

## Особенности корреляционных течеискателей и приборов диагностики трубопроводов

*Годлевский В.В., Лазарчук Б.Л., Слезин О.А.,  
Сторожук Н. А., Сквороднев В.В.*

Современные типы корреляционных приборов, которые предназначены для диагностики и поиска утечек напорных трубопроводов систем тепло и водоснабжения, отличаются друг от друга средствами обеспечения требуемой достоверности результатов работы. В статье рассматриваются некоторые аппаратные и программные средства и необходимость их применения на примере анализа свойств известных приборов. Это – корреляционные течеискатели различных моделей, а также корреляционные диагностические приборы, предназначенные для оценки общего состояния трубопроводов типа “КурСар”, “КАСКАД-2”, “КОРШУН-11Д”, приборы, реализующие метод акустической эмиссии.

**1. Применение частотной фильтрации.** Отличительной чертой современных корреляционных течеискателей, за редким исключением, является наличие в них аппаратных и программных средств для обеспечения оператора возможностью применения частотной фильтрации для выделения сигналов утечки на фоне больших шумовых сигналов. Практически все современные корреляционные течеискатели содержат в своем составе аппаратные встроенные частотные фильтры для “ручного” поиска частотной области, которая содержит спектр сигналов, создаваемые утечкой. В некоторых моделях течеискателях имеются и программно управляемые средства для автоматического поиска области частотного спектра сигналов утечки. Это - модели корреляционных течеискателей серии “КОРШУН”, Дело в том, что вибрации стенок трубопроводов или гидравлические волны в воде, которые используются в приборах для определения координат утечек, содержат кроме сигналов утечек и всевозможные помехи. Эти помехи могут достигать больших уровней и практически исключать возможность поиска координат утечек без применения перестраиваемых частотных фильтров. Случайные вибрации трубопровода создаются транспортными средствами, задвижками, насосами, движущейся достаточно с большой скоростью водой в трубопроводах и др. Эти помехи, как и сигналы, создаваемые утечкой, имеют абсолютно случайные частотные свойства, которые зависят от многих факторов. С другой стороны, частотные спектры сигналов утечек также является случайными и зависящими от многих факторов: давления в трубе, площади и формы отверстия в стенке трубы, от диаметра и толщины стенки трубы, от материала трубы, от температуры воды и др. Поэтому в каждом конкретном случае оператор должен “настроить” прибор на частотный спектр сигналов утечки. Для этого приборы должны быть обязательно оснащенными соответствующими средствами – перестраиваемыми частотными фильтрами: аналоговыми и цифровыми. При этом, в зависимости от конкретной шумовой обстановки на трубопроводе оператор должен иметь возможность применить несколько разнотипных режимов настройки фильтров с добротными характеристиками.

Аналогичным требованиям должны удовлетворять также и корреляционные диагностические приборы для трубопроводов. Например, одними из представителей таких приборов являются “КурСар”, “КАСКАД-2”, “КОРШУН-11Д”.

Прибор “КОРШУН-11Д” является классическим диагностическим прибором. Он содержит антенны-излучатели и генератор зондирующих сигналов с управляемым (перестраиваемым) частотным спектром, а также приемники с датчиками, которые преобразуют возбуждаемые в трубе антеннами гидравлические волны в электрические сигналы, и компьютерный блок обработки этих сигналов. “КОРШУН-11Д” предназначен для определения остаточной средней толщины стенки трубопровода по его длине, определения координаты наибольшего локального утонения стенки трубы, а также для

поиска координат утечек при работе в режиме течеискателя. Определение остаточной средней толщины стенки трубопровода является развитием методики оценки остаточного ресурса трубопровода методом шурфования и выборочного измерения толщины стенки трубы –МУ 34-70-149-86. Блок оператора и выносные радиоблоки прибора содержат примерно тот же набор средств для аналоговой и цифровой частотной фильтрации паразитных шумов, что и корреляционный течеискатель **“КОРШУН-11”**. Этот набор средств частотной фильтрации является необходимым и применяется при работе **“КОРШУН-11Д”** как в режиме поиска координат утечек, так и в режиме диагностики трубопровода.

