

МЕТОДИ І ЗАСОБИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

УДК 622.691.4.004.58

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И ТОЧНАЯ РАЗМЕТКА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

В. А. Троицкий

*Институт электросварки им. Е.О.Патона НАН Украины,
г. Киев-150, ул. К. Малевича, 11, тел.: (044)200466, e-mail: usndt@ukr.net*

Эффективная диагностика магистральных трубопроводов требует их точной разметки, считываемой внутритрубными дефектоскопами. Рассмотрены применяемые в настоящее время и предложенные новые способы подробной разметки магистральных трубопроводов, проведено сравнение штрих- и точечных кодов разного исполнения. Проанализированы информационные возможности различных систем кодирования, показано как их реализовать с помощью компактных кодовых пластин (панелей). Для экономии расходов, эффективного использования результатов диагностики необходима нумерация труб.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, диагностика, разметка, дефектоскопия, кодирование.

Ефективна діагностика магістральних трубопроводів вимагає їх точної розмітки, яка зчитується внутрішньо трубними дефектоскопами. Розглянуто способи розмітки магістральних трубопроводів, які застосовуються на даний час, і запропоновано нові, проведено порівняння штрих- та точкових кодів різного виконання. Проаналізовано інформаційні можливості різних систем кодування, показано способи їх реалізації за допомогою компактних кодових пластин (панелей). Для економії витрат та ефективного використання результатів діагностування необхідною є нумерація труб.

Ключові слова: магістральний трубопровід, діагностика, розмітка, дефектоскопія, кодування.

The main pipeline effective diagnostics requires one's exact marking, wich can be read by the in-pipe flaw detector. The main pipeline detailed mark up new methods are proposed both with the considering of methods, wich are used in current time, the comparison of the dot codes and bus codes of different design is given. The information possibility of the different coding system is analyzed, the methods of one's realization using compact code plates and code burs are showed. To serving costs and effective using of the diagnostics results the pipe numbering is necessary.

Key words: main pipeline, diagnostics, markup, flaw detector, coding.

В Украине, как и во всех развитых странах, для ответственных магистральных нефте-, газопроводных магистралей применяют различные виды диагностики. Наиболее распространенными из них являются:

- внутритрубная [1, 7] магнитная (акустическая);
- низкочастотная [2] ультразвуковая;
- электрометрическая [3, 4] изоляции и коррозионных поражений;
- магнитометрическая [5] на основе магнитной памяти;
- термографическая [2, 7], визуально-оптическая и пр.

Все эти виды испытаний дают свою

специфическую информацию об эксплуатируемых трубопроводах, которая воспринимается ремонтниками только после подтверждения ручными средствами дефектоскопии, после соответствующего шурфования, вскрытия определенной трубы. В настоящее время по дефектограмме без вскрытия участка магистралей нельзя назвать дефектную трубу, поскольку трубы обезличены, т.е. не имеют своих номеров (кодов).

Все перечисленные физические методы технической диагностики имеют собственные средства отсчета координат, привязки своих результатов контроля к магистральной трубе, включая устройства систем космической навигации GPS.

В некоторых странах пытаются использовать трубопровод для отчета координат и вводят различные маркеры. При этом трубы остаются обезличенными. Кроме того, каждый из перечисленных видов диагностики получает свои результаты с привязкой к внешним (поверхностным) атрибутам трассы, но не к телу трубопровода, тем более не к конкретной трубе. Поэтому результаты разных видов диагностики трудно сопоставить, возникают спорные ситуации.

Только при нумерации труб (монтажных швов), описанной в технической документации и выведенной на поверхность трассы, отдельные виды диагностики начнут дополнять друг друга, а ремонтники не будут тратить много средств и времени из-за обезличенности труб. Например, по данным внутритрубной диагностики есть опасные дефекты, а ручной НК их не находит, поскольку вскрыли не ту трубу. Ремонтить нечего. Обвиняют обычно диагностов. Причина этой проблемы в неточности разметки, в обезличенности труб.

Все перечисленные виды диагностики дают собственные важные сведения о локальных местах магистрали. Далеко не все выделенные тем или иным видом диагностики места являются недопустимыми для дальнейшей эксплуатации. В то время как эта же зона по другому виду диагностики может оказаться критичной, недопустимой без ремонта. Поэтому важно сравнивать результаты разных видов диагностики. Все многочисленные виды наблюдений за состоянием магистрали станут сопоставимыми друг с другом, если у них будет единая система координат – собственно трубопровод с пронумерованными трубами (монтажными швами).

Введение кодирования (нумерации) труб, кроме сокращения расходов ремонтников, поднимет культуру и ответственность при строительстве магистралей, даст возможность вести наблюдение за конкретными трубами.

