**Цель:** определение по толщине стенки глубины дефекта «потеря металла» расположенного на внутренней поверхности трубы (потеря металла - локальное уменьшение толщины стенки трубы).

**Проблематика:** датчик принимает несколько отраженных сигналов. Необходимо корректно определить сигнал, который пришел от внутренней поверхности стенки трубы и сигнал, который пришел от внешней поверхности.

**Исходные данные:** набор .csv файлов, содержащих диагностические данные трубной секции с дефектами, информацию о положении дефекта, информацию о трубной секции.

**Ожидаемый результат:** алгоритм, позволяющий определить глубину дефекта «потеря металла», расположенного на внутренней поверхности трубы. Реализация данного алгоритма предпочтительно на языке программирования С# для возможности апробации.

**Принцип работы ультразвуковой секции WM внутритрубного инспекционного прибора (ВИП)**

При прохождении по трубопроводу ультразвуковая секция WM обеспечивает измерение толщины стенки трубных секций трубопровода, измерение расстояния от излучающей поверхности УЗ-датчиков до внутренней поверхности трубы, привязку дефекта (особенности) по дистанции трубопровода и по угловому положению в сечении трубы.

Принцип работы ультразвуковой секции WM основан на измерении времени прохождения отраженных от внутренней и внешней поверхностей стенки трубы ультразвуковых сигналов, а именно:

– промежуток времени от момента излучения ультразвукового импульса до приема первого отраженного сигнала преобразуется в расстояние от датчика до внутренней поверхности стенки трубы – отступ (SO);

– промежуток времени от приема первого отраженного сигнала до приема второго сигнала, отраженного от внешней поверхности стенки трубы, преобразуется в толщину стенки (WT).

Полоз носителей датчиков

Ультразвуковые датчики

Жидкость (нефть/  
нефтепродукт)

Первичная излученная волна

Отраженные волны от внутренней и внешней поверхностей стенки трубы

Отступ датчика от стенки

Толщина стенки трубопровода

Рисунок 1 – Схема иммерсионного метода ультразвукового диагностирования

Для измерения толщины стенки (WT) и отступа (SO) используется метод иммерсионного ультразвукового импульсного отражения (ультразвуковой локации). Метод основан на особенностях распространения ультразвукового импульса в жидких и твердых средах, а также его отражения от границы раздела сред. Излучение и прием ультразвуковых колебаний производится акустическими пьезопреобразователями (УЗ-датчиками).

УЗ-датчики располагаются по всей окружности трубы группами, по нескольку датчиков в группе, на специальных полозах в секции носителя датчиков дефектоскопа. Конструкция полоза обеспечивает расположение излучающей (принимающей) поверхности УЗ-датчика на некотором удалении (отступе) от внутренней поверхности трубы, таким образом, чтобы ультразвуковой импульс от УЗ-датчика был направлен перпендикулярно внутренней поверхности трубы. Полость между датчиком и трубой заполнена перекачиваемой по трубопроводу жидкостью. Ультразвуковой импульс от УЗ-датчика распространяется по жидкости до стенки трубопровода. После частичного отражения от внутренней и внешней поверхностей стенки трубы, которые являются границами раздела сред, ультразвуковые волны достигают УЗ-датчика и преобразуются им в электрические колебания.

В процессе генерации запускающего импульса и приема отраженных сигналов электронная аппаратура дефектоскопа измеряет по каждому УЗ-датчику и записывает интервал времени между фронтом излученного импульса и фронтом принятого отраженного сигнала от поверхности трубопровода, а также амплитуду принятого сигнала.

Процесс опроса УЗ-датчиков (сканирования) организован таким образом, что после перемещения дефектоскопа по оси трубопровода на каждые 3,3 мм запускается процесс сканирования всеми датчиками дефектоскопа. Измерения осуществляются последовательно по всем датчикам внутри группы и параллельно во всех группах датчиков. Результаты измерений накапливаются и передаются в бортовое запоминающее устройство.

Длина выявленных дефектов (особенностей) определяется как расстояние вдоль оси трубы между наиболее удаленными точками совокупности измерений, составляющих выявленную дефектную зону.

Ширина выявленных дефектов (особенностей) определяется как расстояние между наиболее удаленными в кольцевом направлении датчиками ультразвуковой секции WM, зафиксировавшими выявленную дефектную зону.

Полученные в результате пропуска ультразвуковой секции WM данные внутритрубного диагностирования (УЗ-данные тип WM) позволяют определять параметры дефектов (особенностей) трубопровода – длину, ширину, глубину, угловое положение, положение дефекта в стенке трубы (внешний, внутренний или внутристенный дефект).

**Описание набора .csv файлов**

Описание формата csv приведено в <https://ru.wikipedia.org/wiki/CSV>.

Кодировка - текстовый формат UTF-8. В случае, если значение поля таблицы отсутствует указывается символом «--» (двойное тире). Разделитель в данных типа float: «.» (точка). Разделитель между колонками таблиц: «;» (точка с запятой).

Набор .csv файлов состоит из 3-х файлов.

1. run1\_WM32\_data.csv – записанные данные показаний ультразвуковых датчиков.

Данные с записанными показаниями ультразвуковых датчиков хранятся в виде таблицы в которой:

* *row* - номер строки начиная с 0 (номер скана начиная с 0);
* *position* - координата прибора вдоль трубы (номер скана);
* *detector\_n* - показания датчика № n в виде пар значений времени детекции и амплитуды сигнала, где пары значений разделены запятой, а время и амплитуда разделены двоеточием "time1:amplitude1, time2:aplitude2, ...".

1. run1\_WM32\_pipe.csv – таблица трубных секций (для каждого типа датчиков), в которой:

* *sect\_num –* номер секции;
* *sect\_type –* тип секции;
* *row\_min –* координата (строка) начала секции;
* *row\_max –* координата (строка) конца секции;
* *detector\_seam1* – координата (детектор) первого продольного шва или примыкания спирального в начале секции;
* *detector\_seam2* – координата (детектор) второго продольного шва или примыкания спирального в конце секции;
* *average\_wt* – толщина стенки трубной секции.

1. run1\_ WM32\_defects.csv – таблица дефектов (для каждого типа датчиков), в которой:

* *defect –* порядковый номер (id) дефекта;
* *row\_min –* координата (строка) левой границы дефекта;
* *row\_max –* координата (строка) правой границы дефекта;
* *detector\_min –* координата (детектор) верхней границы дефекта;
* *detector\_max –* координата (детектор) нижней границы дефекта;
* *fea\_num –* номер дефекта (доп.номер указываетсяв скобках);
* *fea\_desc –* описание дефекта;
* *fea\_type –* расположение дефекта (внешний, внутренний, внутристенный, не определенный);
* *fea\_dist –* дистанция от начала движения ВИП до начала дефекта;
* *sect\_num –* номер секции, в которой расположен дефект;
* *sect\_dist –* дистанция от начала секции до начала дефекта;
* *fea\_length –* длина дефекта в мм;
* *fea\_width –* ширина дефекта в мм;
* *clck\_start –* угловое положение начала дефекта;
* *fea\_depth –* глубина дефекта в мм;
* *remark –* примечание.