Диагностические приборы типа **“КурСар”**, **“КАСКАД-2”** являются “уникальными” среди известных диагностических приборов. Они являются чисто пассивными приборами, поскольку не содержат генераторов зондирующих сигналов и не требуют изменения в процессе диагностики режимов трубопровода, например изменения давления в трубопроводе, как для приборов, реализующие метод акустической эмиссии. При этом приборы **“КурСар”** и **“КАСКАД-2”** обрабатывают сигналы шумовых вибраций на трубопроводе, источники которых являются неизвестными, не управляемыми и совершенно случайными. В этих приборах отсутствуют перестраиваемые частотные фильтры, а в инструкциях применения приборов не содержатся рекомендации о том, какие составляющие входных сигналов являются шумовыми помехами, а какие составляющие содержат полезную информацию о состоянии трубы. Однако, отсутствие этих фильтров в данных приборах не служит доказательством возможности исключения из состава диагностических приборов для трубопроводов перестраиваемых частотных фильтров. Дело в том, что в настоящее время нет физических, математических и экспериментальных обоснований и доказательств количественной связи вычисляемого приборами **“КурСар”** и **“КАСКАД-2”** так называемого показателя “напряженного состояния” трубопровода с параметрами, которые реально определяют работоспособность трубопровода, остаточный ресурс. Это - средняя толщина стенки трубы, наличие локальных утонений, трещин (и их координаты). При этом можно утверждать, что в этих приборах по абсолютно случайным выборкам сигналов, создаваемых вибрациями трубопровода, вычисляется также совершенно случайная выборка корреляционной функции, которая количественно и качественно совершенно не отражает состояние физических параметров трубопровода, определяющих его работоспособность (при отсутствии на нем утечки). Более того, нет физического и математического обоснования взаимосвязи между вычисляемой в приборах случайной выборки корреляционной функции с параметром - “напряженное состояние” трубопровода. Для этого параметра надо было бы вначале ввести меру, научно обосновать и показать ее количественную связь с надежностными характеристиками трубопровода. Такой меры (параметра) в инструкции нет. Подтверждением того, что вычисляемые в приборах корреляционные зависимости представляют собой случайные функции, которые не характеризуют состояние диагностируемого трубопровода, является отсутствие повторяемости результатов, которые показывают эти приборы при диагностике.

**2. Проверка результатов “на повторяемость”.** Как известно, выполнение требования к обеспечению «повторяемости» результатов диагностики физических объектов и измерений физических величин в разных сеансах является необходимым условием проведения любых физических экспериментов, и в том числе – проведения диагностики состояния трубопроводов. Этот способ не является достаточным, но его применение является необходимым для подтверждения достоверности результатов физических экспериментов.

Проведенные эксперименты с участием авторов по диагностике трубопроводов теплотрасс прибором **«КАСКАД-2»** показали, что необходимая повторяемость результатов оценки показателей “напряженного состояния” этими приборами

практически отсутствует. В этом пользователи прибора «КАСКАД-2» могут сами убедиться путем проведения повторных сеансов записей сигналов с трубопроводов, их программных обработок на компьютере и сравнений полученных результатов между собой, то есть путем проведения повторных сеансов диагностики одного и того же трубопровода с перерывом между сеансами записи сигналов порядка 10 мин.

Инструкциями для приборов типа «КОРШУН» рекомендуется обязательно осуществлять контроль достоверности получаемых результатов путем проведения проверки на повторяемость.

**3. Применение статистических усреднений.** Для повышения достоверности определения искомого параметра при диагностике трубопровода в корреляционных приборах типа «КОРШУН» применяется способ, который сводится к проведению большого числа процедур определения значений параметра с последующим усреднением полученных значений. Число усреднений регулируется и может достигать при необходимости нескольких сотен. Усреднение является одним из основных способов повышения достоверности при практическом проведении экспериментальных измерений во многих областях техники и, естественно, применяется во многих типах течеискателей, оно также применяется в приборе «КОРШУН-11Д» при диагностике трубопроводов.

#### **4. Выводы и рекомендации.**

4.1. Для повышения достоверности диагностики состояния трубопровода с помощью корреляционного прибора (типа «КОРШУН-11Д») необходимо вначале выполнить диагностику трубопровода на предмет наличия в нем скрытых утечек путем перевода прибора в стандартный режим поиска утечек. Поэтому диагностический прибор должен обладать характеристиками высокочувствительного профессионального течеискателя.

4.2. При аналоговой и цифровой обработках сигналов в диагностических сеансах необходимо обязательно согласовывать частоты зондирующих сигналов, излучаемыми антеннами по трубопроводу, с полосами пропускания частотных фильтров блоков обработки, а также отстраиваться от шумовых помех с помощью этих фильтров. Диагностический прибор должен содержать аналоговые и цифровые перестраиваемые частотные фильтры.

4.3. Кроме применения частотной фильтрации при диагностике в зашумленной обстановке необходимо использовать статистическое усреднение с большим объемом выборки - количестве конечных результатов диагностики даже.

4.4. Для исключения грубых ошибок при принятии решений по результатам диагностики трубопроводов необходимо применять проверку достоверности результатов диагностики «на повторяемость» путем проведения повторных сеансов диагностики.

4.5. Корреляционные диагностические приборы, реализующие метод акустической эмиссии, в случае их применения для диагностики трубопроводов в рабочих режимах являются, по-существу, также пассивными приборами (как и приборы «КурСар» с «КАСКАД-2»), и поэтому их выходные результаты являются бесполезными и, более того, дезинформирующими. Дело в том, что в трубопроводах, находящихся в рабочих режимах, практически всегда отсутствует возможность обеспечить набросы и сбросы давлений в таком большом диапазоне, чтобы сигналы от «скрипов краев трещин» стенки трубы были бы различимыми на фоне сигналов от промышленных помеховых вибраций трубопроводов.