

# ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

И.Л. Москалёв, аспирант, В.В. Литвак, д.т.н., профессор  
В.В. Литвак, д.т.н., профессор  
НИ ТПУ, г. Томск,  
moskalew@tpu.ru

В данной работе рассмотрены основные методы диагностики элементов тепловых сетей (далее ЭТС) применяемых в настоящее время. В статье изложен рекомендуемый порядок и правила определения технического состояния. Работа базируется на передовом опыте отечественных и зарубежных специалистов в сфере диагностики и оценки рисков. [1–4]

## 1. Обследование интегральными методами.

Обследование ЭТС производится при помощи интегральных методов, позволяющих проводить экспресс-диагностирование по всей длине трубопровода без выполнения шурфов. Использование интегральных методов позволяет выявить наиболее вероятные локальные дефектные участки ЭТС.

Ниже перечислены методы, применяемые при интегральном обследовании ЭТС.

### 2.1. Контроль методом магнитной памяти металла:

Метод магнитной памяти металла позволяет диагностировать ЭТС с поверхности земли, что существенно повышает его производительность и не требует непосредственного доступа к трубопроводу. Основной целью использования данного метода является поиск аномалий магнитного поля, которые могут свидетельствовать о зонах концентраций напряжений на трубопроводе, что, в свою очередь, может свидетельствовать о наличии развивающихся дефектов типа трещин либо о наличии существенных изменений в геометрии трубопровода.

### 2.2. Контроль методом акустической томографии:

Использование метода акустической томографии позволяет определить области повышенных напряжений ЭТС косвенным методом. В найденных зонах концентрации механических напряжений процессы коррозии и усталости протекают с большей интенсивностью, чем на других участках ЭТС. Соответственно применение метода акустической томографии проводится для поиска наиболее вероятных мест развития повреждений ЭТС. Таким образом, данный метод позволяет определить наиболее уязвимые локальные участки ЭТС.

### 2.3. Электрометрические изыскания:

Электрометрические изыскания проводятся в соответствии с [5]. В электрометрические изыскания входит следующий перечень работ:

#### 1.3.1. Определение мест повреждений изоляционного покрытия:

Поиск повреждений изоляционного покрытия осуществляется специализированными системами контроля изоляции, основанными на методе Пирсона. [6] Суть метода: измерение падения напряжения на поверхности земли между двумя стальными электродами, создаваемого переменным током в земле, стекающим с трубы в местах повреждения покрытия. Область применения метода - локализация сравнительно крупных сквозных повреждений в защитном покрытии трубопровода. Определение мест сквозных повреждений изоляции трубопровода в бесканальной прокладке позволяет определить зоны подверженные влиянию наружной коррозии.

#### 1.3.2. Проверка технического состояния электрозащитных установок:

В процессе проверки технического состояния электрозащитных установок проводится внешний осмотр всех элементов диагностируемой установки с целью обнаружения внешних дефектов, определение выходных параметров (ток, напряжение, потенциал относительно неполяризуемого медносульфатного электрода сравнения в точке дренажа), а также определение расчётного значения сопротивления растеканию тока анодного заземления. Устанавливается запас номинальных параметров по току и мощности.

#### 1.3.3. Определение наличия блуждающих токов в земле:

Блуждающие токи могут существенно усиливать процесс электрохимической коррозии. Соответственно целью определения их наличия в земле является выявление участков ЭТС, на которых протекание коррозионного процесса наиболее интенсифицировано.

#### 1.3.4. Определение опасности постоянных блуждающих токов:

Под опасным влиянием постоянных блуждающих токов на ЭТС понимают потенциал, который изменяется по знаку и значению смещения по отношению к его стационарному потенциалу (знакопеременная зона) или наличие только положительного смещения потенциала, как правило, изменяющегося по значению (анодная зона). Регистрация данных проводится в местах возможного подключения контактных измерительных приборов.

Измерение потенциала ЭТС при контроле эффективности электрохимической защиты:

Контроль эффективности электрохимической защиты производится путем фиксации значений суммарного потенциала, поляризационного потенциала и тока поляризации вспомогательного электрода; замеры производятся относительно неполяризуемого медно-сульфатного электрода сравнения. Регистрация данных проводится в местах возможного подключения контактных измерительных приборов.

