных металлических волноводов производства компании ООО «Акустические измерительные системы – НН». В их числе сигнализаторы и уровнемеры жидкости, измеритель газосодержания потока двухфазной среды, сигнализатор раздела сред вода-нефтепродукт. Благодаря волноводной технологии приборы работают при критических температурах(-200 - +400С⁰) и давлении (до 35МПа)

Ультразвуковые приборы контроля технологических сред широко применяются в промышленности благодаря отсутствию подвижных частей, исключению влияния электрических свойств среды, возможности бесконтактных измерений и т.д. В современных устройствах излучатель – приемник ультразвука (обычно на основе пьезокерамики) контактирует с контролируемой средой. В процессе эксплуатации именно он подвергается экстремальным воздействиям, что существенно ограничивает область применения акустических приборов.

Мы предлагаем новый класс ультразвуковых устройств на основе протяженных акустических волноводов, позволяющих значительно расширить возможности средств контроля различных продуктов.

Приборы на основе стальных волноводов это экономичные устройства, надежно работающие при критических температурах, сверхвысоком давлении, радиации, в агрессивных средах (при температуре от минус 200 до плюс 400С⁰ и давлении до 35МПа). Это достигается тем, что в область измерений с экстремальными условиями контрольные сигналы передаются по стальным элементам (волноводам) в виде акустических импульсов, а конструкция чувствительного элемента датчика выполнена цельносварной и включает компоненты, выполненные только из стали. Длина волноводов может достигать 10м и более. При этом пьезопреобразователь располагается на удалении в зоне с относительно благоприятными условиями, что обеспечивает его длительную и надежную работоспособность [1].

В связи с этим, развитие акустической волноводной техники и технологии для измерительных систем весьма перспективно.

К настоящему времени нами разработаны и серийно выпускаются следующие приборы на основе ультразвуковой волноводной технологии:

- одноточечные, двухточечные и многоточечные сигнализаторы уровня с чувствительными элементами различных конструкций;
- ультразвуковые рефлекс-радарный и акустоимпедансный уровнемеры;
- измеритель объемного газосодержания (паросодержания) двухфазного потока;
- сигнализаторы раздела сред типа вода-нефтепродукт.

Благодаря унификации, отсутствию в конструкции приборов дорогостоящих компонент и отработанной технологии сборки изделия их стоимость не высока. В электронной части применены микропроцессоры и современная элементная база, что позволяет оперативно перенастраивать функции приборов в соответствии с пожеланиями заказчика.

Типовой прибор состоит из прочного корпуса, изготовленного из алюминиевого сплава или нержавеющей стали, в котором располагается плата с электронными компонентами, волноводной линии связи в стальной защитной



стержневой кольцевой вилочковый

Рис.1 Чувствительные элементы одноточечных сигнализаторов СЖУ-1, СЖУ-1 УСУ-1 и СЖУ-1-В

трубе длиной от 0,1 до 10м и волноводного чувствительного элемента. Все наши приборы исполняются во взрывозащищенном исполнении.

Рассмотрим подробней конструкции и технические возможности некоторых наших разработок.

СИГНАЛИЗАТОРЫ УРОВНЯ

Одноточечные сигнализаторы уровня изготавливаются с чувствительными элементами трех типов: акустоимпедансные стержневой и кольцевой и вилочковый (Рис.1). Акустоимпедансные основаны на регистрации поглощения ультразвуковой изгибной волны в протяженном волноводе при погружении его в контролируемую жидкость. Вилочковый – на определении прохождения импульсов ультразвука через жидкость при просвечивании контролируемого объема. Излучатель и приемник в нем изготовлены на основе волноводов изгибных волн. В линиях связи сигнализаторов применяются волноводы продольных и изгибных волн. Применяются в системах защиты насосов,

контроля переполнения и т.п.

Двухточечные сигнализаторы имеют по два чувствительных элемента, расположенных на разных высотах и позволяют контролировать, в том числе, заполнение и осушение емкостей.

Сигнализаторы могут работать в условиях от криогенных сред до теплоносителя ядерных установок. Обеспечивают выдачу сигнала в стандартах: «токовая петля» 4-20мА, «сухой контакт», НАМУР.

Из многоточечных сигнализаторов, разработанных нами, выделим сигнализатор типа СУ для измерения уровня кипящего теплоносителя в ядерном реакторе, изготовленный нами совместно с «ОКБМ Африкантов» (Рис.2). СУ позволяет контролировать состояние теплоносителя в 24-х точках по высоте реактора с шагом 100мм. Общая длина датчика СУ более 5м. В нем использовано 48 волноводов продольных



Рис.2. 24-х точечный сигнализатор уровня теплоносителя ядерного реактора

волн длиной от 2,5 до 5м.

