

Контроль и повышение достоверности диагностики протяженных трубопроводов корреляционными приборами

Годлевский В.С., д.т.н.; Лазарчук Б.Л.; Слезин О.А.

В настоящее время к наиболее распространенным и апробированным приборам поиска утечек в скрытых протяженных трубопроводах относятся корреляционные течеискатели. При эксплуатации эти приборы тестируются и достоверность их результатов многократно контролируется на практике естественным способом – путем проведения раскопок на трубопроводных трассах. Однако, задача увеличения точности и чувствительности этих приборов остается, по-прежнему, актуальной, что обусловлено как особенностями новых типов трубопроводов (например трубопроводов теплотрасс с предизоляцией или пластмассовых трубопроводов), так и неконтролируемыми изменениями параметров многолетних трубопроводов (например изменением толщин стенок труб из-за влияния коррозионных процессов). Эта задача остается также актуальной и для «зашумленных» трубопроводов из-за влияния внешних и внутренних источников шумов, особенно в случае поиска малых утечек.

В последние годы на рынке появились корреляционные приборы нового типа, которые позиционируются приборами, предназначенными не только для поиска утечек, но и для теледиагностики состояния протяженных трубопроводов. Это - приборы типа «КурСар», «КАСКАД-2», а также «КОРШУН-11Д». Задача получения достоверных результатов теледиагностики скрытых протяженных трубопроводов и поиска утечек в них с высокой чувствительностью и точностью к настоящему времени остается, по-существу, проблемой, далекой от своего решения. Это обусловлено, прежде всего, отсутствием доступа к диагностируемой трубе практически по всей трассе трубопровода, а также влиянием многих механических и электромагнитных помех, имеющих как стационарный, так и нестационарный характер. Помехи могут достигать больших уровней и приводить к недопустимым ошибкам в результатах диагностики протяженных трубопроводов с помощью всех современных приборов. Например, случайные вибрации трубопровода, которые создаются транспортными средствами, задвижками, насосами, волнами давления движущей среды в трубопроводе и др., преобразуются датчиками во входные сигналы диагностических приборов и поэтому могут приводить к случайным и ложным результатам диагностики. Случайные вибрации в диагностируемом трубопроводе являются помехами, искажающими результаты не только корреляционных течеискателей, но и теледиагностических приборов, которые подвержены влиянию помех в значительно большей степени, чем качественные корреляционные течеискатели.

Для повышения достоверности определения искомого параметра при теледиагностике трубопровода можно предложить способ, который сводится к проведению большого числа процедур определения значений параметра с последующим усреднением полученных значений. Способ является одним из основных при практическом проведении экспериментальных измерений во многих областях техники. Для увеличения его эффективности следует обеспечить как можно меньшую статистическую зависимость погрешностей экспериментальных измерений, например путем допустимых изменений условий повторных экспериментов.

Такой способ статистического усреднения при определении координат утечек в трубопроводах применяется, например, в корреляционных течеискателях типа «КОРШУН», а также в диагностическом приборе «КОРШУН-11Д». При этом число усреднений может достигать больших значений, порядка нескольких сотен.

Для увеличения статистической независимости измерений в методиках применения приборов типа «КОРШУН» рекомендуется обязательное проведение нескольких полных сеансов определения координат утечек с последующим сравнением

между собой полученных в каждом сеансе координат утечки. При этом, необходимым условием для классификации полученных прибором результатов при диагностике трубопроводов в качестве относительно достоверных является совпадение между собой всех результатов, полученных в разных сеансах диагностических замеров с требуемой точностью. Такой способ оценки достоверности результатов диагностики путем их проверки «на повторяемость» в нескольких сеансах измерений не обеспечивает достаточность контроля достоверности этих результатов. Однако, выполнение требования к обеспечению «повторяемости» результатов диагностики физических объектов и измерений физических величин в разных сеансах является, как известно, необходимым условием для обеспечения корректности проведения любых физических экспериментов, и в том числе – проведения диагностики состояния трубопроводов, для исключения грубейших ошибок.