Из всех перечисленных видов диагностики наиболее дорогой и наиболее востребованной является внутритрубная, эффективность которой сильно зависит от точности разметки магистрали. Внутритрубные дефектоскопы непрерывно совершенствуются, растут объемы получаемой от них информации. Неоднородности, утонения и другие отклонения от нормы по рекомендациям диагностов после расшифровки дефектограмм должны быть найдены и обсуждены на конкретной трубе. Сейчас интересующую трубу разыскивают по косвенным признакам, например по расстоянию от определенного репера, который визу-

ализируется на дефектограмме и отмечен на поверхности трассы. Расстояние от репера до места шурфления может начисляться сотнями метров. Поэтому вероятность допущения ошибки в определении места раскопа очень высока. На старых трубопроводах, кроме проблемы «ремонтировать нечего», часто возникает не менее опасная другая ситуация – проблема «избыточности». Это происходит, когда ручная дефектоскопия нашла намного больше дефектов. При этом что-то обсудили, и может быть, даже отремонтировали, но не самое опасное место, которое не было раскопано. Кроме того, из-за ошибок при раскопах, из-за обезличенности труб, из-за неуверенности приходится вскрывать большие участки трассы. По этим и другим причинам для строящихся и реконструируемых трубопроводов нужна точная система нумерации (кодирования труб). В настоящее время для разметки магистрали используют разные косвенные системы [11], основанные на применении различных маркерных пластин (рис. 1), располагаемых на теле трубы, реперов, специальных маркерных труб (рис. 2) и т.п. Маркерные знаки на теле трубы лучше, чем поверхностные и космические реперы, но и они не закрывают неопределенности, описанные выше споры.

Так, в а.с. № 1214984 (МПК⁸.F17D3/00, опубл. 28.02.86, Бюл. № 8) предлагается приваривать на трубе индикаторные пластины различных комбинаций, которые определяют ее код. Эти пластины устанавливают со смещением друг относительно друга, как по диаметру, так и по оси, поэтому комбинаций (номеров) получается много. Сейчас трубы поступают в изоляции, поэтому эта система кодирования плохо приживается.

Есть системы разметки, при которых индикаторные пластины, накладки крепятся без приварки с помощью хомутов, бандажей (патент РФ № 2511787 (МПК⁹: F17D5/02, опубл. 10.04.2014). Здесь используются накладки из коррозионностойкого композитного пластического материала с магнитными свойствами. Они удерживаются на теле труб за счет вмонтированных постоянных магнитов. Как и предыдущий, этот способ имеет низкие информативные возможности. Кроме того, магнитные свойства композитного материала ниже, чем стали. Распознаванию маломагнитного композитного маркера мешает и изоляция трубы, поверх которой он крепится.

В работе [11] описана прогрессивная разметка с помощью накладных маркерных пластин (рис. 1), размещенных вдоль трубопровода на стыковых соединениях

отдельных труб и соответствующих реперов на поверхности трассы. Последним достижением в этой серии разметок, более совершенной считается разметка [11] на основе видимых на дефектограмме маркерных труб (рис. 2), изготавливаемых в заводских условиях, располагаемых в магистрали через 1 – 2 км. Для того, чтобы найти дефектную трубу, по поверхности трассы от репера маркерной трубы надо отсчитать расстояние, часто измеряемое сотнями метров. В местах закладки маркерных

труб на поверхности трассы устанавливают специальные метки (реперы). От этого репера по данным дефектограммы осуществляется отсчет расстояния до дефектной трубы трубопровода, что сделать не просто. Поэтому возникают ошибки, зона раскопа, зачистки и ручной дефектоскопии увеличиваются, пока заинтересованные стороны не договорятся и что-то решат. Трубы без номеров!

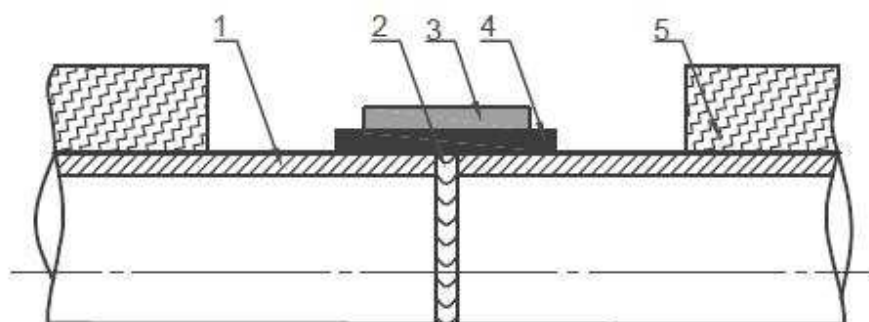


Рисунок 1 – Расположение маркерных пластин на трубопроводе:
1 – стенка трубы; 2 – кольцевой монтажный стык; 3 – хомут; 4 – маркерная пластина; 5 – бетон.

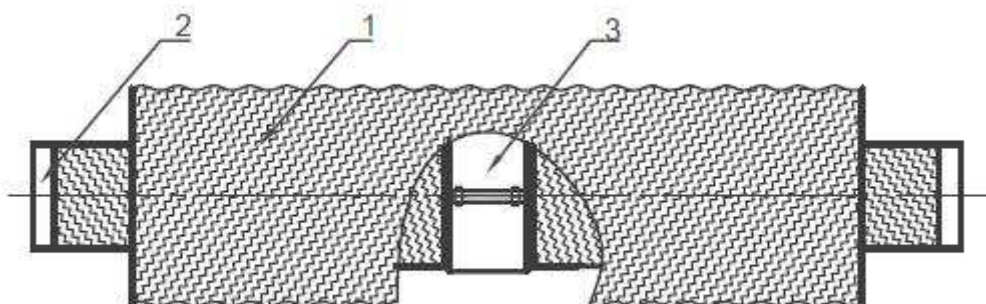


Рисунок 2 – Маркерная труба:
1 – балластное покрытие; 2 – тело трубы; 3 – маркер KD 13229.00.000.

