

Контроль утечек в трубопроводной арматуре в процессе эксплуатации

А. Д. Притужалов, Н. Л. Капитонов, А. В. Воронцов, А. М. Капитонов

В статье рассмотрена актуальность контроля утечек трубопроводной арматуры, представлено описание, принцип работы, преимущества и результаты апробации течеискателя Т2-8К, разработанного ООО «НТП Трубопровод».

Ключевые слова: контроль утечек, течеискатель, трубопроводная арматура.

Для поиска утечек в запорной арматуре и предохранительных клапанах в ООО «НТП Трубопровод» разработан двухканальный акустический течеискатель Т2-8К (рис. 1).

Трубопроводная арматура имеет относительно высокую стоимость с одной стороны, и долговечность корпусов с другой стороны, что делает её ремонт экономически целесообразным.

Трубопроводная арматура считается исправной, если обеспечивается:

- прочность деталей арматуры и сварных швов, работающих под давлением;
- герметичность корпуса, сальниковых уплотнений и фланцевых соединений арматуры в отношении внешней среды;
- герметичность затвора арматуры;
- плавное (без рывков и заеданий) перемещение подвижных частей арматуры.

Исправное состояние трубопроводной арматуры поддерживается проведением плановых ремонтов и контролем технического состояния арматуры в процессе ее эксплуатации.

Своевременная замена имеющей утечку (неисправной) трубопроводной арматуры, находящейся в эксплуатации, снижает риск возникновения отказов и способствует защите окружающей

среды. Утечки арматуры в отношении внешней среды могут быть выявлены при ее наружном осмотре по следам обмерзания корпуса, подтекам продукта, шуму и загазованности вблизи арматуры. Утечки же в затворе арматуры не имеют внешних признаков, но их можно выявить по акустическому сигналу, который, в большинстве случаев, сопровождает утечку.

Для обнаружения акустического сигнала утечки и нахождения неисправной арматуры, в настоящее время, предлагаются также одноканальные акустические течеискатели. Однако поиск неисправной арматуры в условиях действующего производства дополнительно осложнен присутствием различных помех. Учитывая то, что решение о наличии или отсутствии утечки в затворе арматуры принимает оператор, ясно, что его опыт и высокая квалификация имеет определяющее значение для эффективного поиска неисправной арматуры с использованием одноканального течеискателя. Контроль запорной трубопроводной арматуры с использованием *двухканального* течеискателя Т2-8К может осуществляться рядовым техническим персоналом ответственным за безопасную эксплуатацию оборудования.

Течеискатель позволяет проводить контроль утечек в затворе запорной трубопроводной арматуры в условиях эксплуатации, в том числе, контроль утечек в предохранительных клапанах со сбросом среды в закрытую систему.

Применение течеискателя позволяет оперативно обнаружить утечки продукта.

Механизмы возникновения акустических сигналов

Одним из механизмов возникновения акустических сигналов при утечке является турбулентность потока. Скорость потока возрастает при прохождении через канал утечки, характер течения становится турбулентным (в отличие от ламинарного), что сопровождается излучением звуковой энергии. Ламинарный и турбулентный режимы течения имеют место, как при течении жидкости, так и при течении газа, но вследствие



Рис. 1. Течеискатель Т2-8К

низкой вязкости и больших скоростей режим течения газа через канал утечки в основном турбулентный.

Другим механизмом излучения акустических сигналов при утечке жидкости может являться кавитация, при которой в жидкости образуются газовые пузырьки и полости. Кавитация возникает при падении статического давления жидкости ниже давления насыщенных паров и характеризуется появлением пузырьков заполненных паром (или растворенными в жидкости газами) и их последующим схлопыванием, при попадании в зону повышенного давления (иначе нет условия схлопывания). Уровень акустического сигнала, возникающего в результате кавитации, может превышать уровень сигнала от турбулентности потока. Акустические сигналы, возникающие в результате кавитации, похожи на удары, в отличие от непрерывного характера сигнала, вызванного турбулентностью. Источник акустического сигнала, вызванный утечкой в затворе арматуры, расположен вблизи арматуры со стороны отводящего трубопровода.

Распространение акустических сигналов

Прежде чем достигнуть приемного преобразователя течеискателя акустический сигнал от утечки распространяется по рабочей среде в трубопроводе (газ или жидкость) и металлу трубопровода. Расстояние, которое проходит сигнал по каждой среде, оказывает влияние на его уровень и частотный состав.

Первую часть пути до приемного преобразователя сигнал от утечки проходит по внутренней среде трубопровода, где затухание выше, чем в металле, таким образом, потери сигнала до перехода его в металл трубопровода прямо пропорциональны диаметру трубопровода и обратно пропорциональны плотности внутренней среды.

Типичные значения затухания акустического сигнала в металле трубопровода составляет 3 дБ/м для частот до 20 кГц и 4 дБ/м для частот до 90 кГц. При наличии теплоизоляции затухание сигнала в металле трубопровода будет выше.

Кроме сигнала от утечки преобразователь течеискателя принимает различного рода шумы, которые являются помехами (например: шумы от потока продукта, шумы от работы машинного оборудования).