В корреляционных течеискателях типа «КОРШУН» применяются также и другие математические и аппаратные способы линейной и нелинейной фильтрации случайных шумов и импульсно-подобных помех, несмотря на то, что в получаемых с диагностируемой трубы для обработки сигналах содержатся «полезные» стационарные составляющие. Эти стационарные «полезные» составляющие входных сигналов корреляционных течеискателей обусловлены вибрациями стенок трубопровода, которые создаются вытекающей под давлением воды из трубы. Данные «полезные» вибрации имеют относительно стационарный характер на фоне других составляющих вибрации, которые в большинстве случаев являются случайными шумовыми. Такие «полезные» стационарные составляющие имеют информационные сигналы в диагностическом приборе «КОРШУН-11Д». В этом приборе используется активный корреляционный метод диагностики, согласно которому в диагностируемом трубопроводе создаются антеннами-излучателями специальные гидравлические волны, имеющие относительно стационарный характер. (Прибор «КОРШУН-11Д» имеет такие же возможности и характеристики, что и корреляционный течеискатель «КОРШУН-11» в режиме поиска утечек, а также дополнительный режим диагностики состояния трубопроводов).

Способ проверки достоверности результатов диагностики параметров трубопроводов на «повторяемость» является особенно актуальным в случае применения для диагностики трубопроводов приборов типа «КАСКАД-2», «КурСАР». Это обусловлено тем, что используемый в указанных приборах метод диагностики является сугубо пассивным. Входными сигналами приборов являются нестационарные случайные вибрации стенок трубы, которые могут быть созданы произвольными случайными источниками вибрации. Ими могут быть проезжающие автомобили, работающие станки, насосы, задвижки, отводы от диагностируемого трубопровода и др., характер влияния которых на параметры вибрации трубы изменяется существенным образом от сеанса к сеансу диагностики одного и того же трубопровода. Поэтому частотный спектр, уровень и другие параметры сигналов, которые используются для диагностики состояния трубы, являются также сугубо случайными и неповторяющимися от сеанса к сеансу. Результат корреляционной обработки таких сигналов, которая осуществляется в указанных приборах, представляет собой также случайную функцию, вид и параметры которой зависят от многих источников случайных помех. По-видимому, для уменьшения влияния внешних источников помех в инструкциях применения приборов «КАСКАД-2» и «КурСар» рекомендуется диагностику трубопровода осуществлять только при наличии протока воды в трубе. Возможно авторы считают, что движущая вода создает вибрации стенки трубопровода, величина которых достаточна для их использования с целью получения устойчивых результатов оценки состояния трубы. Однако, величина протока при этом в инструкции не регламентируется. На практике же величина скорости движения воды при ненулевом протоке может принимать свои значения из широкого диапазона, например от 0.1 м/с до 5 м/с. Вопрос о необходимой величине протока остается открытым.

Возможно, для обеспечения эффективности используемого в приборе «КАСКАД-2» метода «акустической томографии» требуются большие скорости движения воды в трубах для создания такого уровня вибраций стенок трубопроводов, при котором результаты теледиагностики этих трубопроводов были бы устойчивыми (повторяющимися). Подтверждением этой гипотезы могут быть результаты тестирования прибора «КАСКАД-2» на нескольких участках теплотрасс, проведенного после окончания отопительного сезона, то есть при уменьшенных значениях протоков воды в трубах. Теплотрассы находились в рабочих весенне-летних режимах с уменьшенными протоками воды по сравнению с зимним (отопительным) режимом, примерно, в (2.5 – 3) раза. При этих условиях результаты тестирования на «повторяемость» показаний прибора «КАСКАД-2» оказались низкими.