Положение дел может быть исправлено, если все или почти все трубы будут иметь собственные номера (коды), считываемые внутритрубным дефектоскопом, указанные в технической документации и выведенные на поверхность. Покажем, как точная разметка труб может быть выполнена введением простых штриховых или точечных кодовых элементов, хорошо различимых на дефектограмме и

считываемых ручными средствами. Желательно располагать код трубы в зоне монтажного шва перед его изоляцией.

Конструкции элементов штрих-кода или точечного кода с отверстиями должны легко обнаруживаться на дефектограмме внутритрубного дефектоскопа. Все идентификационные признаки кода, его устройство должны быть описаны в

технической документации. Вариантов штриховых и точечных кодов может быть много. В качестве штрих-кодовых элементов в простейшем случае, например для труб малого диаметра, могут быть использованы кодовые бандажи (рис. 3), располагаемые в зоне кольцевого монтажного шва. Для труб больших диаметров штрих-код может быть в виде панели с кодовыми элементами (рис. 4) или пластины с кодовыми отверстиями (рис. 5 – 9). Таким образом, есть три конструктивные возможности формирования кода трубы. Для каждого монтажного шва может быть сформирован код (номер) из определенной комбинации кодовых элементов. Это могут быть бандажи, кодовые элементы панели или отверстия в пластине. Каждая из этих систем имеет свои особенности в изготовлении, считывании и в объемах информации. Проанализируем их. Коды монтажных швов могут повторяться после прохождения естественного артефакта, магистрали отмеченного в технической документации, и имеющего выход на поверхность трассы. В технической документации должен быть заложен вывод информации о нумерации труб на поверхность трассы.

Очевидно, чем чаще располагаются кодовые устройства (бандажи, панели, пластины), тем точнее определение координат мест для начальной и последующих шурфовок. Кодироваться (нумероваться) может каждый (или почти каждый) монтажный шов.

Преимущество штрих-кодов на основе маркерных бандажей – это пригодность для любых диаметров, абсолютная узнаваемость их дефектоскопом. Поскольку кодовый бандаж – это заметное утолщение металла по всей образующей трубы, такой код пропустить нельзя. Не всякое утолщение или утонение металла отмечается датчиками внутритрубного дефектоскопа. Если изменение толщины меньше, чем на 10 % или оно меньше нескольких квадратных сантиметров, то оно будет плохо различимо на дефектограмме. Монтажные кольцевые сварные швы толще, чем основной металл трубы приблизительно на 20 ÷ 30 %. Дополнительное увеличение массы металла за счет маркерного бандажа (вместо маркерной трубы) будет способствовать его выявляемости.

Маркерные бандажи (рис. 3), располагаемые в зоне монтажного сварного шва, изготавливаются из элементов трубного металла и плотно прилегают к поверхности трубы. Они могут быть многоэлементные или ленточные.

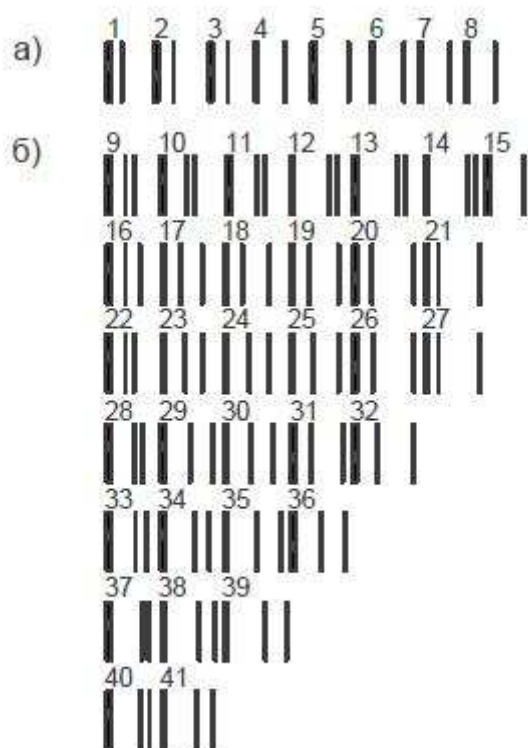


Рисунок 3 – Формирование штрих-кода за счет удаления одного (а) или двух (б) бандажей (тонкая линия) от монтажного шва (жирная линия).

В качестве информативных признаков штрих-кода может быть форма, конструкция элементов бандажа, расстояние его до монтажного шва, расстояние между отдельными элементами бандажей, их форма (рис. 4).

Используя эти признаки, можно обозначить многие сотни стыков.