Принцип работы течеискателя Т2–8К

Двухканальный корреляционный течеискатель Т2–8К представляет собой аппаратно-программное устройство с автономным питанием.

Аппаратная часть течеискателя выполняет следующие функции:

- преобразование механических колебаний, распространяющихся по трубопроводу, в электрический сигнал;
- усиление и фильтрацию сигнала;
- преобразование сигнала в цифровую последовательность (данные);
- запись данных в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ);
- передачу данных из ОЗУ во встроенный, малогабаритный компьютер (КПК);
- электропитание течеискателя от аккумуляторных батарей, включая КПК и зарядку батарей от электросети.

Программное обеспечение течеискателя состоит из следующих программ:

- программа КАТ (версия 2007) для КПК, которая выполняет сбор, хранение, первичную обработку данных, а также их экспорт в персональный компьютер (ПК) для дальнейшей обработки;
- программа Р1020 (версия 2010) для ПК, которая выполняет обработку данных и определяет состояние контролируемой арматуры: 1 — утечка есть, 2 — утечки нет или выдает сообщение о необходимости проведения дополнительного контроля;
- программа РПУ (версия 2010) для ПК, которая выполняет расчет параметров утечки.

Течеискатель производит обработку акустического сигнала принятого двумя разнесенными по трубопроводу приемными преобразователями, установленными вблизи контролируемой арматуры. Признаком наличия утечки в затворе арматуры является наличие вблизи арматуры источника узкополосного акустического сигнала.

На рис. 2 приведена схема сбора данных, на которой показан участок трубопровода с арматурой, имеющей утечку в затворе и приемные преобразователи течеискателя А и В. Акустический сигнал, изображенный в виде стрелок с номерами, распространяется по трубопроводу в обе стороны от контролируемой арматуры.

При включении течеискателя осуществляется синхронная запись данных по двум каналам приема (А и В) в ОЗУ течеискателя.

В соответствии со схемой, первым записанным в ОЗУ канала А будет участок сигнала с номером 4, а первым записанным в ОЗУ канала В будет участок сигнала с номером 7.

На момент окончания записи в ОЗУ течеискателя будут сохранены две равные по длине последовательности данных А и В, сдвинутые друг относительно друга на три отсчета (см. рис. 2). После окончания записи данные из ОЗУ

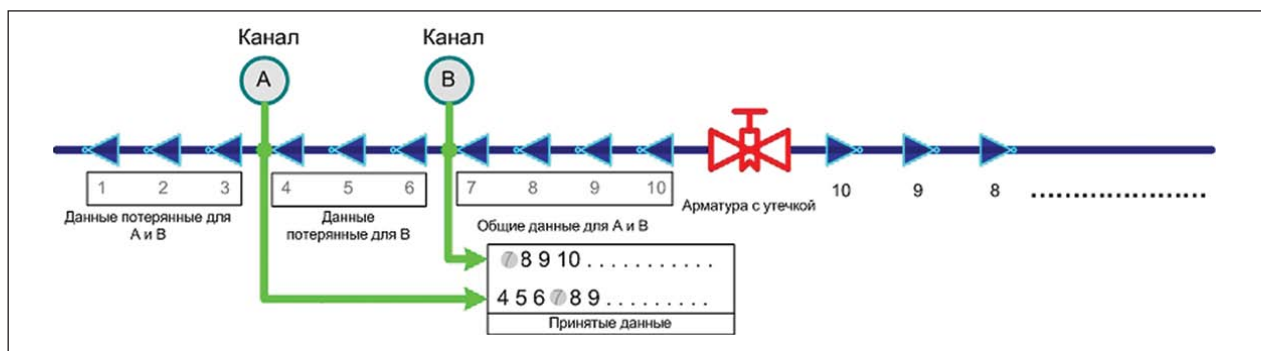


Рис. 2. Схема сбора данных

передаются в КПК течеискателя для обработки. Передача данных из ОЗУ в КПК осуществляется с использованием стандарта последовательной передачи данных RS-232.

С течеискателем используются два типа приемных преобразователей 1Тt и 2Тt:

- 1Тt используется при поиске утечек жидкости, вибропреобразователи ДН-4-М1, рабочая полоса частот 5,0–12,6 кГц, рабочая температура –30...+70°С, тип принимаемых волн — поперечные, крепление на трубопроводе — магнитное, диаметры отверстий утечки от 0,7 мм до 1,3 мм, избыточное давление в подводящем трубопроводе 0,6 МПа, истечение под уровень;

- 2Тt используется при поиске утечек газов, азпреобразователи ПЭК 20–120 (специально подобранные): рабочая полоса частот 20–120 кГц, рабочая температура +70...–40°С, тип принимаемых волн — продольные и поперечные, крепление на трубопроводе — магнитное, диаметры отверстий утечки от 0,8 до 3,0 мм, избыточное давление в подводящем трубопроводе 0,6 МПа, сбросе воздуха в атмосферу.