Простой способ тестирования на повторяемость состоит в следующем. Прибор «КАСКАД-2» программируется на 4 сеанса записи сигналов датчиков. В первом сеансе проводится в течение 2-х минут запись сигналов датчиков, установленных на подающей трубе. После окончания первого сеанса датчики переставляются на обратную трубу, и через 2 минуты начинается второй сеанс записи сигналов для обратной трубы, который длится также 2 минуты. После окончания второго сеанса записи датчики возвращаются на подающую трубу. Через 2 минуты после окончания второго сеанса записи начинается третий сеанс записи сигналов – сеанс повторной записи сигналов с подающей трубы. После окончания этого сеанса, который также продолжается 2 минуты, датчики переставляются на обратную трубу и через 2 минуты начинается сеанс повторной записи сигналов на обратной трубе. Таким образом, сеансы повторных записей на каждой диагностируемой трубе осуществляются через временные интервалы, равные 6 минутам, в течение которых гидравлические режимы в трубопроводах практически остаются неизменными. Полученные записи расшифровываются с помощью компьютерной программы «КАСКАД-2». Результаты диагностики одно и той же трубы по двум записям сигналов, полученных с интервалом 6 минут, сравниваются между собой. С помощью изложенного алгоритма были протестированы на повторяемость результаты диагностики прибором «КАСКАД-2» 8-и трубопроводов, имеющих длины от 94 м до 192 м и диаметры от 250 мм до 700 мм. При этом, совпадения результатов двух сеансов диагностики для четырех трубопроводов оказались равными 0%, для пятого трубопровода – 5%, для шестого – 32%, для седьмого – 3.3% и только для одного трубопровода из восьми совпадение было приемлемым при двух сеансах диагностики. Практическое отсутствие повторяемости результатов диагностирования прибором «КАСКАД-2» трубопроводов в проведенных экспериментах диктует не только актуальность, но и насущную необходимость применения повторных сеансов диагностики одной и той же трубы для исключения грубых ошибок. В случае проведения повторных сеансов диагностирования трубопроводов при существенно отличающихся гидравлических режимах следует ожидать увеличение степени различия результатов диагностики.

Кроме повторяемости результатов диагностики еще одним показателем качества диагностического прибора для трубопроводов является его чувствительность к обнаружению малых сквозных дефектов, то есть к обнаружению малых утечек и микроутечек. На практике нередко встречаются случаи, когда при наличии утечек отсутствует наличие воды и пара в камерах теплотрасс не только при бесканальной прокладке, но и даже при канальной прокладке трубопроводов. Это происходит из-за того, что вода при наличии различных преград может истекать через неплотные стыки коробов в ливнестоки и другие каналы, не доходя до тепловых камер. Такими преградами могут быть опоры, выполненные в виде сплошных перегородок, посторонние предметы в канале и др. Малые утечки также не обнаруживаются и по показаниям расходомеров на котельных (по величине «подпитки»).

Для обнаружения в процессе диагностики факта наличия утечки в диагностируемом трубопроводе и определения ее координаты необходимо, чтобы диагностический прибор должен дополнительно обладать функциональными возможностями и характеристиками высокочувствительного течеискателя. При этом функцию течеискателя диагностический прибор должен выполнять в режиме «on-line», то есть в «реальном времени» на трассе без временных перерывов между записями сигналов и их программным «дешифрированием». Если диагностический прибор такими возможностями не обладает, то целесообразно применять для диагностики трубопроводов диагностический комплекс, содержащий диагностический прибор и профессиональный высокочувствительный корреляционный течеискатель.

Выводы.

1. Для исключения грубых ошибок диагностики трубопроводов приборами, использующие корреляционный метод и метод «акустической томографии», необходимо применять проверку достоверности результатов диагностики «на повторяемость» путем проведения повторных сеансов диагностики.

Повторение результатов в нескольких сеансах диагностики одного и того же трубопровода является необходимым условием обеспечения требуемой достоверности результатов диагностики. Это условие не является достаточным условием, однако оно является необходимым.

2. При диагностике состояния трубопроводов целесообразно также использовать и режим диагностического прибора «поиск утечки» для обнаружения факта наличия утечки и определения ее координаты. При этом диагностический прибор должен обладать характеристиками высокочувствительного профессионального течеискателя.