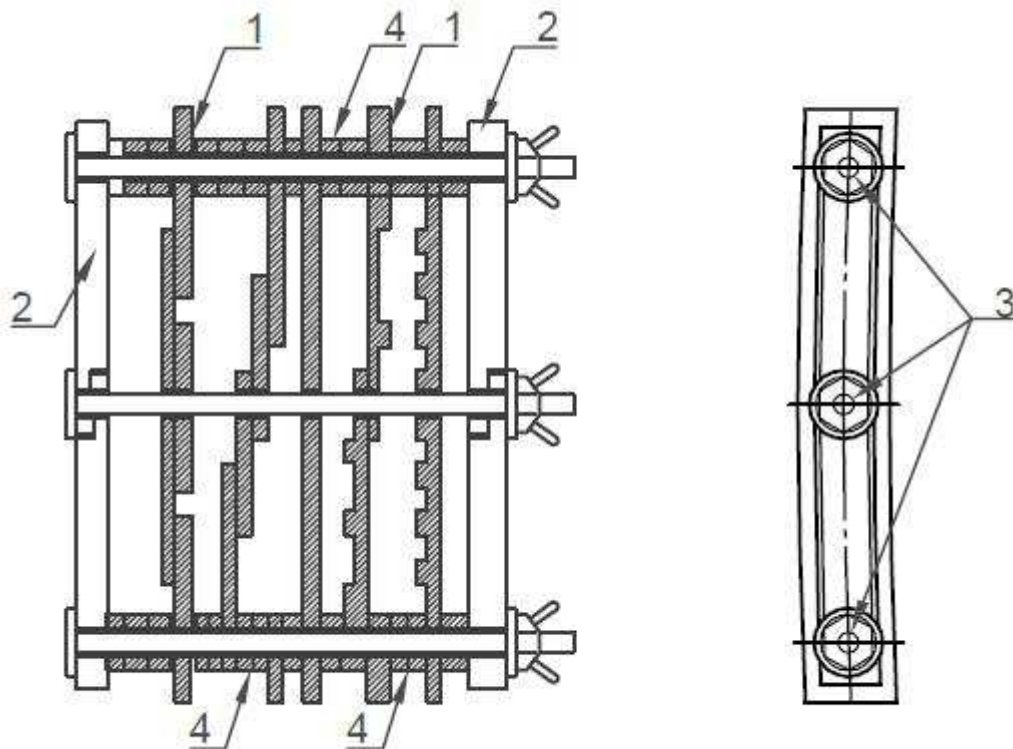
Если такой штрих-код делать на каждый пятый нечетный стык, т.е. через 4 трубы, тогда для участка из 100 труб необходимо разметить только 20 стыков, т.е. 20 вариантов расположения маркировочного бандажа, который можно располагать: 1) справа; 2) слева; 3) плотно к стыку; 4) на удалении от монтажного стыка. В технической документации должны быть описаны правила кодирования.

На рис. 3а показано, как одиночный ленточный бандаж располагается около монтажного шва (м.ш.) на разных расстояниях. Здесь так обозначено 8 монтажных швов, выделенных на рисунке жирными линиями. Тонкая линия – это ленточный или сборный бандаж, расположенный справа от м.ш. Набор штрих-кодов может быть сформирован при

расположении подобных бандажей и слева от м.ш., т.е. по ходу или против направления движения транспортируемого продукта.

На рис. 3б показана разметка м.ш. аналогичная разметке рис. 3а, но с помощью уже двух бандажей. Здесь за счет расстояния между бандажами и м.ш. число обозначений можно существенно увеличить. На рис. 3б их показано 33, а общее число штрих-кодов на рис. 3 составит 41. На рис. 3 одноленточный и двухленточный бандажи находятся справа от м.ш. Такое же их расположение может быть выполнено слева от

м.ш. Тогда общее число штрих-кодов возрастает до 82. Это при длине трубы 12 м позволит обозначить каждую трубу на 984 м трассы. Значительно больше возможностей в формировании штрих-кодов дают не ленточные, а многозвенные сборные бандажи. На рис. 3 исследовано только два признака – число (2) и расстояние. Если, кроме того, ввести учет вариантов конструктивного исполнения штрихового элемента (рис. 4), то число кодов возрастает на порядок.



**Рисунок 4 – Панель штрих-кодов состоящая из 5 разных кодовых элементов, сочетание которых определяет номер трубы:
 1 – кодовые элементы; 2 – щека; 3 – стягивающие шпильки.**

Формирование штрих-кодов должно быть описано в технической документации, где должны быть указаны соответствующие друг другу коды и номера труб (м.ш.) в виде таблиц, подобных табл. № 1, подготовленной для точечного штрих-кода с двумя отверстиями из 15 возможных.

Для труб большого диаметра рекомендуются штрих-кодовые панели (рис. 4), в которых короткие прямые кодовые элементы являются аналогами бандажей.

Рассчитаем сколько вариантов штрих-кода можно получить, когда имеется: 5 и 10 вариантов конструкций элементов, которые могут располагаться вплотную к м.ш. или на некотором расстоянии (2 признака). Маркерные элементы (бандажи) могут располагаться до м.ш. или после м.ш. (2 признака).