Данные замеры позволяют выявить зоны с недопустимо высокими значениями поляризационного потенциала. Что, в свою очередь, позволяет откорректировать работу активной защиты ЭТС - электрозащитных установок.

#### 1.3.5. Определение коррозионной агрессивности грунта в полевых условиях:

Оценка коррозионной агрессивности грунта позволяет получить дополнительную информацию о зонах с повышенным риском развития коррозионных процессов.

#### 2. Обследование трубопровода локальными методами:

Обследование локальными методами производится в шурфах, а также в местах, где можно получить непосредственный доступ к трубопроводу без выполнения шурфов: камеры, проходные и полупроходные каналы при подземной прокладке трубопровода, либо весь трубопровод при надземной прокладке. Обследование трубопровода локальными методами в доступных местах и в шурфах производится в соответствии с приложением И [7] и требованиями [8].

Назначение мест выполнения шурфов проводится на основании результатов измерений, полученных при проведении обследования интегральными методами, а также на основании анализа эксплуатационной, проектной и ремонтной документации на наиболее опасных участках трубопровода.

Ниже перечислены методы контроля, применяемые при локальном обследовании трубопроводов тепловой сети.

В случае выявления при обследовании существенных дефектов и повреждений трубопровода, определение и идентификация которых затруднены, может быть назначено дополнительное диагностирование, в том числе с привлечением уникальных методов, например, с помощью метода акустической эмиссии, волноводного метода контроля и др.

##### 2.1. Визуально-измерительный контроль:

Контроль проводится в соответствии с требованиями [9]. Для участков тепловой сети, с подземным способом прокладки в непроходных каналах, в обязательном порядке должен быть обеспечен доступ через тепловые камеры, либо в месте краевых участков непроходных каналов трубопровода. При условии, что протяженность какого-либо недоступного для контроля участка тепловой сети превышает 400 м, выполняется шурф, затем снятие изоляции в одном из мест данного участка тепловой сети. Место ЭТС для этой цели выбирается из наиболее неблагоприятных по результатам диагностики другими методами.

При проведении визуального измерительного контроля проводится проверка соответствия трассировки и способа прокладки тепловой сети исполнительной схеме или монтажно-сборочному чертежу.

##### 2.2. Контроль строительных конструкций:

При проведении визуального измерительного контроля в первую очередь проверяется состояние строительных конструкций и канала, в котором проложен трубопровод. В канале должна отсутствовать повышенная температура. Канал не должен быть затоплен или заилен.

Стенки канала не должны быть разрушены от действия воды. Армирующие металлоконструкции не должны быть оголены и прокорродированы. Перекрытие канала, а также его стенки не должны касаться трубопровода, либо быть обрушены. В процессе контроля следует убедиться в отсутствии следов нарушения гидроизоляции канала (следы от подтеков воды, капли грунтовых вод между плит перекрытия канала, характерные известковые образования и др.).

### 2.3. Контроль изоляции:

В случае выявления участков ЭТС с признаками подтопления, либо намокания изоляции на данных участках необходимо снять тепловую изоляцию и подвергнуть ЭТС визуальному контролю. Решение о необходимости дополнительной дефектоскопической диагностики поверхности металла и контроля толщины стенки принимается только после проведения контроля.

### 2.4. Контроль опорной системы:

При проведении ревизии опорно-подвесной системы трубопровода следует уделять внимание следующим факторам: качеству неподвижных опор и сварных швов конструкций опор скольжения и т.д. Промежуточные опоры скольжения и направляющие опоры не должны иметь видимых деформаций своей конструкции. Необходимо убедиться, что опорные площадки опор скольжения ровные и обеспечивают свободное перемещение подушек опор в нужном направлении. Подушки опор должны быть расположены на площадке правильно, без перекосов и смещения за пределы площадок. У разъемных соединениях конструкций опор необходимо проверять крепежи и резьбу на предмет видимых повреждений, должны быть затянуты равномерно и обеспечивать надежное крепление узлов. У неподвижных опор ЭТС, также не должно быть видимых повреждений, в том числе в сварных швах приварки каркасов или строительных конструкций к элементам опоры. Особое внимание необходимо уделить сварным швам, при выполнении работ по приварки опор непосредственно к элементам трубопровода.