Два прибора были установлены над активной зоной опытного реактора в НИТИ г. Сосновый Бор, где успешно работали в течение 3-х лет при температуре до 340C^0 и давлении до 18МПа в поле радиации энергетического реактора.

ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ – УРОВНЕМЕРЫ

Нами впервые разработаны уровнемеры на основе ультразвуковых волноводов: рефлекс-радарный и акустоимпедансный. В первом измеряемой величиной является временной интервал, во втором – амплитуда импульсов. Важнейшие области применения таких уровнемеров это тепловая и атомная энергетика.

Принцип действия рефлекс-радарных уровнемеров заключается в лоцировании границы раздела сред жидкость – газ [2]. Передача энергии осуществляется в импульсном режиме по излучающему волноводу, прием – по приемному волноводу. Измеряемой величиной является время пробега импульсов от посылки до границы жидкость – газ и обратно. Такой же принцип

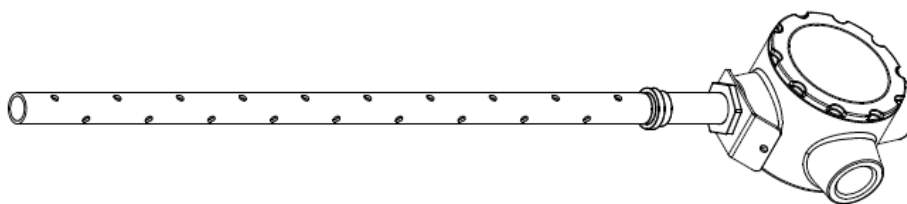


Рис 3. Внешний вид рефлекс-радарного ультразвукового уровнемера с интегрированным электронным блоком.

измерений осуществляется в СВЧ рефлекс-радарных уровнемерах, где используются импульсы СВЧ энергии, распространяющиеся по СВЧ волноводу. Однако стоимость таких приборов достаточно высока.

Достоинством рефлекс-радарных уровнемеров является независимость результата измерений от физических свойств жидкости.

Освоено производство уровнемеров с волноводами длиной до 2,2м с совмещенным и отдельным электронным блоком (рис.3).



Рис.4 Уровнемер СЖУ-1-АИ с фланцевым уплотнением

Акустоимпедансные уровнемеры основаны на измерении затухания акустических импульсов, распространяющихся по протяженному волноводу, при погружении его в жидкость [3]. В качестве чувствительного элемента используется волновод продольных волн, закрепленный внутри защитной трубки. Встроенный микропроцессор обеспечивает выдачу токового сигнала в масштабе 4-20мА пропорционального уровню контролируемой среды. Изготавливаются уровнемеры с чувствительным элементом длиной до 1,2м.

Отличительной особенностью прибора является исключительная простота и способность работать практически в любых средах, инертных по отношению к нержавеющей стали (рис.4).

В уровнемерах предусмотрена выработка выходного сигнала в стандарте RS-485.

АКУСТОЗОНДОВЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ИСТИННОГО ОБЪЕМНОГО ГАЗСОДЕРЖАНИЯ (ПАРСОДЕРЖАНИЯ) ПОТОКА

Измерение содержания свободного газа в газожидкостных потоках является актуальной задачей, в частности, в тепловой и ядерной энергетике, в химических аппаратах, в оборудовании, применяемом при нефте- и газодобыче.

Измерение газосодержания является сложной технической проблемой. И к настоящему времени отработанных и готовых к широкому использованию приборов на рынке практически не было.

Нами была поставлена задача разработки прибора для измерения истинного объемного газосодержания на основе акустозондирования для применения в промышленных условиях. Прибор должен обладать следующими особенностями: способностью работать в широком диапазоне температур контролируемой среды и окружающего воздуха, измерять газосодержание в диапазоне 0-100% и иметь стандартный выходной сигнал 4-20мА.

В основу прибора был положен принцип акустического зондирования локального объема потока среды, протекающей по трубопроводу, при помощи акустического зонда.

Зонд состоит из пары волноводных акустических датчиков, один из которых является излучателем, а второй – приемником ультразвуковых импульсов (рис.5). Прохождение газового образования между излучателем и приемником ведет к скачкообразному уменьшению амплитуды принятых импульсов практически до нуля, что фиксируется вторичной схемой. Измеряется отношение числа импульсов не прошедших через контролируемый объем к числу излученных импульсов. Полученная величина преобразуется в токовый выходной сигнал.