Таким образом, в случае 5 вариантов конструкций элементов (бандажей) будет 9 отличительных варьируемых признаков, а в случае 10 вариантов таких признаков будет 14. Подсчитаем число комбинаций (число кодов) для

этих случаях: $A_9^3 = 9 \cdot 8 \cdot 7 = 504$,

$$A_{14}^3 = 14 \cdot 13 \cdot 12 = 2184.$$

Это приблизительно на протяжении 5 км и 22 км трассы даст всем трубам возможность иметь собственные неповторяющиеся номера (коды).

Здесь для расчета комбинаций использована известная формула, где число размещений равно произведению n последовательных целых чисел, из которых наибольшим является m :

$$A_m^n = m(m-1)(m-2)\dots[m-(n-1)].$$

Для того, чтобы убедиться в правильности этих расчетов рассмотрим простую задачу. Не будем учитывать, как бандажи располагаются по ходу продукта или нет. Этот признак не будет учитываться, т.е. признак снимем. Такая упрощенная система дает 12 размещений из четырех признаков a , b , c , d по два:

$A_4^2 = 4 \cdot 3 = 12$. Эти комбинации легко составить: $ab, ba, ac, ca, ad, da, bc, cb, bd, db, cd, dc$.

Физически четыре признака a , b , c , d могут соответствовать: a - бандаж № 1 вблизи м.ш.; b - бандаж № 1 вдали от м.ш.; c - бандаж № 2 вблизи м.ш.; d - бандаж № 2 вдали от м.ш.

Достаточно ввести еще один учитываемый признак, например, понятие учета расположения бандажа до или после м.ш., как число размещений (комбинаций, штрих-кодов) резко возрастает с 12 до $A_6^3 = 6 \cdot 5 \cdot 4 = 120$.

Таким образом, по трем признакам, набираемым из 6 возможных, можно получить 120 обозначений, т.е. в 10 раз больше, чем в предыдущем примере. В последнем расчете было принято только 2 варианта конструкции из штрих-кодowego элемента (бандажа), а их может быть десятки.

Конструктивно штрих-коды могут быть в виде кодовых панелей, состоящих из коротких кодовых элементов различной геометрии (рис. 4). На рис. 4 приведен пример кодовой панели, состоящей из пяти элементов.

Конструктивно панель по рис. 4 представляет набор кодовых элементов, собранных на шпильках с втулками, определяющими дистанцию между штриховыми элементами. Изменяя набор, конструкцию элементов и дистанцию между ними, формируются коды, подобные штрих-кодам из бандажей, изображенным на рис. 3. Система

нумерации может начинаться с использования одного элемента, далее двух, трех однотипных, далее – разных штриховых элементов, подобных таким, какие изображены на рис. 4. Кодовую панель располагают в околошовной зоне монтажного шва перед её изоляцией.

Штрих-кодовая панель по рис. 4 состоит из набора кодовых элементов и вспомогательных деталей: двух щек, втулок и трех стягивающих шпилек, которые для того, чтобы их не было видно на дефектограмме, должны быть выполнены из неферромагнитного металла, должны иметь толщину, диаметры и другие размеры меньше размеров штриховых кодовых элементов. При выполнении этих условий на дефектограмме будут четко видны только штрих-кодовые элементы без вспомогательных деталей кодовой панели.

В целях облегчения понимания логики построения кодов и их нахождения при расшифровке дефектограмм желательно наращивать сложность штрих-кода, т.е. реализовать путь от простого к сложному. Сначала используются простейшие коды, представляющие собой набор кодовых элементов одной конструкции. Далее следуют штрих-коды, в которых сочетаются разнообразные конструкции штриховых элементов. В каждой группе информационных, кодовых элементов должна быть иерархия применимости с учетом читабельности их на дефектограмме. Вариантов штрих-кодов может быть очень много. С целью облегчения понимания, уменьшения переводных в цифру таблиц штрих-коды должны повторяться после естественного артефакта трассы, указанного в документации (отводы, заглушки, наземные сооружения и т.п.). Если прочтение штрих-кодов зависит от направления намагничивания, то для выявления точечных кодов направление намагничивания не имеет значения.

На рис. 5 показано расположение точечной кодовой пластины 1 в зоне пересечения кольцевого монтажного 3 и продольного 4 швов. Вариантов точечных кодов, их конструктивного и смыслового наполнения может быть очень много. Опишем четыре принципиально разные системы построения точечных кодовых обозначений. Все они предполагают наличие ферромагнитной пластины с отверстиями, располагаемой на теле трубы.