### 2.5. Контроль арматуры:

Обследование состояния арматуры заключается в контроле следующих факторов: фланцевых соединений, проверки комплектности крепежных деталей (болтов, шпилек, гаек), отсутствия подтекания воды и следов коррозии, осмотре уплотнений шпинделя и крышки. Проверке подлежат все корпуса арматуры с условным проходным диаметром более 150 мм.

### 2.6. Контроль трубопровода:

При визуальном контроле наружной поверхности тепловой сети диагностики рекомендуется подвергать элементы, находящиеся в доступном месте. Участки и элементы, подвергающиеся контролю необходимо предварительно освободить (снять) от обшивки (кожухов) и изоляции.

Проводится визуальный контроль прямолинейных участков, криволинейных элементов (гибы, отводы), тройников и врезок в трубопровод, фланцы (без демонтажа разъема), арматуры заглушек (доньшек), сильфонных, линзовых, сальниковых компенсаторов.

### 2.7. Внутренний осмотр ЭТС:

Не менее чем в одном месте проводится визуальный контроль внутренней поверхности ЭТС. Данный контроль выполняется после демонтажа фланцевого разъема, либо после разрезки трубопровода и открытого доступа к краю трубы. Внутренний осмотр тепловых сетей с наружным диаметром 700 мм и более разрешается производить через специальное отверстие в стенке трубопровода.

### 2.8. Контроль толщины стенки:

Контролю подлежат элементы и участки трубопровода с условным диаметром 100 мм и более.

Контроль проводится в доступных местах:

- прямолинейных участков;
- в местах установки неподвижных и скользящих опор;
- в местах поворота трассы;
- в местах сужений;

- в точках врезок и т.п.

В случае обнаружения участков ЭТС с коррозионными повреждениями металла толщину стенки необходимо контролировать в точках максимальной глубины коррозии.

#### 2.9. Контроль сварных соединений:

Сварные соединения контролируются приборами, позволяющими проводить классический ультразвуковой контроль, либо приборами, позволяющими проводить экспресс-диагностику ультразвуковыми методами контроля.

Контроль сварных соединений трубопроводов с условным диаметром 100 мм и менее не проводится.

В каждой камере при подземной прокладке и на каждом компенсаторе при надземной прокладке контролю подлежит одно стыковое соединение на каждом участке трубопровода в доступном месте.

#### 2.10. Химический анализ и исследование механических свойств стали:

Химический анализ марки стали проводится по решению эксперта в случае отсутствия информации о марке стали, из которой выполнен трубопровод, в исходной документации, либо в качестве подтверждения или опровержения имеющейся информации.

Контроль механических свойств металла трубопроводов выполняют разрушающими и (или) неразрушающими методами. Определение механических свойств проводится по решению эксперта с целью выявления и анализа изменений физико-механических свойств для проверки их соответствия сертификатам, стандартам и техническим условиям на металл труб, действующей нормативно технической документации, исходным значениями механических свойств металла трубопроводов.

#### 2.11. Контроль качества теплоносителя:

Качество теплоносителя для систем теплоснабжения должно отвечать требованиям [10].

#### **Список литературы:**

1. Горских, А.А. Мониторинг надежности тепловых сетей/ В.Н. Мелькумов, С.Н. Кузнецов, К.А. Складов, А.А. Горских//Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. -2010.- №1(17). –С.52–58.
2. Дильман, М. Д. Методы и модели обоснования надежности систем теплоснабжения и источников теплоты: Дис.канд. техн. наук. М., 2000. 188 с.
3. V. Venkatasubramanian, R. Rengaswamy, S. Kavuri and K. Yin, 2003, A Review of Process Fault Detection and Diagnosis Part I Quantitative Model-Based Methods, Computers and Chemical Eng., 27, pp. 293–311.
4. K. Detroja, R. Gudi and S. Patwardhan, 2005, Plantwide Detection and Diagnosis using Correspondence Analysis, Control Engineering Practice.
5. ГОСТ 9.602-2005. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
6. ‘‘Pearson, Karl’’ (1900). On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. Philosophical Magazine Series 5 50 (302): 157–175.
7. СО 153–34.17.464–2003/ Инструкции по продлению срока службы трубопроводов II, III, IV категорий.
8. ПБ 10-573–03. Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды.
9. РД 03-606-03. Инструкции по визуальному и измерительному контролю.
10. СанПиН 2.1.4.1074–01.Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
11. УДК 620.91