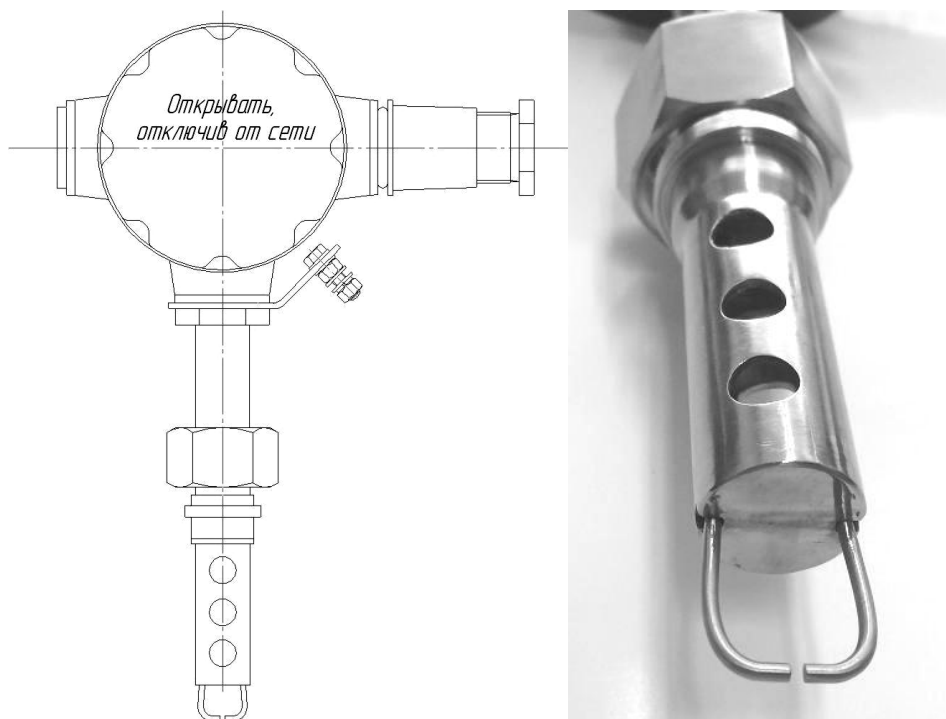


Рис.5. Внешний вид прибора контроля концентрации газа СЖУ-1-ОГ в газожидкостном потоке

Разработанный впервые ультразвуковой зондовый прибор контроля газосодержания (паросодержания) потока приспособлен для применения в различных областях техники, в частности, для контроля паросодержания в парогенераторах и испарителях, газосодержания буровых растворов, в барботажных установках химических производств и других областях техники и технологии. Важной особенностью прибора является то, что в нем благодаря применению волноводов излучатель и приемник ультразвука вынесены из зоны воздействия потока среды и поэтому он может устойчиво работать, в том числе, в средах с криогенной или крайне высокой температурой (-200 - +400⁰С). Давление среды может достигать 20МПа.

СИГНАЛИЗАТОР РАЗДЕЛА СРЕД ВОДА-НЕФТЕПРОДУКТ

Предназначен для контроля границы раздела сред типа вода - нефтепродукты и других несмешивающихся жидких продуктов в резервуарах, установление вида жидкости в потоке в трубах, определения концентрации



Рис.6. Сигнализатор раздела сред СЖУ-1-РС

растворенного вещества в жидкости, например, соли в воде (рис.6). А также для решения следующих задач:

- определения качества (стабильности) технологического продукта в процессе его производства и хранения, например, углеводов, спиртов, различных реагентов, растворителей;
- сигнализации уровня раздела между различными несмешивающимися жидкостями, например, границы между нефтью и подтоварной водой или появления воды в нижней части

емкостей хранения нефтепродуктов.

Принцип действия основан на определении волнового сопротивления жидкости, смачивающей кольцевой чувствительный элемент (по степени демпфирования ультразвука в чувствительном элементе окружающей жидкостью).

Серийное производство приборов осуществляется компанией «Акустические Измерительные Системы – НН», г. Н.Новгород, www.ais-nn.ru.

E-mail: sgu-1@yandex.ru, a.v.melnikova@mail.ru

Тел. 8-831-224-28-98, 8-902-780-49-92

Литература

1. Мельников В.И., Дробков В.П., Контелев В.В. Акустические методы диагностики газожидкостных потоков. М.: Энергоатомиздат. 2006. 351с.
2. Мельников В.И., Тепляшин И.А., Иванов В.В. Исследование ультразвукового рефлекс-радарного волноводного уровнемера теплоносителя ядерной энергетической установки//Известия ВУЗов, Ядерная энергетика, 2015, №4, стр. 26-35.
3. Мельников В.И., Иванов В.В., Тепляшин И.А. Исследование волноводного акустоимпедансного уровнемера в водяном теплоносителе высоких параметров//Датчики и системы.- 2015, №11, стр.36-39.