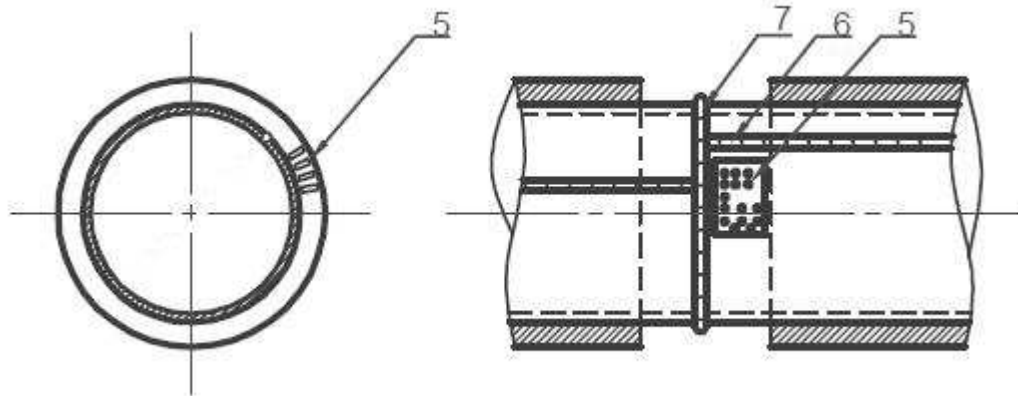


Рисунок 5 – Расположение кодовой пластины (5) в зоне пересечения продольного (6) и монтажного (7) швов.

Формирование штрих-кодовых панелей по рис. 4, их сборка на месте требует определенных интеллектуальных усилий. Значительно проще изготавливать и понимать точечные кодовые панели (пластины) с отверстиями (рис. 6 – 9). Самое простое в точечном коде – это принять (рис. 6), что количество отверстий в пластине равно номеру, т.е. без каких-либо комбинаций. Сколько отверстий, такой и номер. Все просто. Это простейшая возможность получения (рис. 6) номеров. Более сложный вариант – с помощью отверстий написать цифровой номер так, как показано на рис. 7. Если в пластине по рис. 6 отверстия выполнены в произвольном порядке, то на маркерной пластине по рис. 7 изображен цифровой номер, который принадлежит трубе № 9175. И в первом (рис. 6) и во втором (рис. 7) вариантах надо иметь много отверстий, размеры которых должны быть достаточно большими. Такие кодовые пластины возможны для труб большого диаметра.

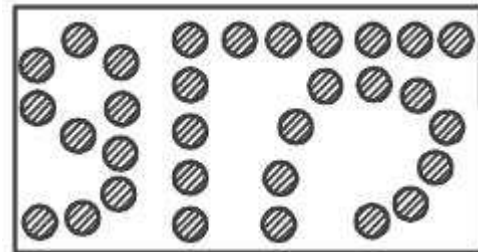


Рисунок 7 – Маркерная пластина, содержащая 55 точек, с форсированным номером из 31 отверстия для трубы № 9175.

Покажем, что выполняя в пластинах **только** 2 – 3 отверстия, можно создавать огромное количество точечных кодов (рис. 8 – 9), которые очень просто изготавливаются. Многочисленность для точечного кода достигается комбинациями всего нескольких отверстий относительно детерминированных точек их расположения.

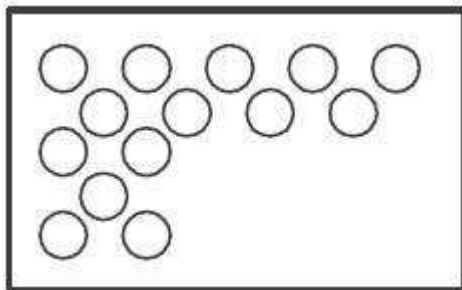


Рисунок 6 – Маркерная пластина с 14 произвольно расположенными отверстиями, число которых соответствует номеру монтажного шва (№14).

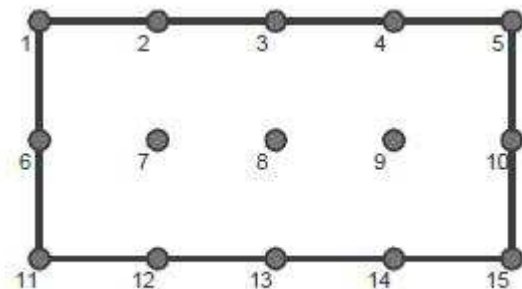


Рисунок 8 – Кодовая пластина на 15 возможных отверстий для 105 или 210 точечных кодов.

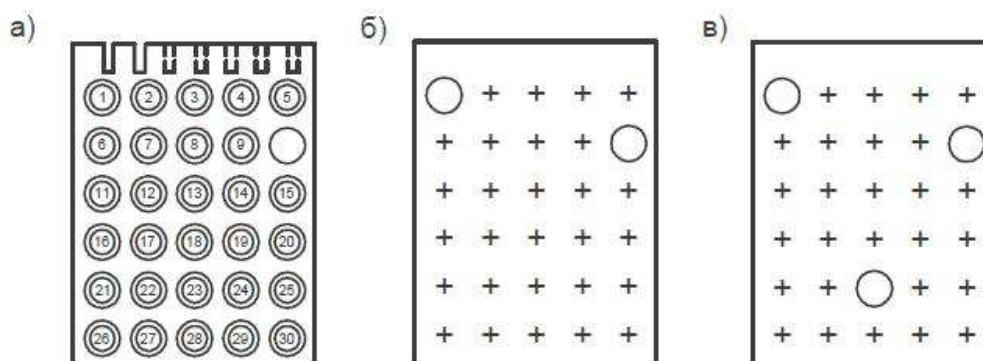


Рисунок 9 – Кодовая пластина: а) – с одним (10) открытым отверстием из 30 возможных и 7-ю возможными прорезами по периферии; б) с двумя и в) тремя открываемыми отверстиями.