Преимущества:

- контроль выполняется в рабочих условиях, происходит в реальном времени и занимает несколько минут;
- сокращение потерь продукта и затрат на обслуживание оборудования;
- минимизация вредных выбросов в окружающую среду.

Апробация течеискателя Т2–8К

Для апробации течеискателя Т2–8К был собран лабораторный стенд. Основные части стенда показаны на рис. 3.

Трубопровод с наружным диаметром 21 мм и толщиной стенки 2 мм.

Стенд использовался для имитации утечки воды и воздуха через одну из приоткрытых трубопроводных арматур (7 или 8) или сверление диаметром 0,9 мм. Истечение происходит: для воды в предварительно заполненный отводящий трубопровод, (под уровень 200 мм вод. ст.) или в атмосферу (при полностью открытой арматуре) через сверление отверстия диаметром 0,9 мм. Сверление может быть перекрыто при помощи



Рис. 3. Лабораторный стенд: 1 — опорная плита; 2 — опорная рама; 3 — гидроаккумулятор; 4 — тройник; 5 — отвод; 6 — манометры; 7 — шаровой кран; 8 — клиновидная задвижка; 9 — воздушный компрессор



Рис. 4. Переходник для подключения компрессора

магнита и резинового уплотнения. В качестве рабочей среды в стенде используется водопроводная вода или сжатый воздух. Конструкция стенда позволяет создавать избыточное давление в подводящем трубопроводе до 0,8 МПа. Давление в трубопроводе стенда создается поршневым одноступенчатым воздушным компрессором с ресивером. Контроль давления в трубопроводе стенда осуществляется манометрами, а давление в ресивере компрессора задается при помощи реле давления. Для обеспечения стабильных параметров утечки воды в конструкцию стенда входит гидроаккумулятор емкостью 25 л. Ресивер компрессора подключается к гидроаккумулятору при помощи гибкого шланга через специальный клапан, имеющийся в днище гидроаккумулятора (при подключенном шланге клапан открыт). Сжатый воздух воздействует на резиновую камеру внутри гидроаккумулятора, которая заполнена водой. Таким образом, вода не насыщается воздухом и не контактирует с металлическим корпусом гидроаккумулятора. При работе стенда на сжатом воздухе ресивер компрессора подключается непосредственно на вход трубопровода стенда, минуя гидроаккумулятор через переходник (рис. 4).

На выходе гидроаккумулятора установлена арматура, которая обеспечивает заполнение камеры гидроаккумулятора и трубопровода стенда водой. Подача или сброс давления в трубопроводе стенда осуществляется клапаном с ручным управлением, имеющимся на гибком шланге (режим подачи или сброса давления зависит от положения крана на выходе ресивера компрес-

сора). В конце трубопровода стенда имеется штуцер со шлангом, который используется при измерении расхода воды через утечку в затворе арматуры. Для улучшения акустического контакта приемных преобразователей течеискателя с трубопроводом, на трубопроводе стенда сделаны плоские площадки.

В результате испытаний было установлено, что течеискатель обнаруживает искусственно создаваемые утечки в затворе арматуры при односторонней установке приемных преобразователей на отводящем трубопроводе и следующих параметрах:

- давление в подводящем трубопроводе от 0,6 МПа (изб.);
- давление в отводящем трубопроводе до 200 мм вод. ст. (изб.)/атмосферное;
- диаметр утечки воды от 0,7 до 1,3 мм;
- диаметр утечки воздуха от 0,8 до 3,0 мм;
- уровень шума от работы компрессора до 50 дБ (примерно, шум в вагоне метро).

Испытания течеискателя на лабораторном стенде показали его пригодность для выявления искусственно создаваемых утечек воды и сжатого воздуха в затворе трубопроводной арматуры при односторонней (относительно арматуры) установке приемных преобразователей на фоне шумов.

Конструкция и технические характеристики течеискателя позволяют проводить контроль трубопроводной арматуры в условиях эксплуатации. Время непрерывной работы течеискателя от комплекта батарей составляет 2 ч.

Контроль трубопроводной арматуры на МНПЗ

С 2004 г. течеискатель Т2–8К применяется для контроля предохранительных клапанов оборудования Московского нефтеперерабатывающего завода.

Так например, в январе 2007 года был проведен контроль предохранительных клапанов колонны К1 с маркировкой 2, 3, 7, 6, 5 и колонны К5 и с маркировкой 1, 10 на установке 22/4. Контроль проводился при следующих условиях: уровень окружающего шума около 55 дБ (шум в вагоне метро), температура +3°C, ветер 5–7 м/с. По результатам контроля предохранительный клапан К1 с маркировкой 7 имеет утечку в затворе, остальные клапаны исправны. Результаты контроля переданы в ОТН.

A. D. Prituzhalov, N. L. Kapitonov, A. V. Vorontsov, A. M. Kapitonov

A Leakage Detection in Valves during Operation

A topicality of valve leakage inspection is considered. The description, principle of operation, advantages and results of operation testing of T2-8K leak detector, developed by NTP Truboprovod company, is presented.

Key words: leakage detection, leak detector, valve.