На рис. 8 показана небольшая пластина, содержащая 15 точек, в которых могут быть открыты отверстия. С помощью такой пластины, открывая в ней по одному отверстию, можно получить 15 обозначений, а при открывании двух одинаковых отверстий можно получить уже 105 кодов, показанных в табл. 1. Если на этой кодовой пластине отверстия имеют собственные отличительные признаки, например одно из двух отверстий имеет другой диаметр, то число таких кодов удваивается и делается равным 210.

Общее число вариантов из 15 по два подсчитывается по формуле $N = A_m^n = n \cdot (n-1) \cdot \dots \cdot (n-m+1)$. Здесь каждая пластина имеет два разных отверстия.

В том случае, если оба отверстия одного диаметра, т.е. не имеют собственных отличительных признаков, то число кодов

уменьшается в два раза и равно $N = \frac{A_n^m}{n} = 105$.

Они приведены в табл. 1.

Таблица №1 Соответствие номерам труб точечного кода в виде двух одинаковых отверстий на пластине с 15-ю возможными точками для отверстий.

№ мш	Ø n ₁ -n ₂	№ мш	Ø n ₁ -n ₂	№ мш	Ø n ₁ -n ₂	№ мш	Ø n ₁ -n ₂	№ мш	Ø n ₁ -n ₂	№ мш	Ø n ₁ -n ₂	№ мш	Ø n ₁ -n ₂
1.	1-2	17.	2-5	33.	3-9	49.	4-14	65.	6-11	81.	8-12	97.	11-13
2.	1-3	18.	2-6	34.	3-10	50.	4-15	66.	6-12	82.	8-13	98.	11-14
3.	1-4	19.	2-7	35.	3-11	51.	5-6	67.	6-13	83.	8-14	99.	11-15
4.	1-5	20.	2-8	36.	3-12	52.	5-7	68.	6-14	84.	8-15	100.	12-13
5.	1-6	21.	2-9	37.	3-13	53.	5-8	69.	6-15	85.	9-10	101.	12-14
6.	1-7	22.	2-10	38.	3-14	54.	5-9	70.	7-8	86.	9-11	102.	12-15
7.	1-8	23.	2-11	39.	3-15	55.	5-10	71.	7-9	87.	9-12	103.	13-14
8.	1-9	24.	2-12	40.	4-5	56.	5-11	72.	7-10	88.	9-13	104.	13-15
9.	1-10	25.	2-13	41.	4-6	57.	5-12	73.	7-11	89.	9-14	105.	14-15
10.	1-11	26.	2-14	42.	4-7	58.	5-13	74.	7-12	90.	9-15		
11.	1-12	27.	2-15	43.	4-8	59.	5-14	75.	7-13	91.	10-11		
12.	1-13	28.	3-4	44.	4-9	60.	5-15	76.	7-14	92.	10-12		
13.	1-14	29.	3-5	45.	4-10	61.	6-7	77.	7-15	93.	10-13		
14.	1-15	30.	3-6	46.	4-11	62.	6-8	78.	8-9	94.	10-14		
15.	2-3	31.	3-7	47.	4-12	63.	6-9	79.	8-10	95.	10-15		
16.	2-4	32.	3-8	48.	4-13	64.	6-10	80.	8-11	96.	11-12		

Например, для обозначения м.ш., имеющего номер 47, согласно табл. 1, на кодовой панели должны быть открыты четвертое и двенадцатое отверстия и т.д., и т.п.

На рис. 9 показана кодовая пластина в два раза большего размера, чем по рис. 8, в которой может быть открыто в два раза больше отверстий (30), чем в пластине по рис. 8. Причем отверстия могут быть разных и равных диаметров. Если в такой пластине открывать только по одному отверстию одного диаметра, то так можно обозначить только $N_1^1=30$ м.ш., а если их открывать по два отверстия (рис. 9б) одного диаметра, то $N = A_{30}^2 = 435$, если разного диаметра, то $N_{30}^2 = A_{30}^2 = 870$. Если аналогично открывать по три отверстия (рис. 9в) разных диаметров, то число кодов будет $N_{30}^3 = 24360$. Это уже слишком много. Так можно обозначить все трубы в магистрали протяженностью $24.360 \times 12 = 292.320$ м \approx 300 км. Для облегчения понимания использования точечных кодов избыточность возможностей желательно уменьшить, например, все отверстия делать одного диаметра. Тогда $N_1=30$; $N_2=435$; $N_3=8120$ (~ 97 км).

Как видно из этих цифр, система точечных кодов с количеством открываемых отверстий более 3 для трубных задач избыточна. С расширением возможностей усложняется понимание точечных кодов. Лучше сделать акцент на периодической повторяемости простых кодов с одним или двумя штриховыми элементами или одним или двумя отверстиями после естественного артефакта магистрали.

Добавить информативности можно простыми вспомогательными возможностями. Например, введением прорезей, показанных на верхней кромке кодовой пластины (рис. 9а), или изменением детерминированного места расположения кода, что также является легким для понимания отличительным признаком.

Таким образом, из трех рассмотренных систем простейшими являются точечные коды на основе отверстий в кодовой пластине, которые могут быть в следующих исполнениях:

- 1) произвольно расположенные отверстия (рис. 6), количество которых определяет номер;
- 2) цифровое изображение (рис. 7) в виде арабских (1, 2, 3. ...) или римских (I, II, III, ...) цифр;
- 3) комбинации 2 или 3 отверстий (рис. 9б, 9в);
- 4) посредством одного кодового отверстия, местоположение которого определяет номер (рис. 9а).

Проектант должен выбирать одну из четырех перечисленных точечных кодовых систем.

Самый упрощенный (рис. 9а) способ предполагает открытие по одному отверстию разного диаметра и использование ряда прорезей на периферии пластины. На рис. 9а показаны два возможных диаметра и семь прорезей по верхней периферии кодовой пластины.

Боковые прорези, количество которых соответствует номеру участка трубопровода, являются вспомогательным информативным признаком и могут быть использованы для дополнительного обозначения огромного количества труб. Есть еще один простейший дополнительный информационный признак. Это смещение детерминированного расположения кодовых пластин в зоне монтажного шва. Кодовые пластины (панели) могут быть расположены на разных расстояниях от продольного шва. По участкам их можно смещать, например, на величину, кратную 30^0 (т.е. на 60^0 , 90^0 , 120^0 и т.д.). После исчерпания основных и дополнительных идентификационных возможностей все повторяется. Это самая простая система кодирования. Чем точнее и проще в понимании система кодирования, тем легче будет реализовывать результаты дешифровки дефектограмм и принимать решение по реальной ситуации, связанной с эксплуатацией конкретной трубы, сопоставлять результаты разных видов диагностики. Все виды диагностики будут привязывать свои результаты к конкретным трубам, научатся пользоваться трубопроводом как осью координат, которая может быть представлена и в системе GPS-навигации.

Требования к точности систем разметки трубопроводов будут возрастать с ростом культуры эксплуатации. Точная разметка облегчит преодоление спорных ситуаций, возникающих на магистральных трубопроводах в течение многолетнего периода их эксплуатации.

Четкая система разметки труб, изложенная в техдокументации, сократит эксплуатационные расходы, время для профилактики и ремонта, будет способствовать повышению качества использования разных видов работ. Используя вспомогательные конструктивные признаки кодовых устройств и повторяемость, сплошное кодирование всех труб становится легко реализуемым. Достаточное кодирование может быть достигнуто с помощью двух или трех отверстий, двух или трех штрих-кодовых

элементов. Трубы с отклонениями от нормы должны быть отремонтированы или продолжительно наблюдаться доступными средствами диагностирования. С ростом продолжительности эксплуатации точная разметка трубопроводов будет становиться все более актуальной.

1. Абакумов А.А., Абакумов М.Л. *Магнитная диагностика газонефтепроводов.* – М.: Энергоатомиздат, 2001., 440 с. 2. Патон Б.Е., Троицкий В.А. *Основные направления работ ИЭС им.Е.О.Патона в совершенствовании неразрушающего контроля сварных соединений.* – *Материалы 8-й Национальной конференции УкрNDT-2016*, с. 8-28. 3. Цих В.С., Яворский А.В. *Электромагнитный контроль изоляции подземных трубопроводов с поверхности земли.* – *Материалы 8-й Национальной конференции УкрNDT-2016*, с. 206-207. 4. Джала Р.М., Вербенець Б.Я., Мельник М.І. *Нові методи контролю ПКЗ підземних трубопроводів за вимірами струмів і потенціалів.* – *Материалы 8-й Национальной конференции УкрNDT-2016*, с. 236-239. 5. Дубов А.А. *Магнитометрическая диагностика подземных трубопроводов.*

www.energodiagnostika.ru. 6. ДСТУ 4219-2003. *Трубопроводи сталеві магніс ральні. Загальні вимоги по захисту від корозії.* – Київ, Держспоживстандарт України. 2003. – 68 с. 7. Клюев В.В. (ред.), Мужичкий В.Ф., Горкунов Э.С., Щербинин В.Е. *Неразрушающий контроль. Справочник в 8 томах, 2010. Книга I.* Москва, изд-во «Спектр». 8. Троицкий В.А. *Магнитопорошковый контроль сварных соединений и деталей машин.* К., 2002, изд-во «Феникс», 300 с. 9. А.С. № 1214984, МПК⁸:F17D3/00, опубл. 28.02.86. 10. Патент РФ № 2511787, МПК⁹:F17D5/02, опубл. 10.04.2014. 11. Коваленко А.Н. *Системы определения местоположения дефектов на трубопроводе/ Контроль и диагностика, № 2, 2016, с. 27-35.*

Поступила в редакцію 18.05.2017.

Рекомендована до друку : докт. техн. наук, проф. Карпаш О. М., докт. техн. наук, проф. Олійник А. П.