

РАДИОВОЛНОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Д.Ш. Шабуров

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Шиян В.П., к. ф-м.н., доцент кафедры физических методов и приборов контроля качества

Диагностика технического состояния газопроводов, включающая в себя: контроль качества сварных швов, выявление коррозионных повреждений, содержит и такую важную составляющую, как обнаружение зародившихся и развивающихся сквозных дефектов (трещин), приводящих к утечке продукта и крупным катастрофам.[1].

Наиболее часто встречаются сквозные дефекты, имеющие небольшие размеры, например $12 \cdot 0,2$ мм, $10 \cdot 0,2$ мм, $25 \cdot 0,2$ мм, однако, при утечке через сквозной дефект газа с большой скоростью (до сотен метров в секунду) может возникнуть лавинный процесс разрушения газопровода. Протяженность дефекта может составлять сотни и даже тысячи метров.

Это подтверждает актуальность проблемы своевременного и достоверного обнаружения дефектов в газопроводах и их устранения на начальной стадии возникновения.

Практически необходимо иметь непрерывный контроль состояния трубопроводов (продуктопроводов), особенно вблизи населенных пунктов, железнодорожных переездов, промышленных, густонаселенных и других народно-хозяйственных объектов.

Для решения данной проблемы мы предлагаем использовать метод радиоволновой дефектоскопии. Суть метода заключается в возбуждении в трубе электромагнитного СВЧ излучения с последующим приемом его из щели [2].

Структурная схема лабораторного макета радиоволнового дефектоскопа представлена на рис. 1.

Принцип работы радиоволнового дефектоскопа заключается в следующем: СВЧ импульс длительностью 10 нс и несущей частотой 10 ГГц от генератора 2 через циркулятор 4 поступает в трубопровод-волновод.

При распространении СВЧ-импульса по трубопроводу со сквозным дефектом часть энергии излучается в свободное пространство через дефект. Излученный из щели СВЧ-импульс является информативным параметром, определяющим наличие дефекта. Сигнал принимается приемной антенной, детектируется, усиливается и подается на скоростной осциллограф. По временной задержке излученного импульса относительно момента запуска развертки осциллографа определяется местопо-

ложение дефекта при известной скорости распространения СВЧ-импульса в трубопроводе с рабочей средой.

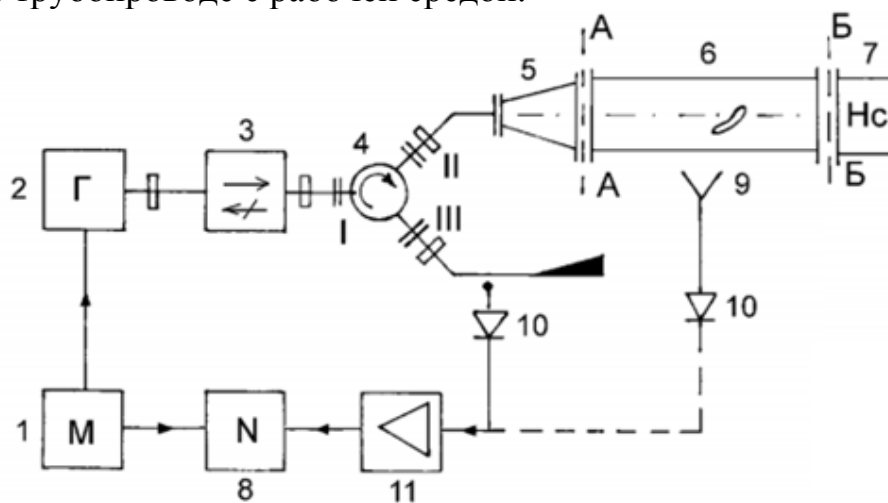


Рис. 1. Структурная схема лабораторного макета радиоволнового дефектоскопа: 1 – модулятор; 2 – СВЧ-генератор; 3 – вентиль; 4 – циркулятор; 5 – трансформатор типа волны; 6 – трубопровод; 7 – согласованная нагрузка; 8 – скоростной осциллограф; 9 – приемная антенна; 10 – СВЧ-детектор; 11 – усилитель

Для демонстрации работоспособности метода и оценки его потенциальных возможностей был разработан лабораторный макет радиоволнового дефектоскопа, схема представлена на рис. 2.



Рис. 2. Лабораторный макет радиоволнового дефектоскопа

Имитатором трубопровода служила труба диаметром $D = 76$ мм, длиной $L = 1000$ мм, нагруженная на согласованную нагрузку.

Для оценки эффективности ввода СВЧ-энергии в волноводный тракт были произведены измерения его параметров согласования, КСВ и Γ .

Параметры согласования (КСВ) устройства ввода СВЧ-энергии в трубопровод были измерены с помощью установки, схема которой представлена на рис. 3.

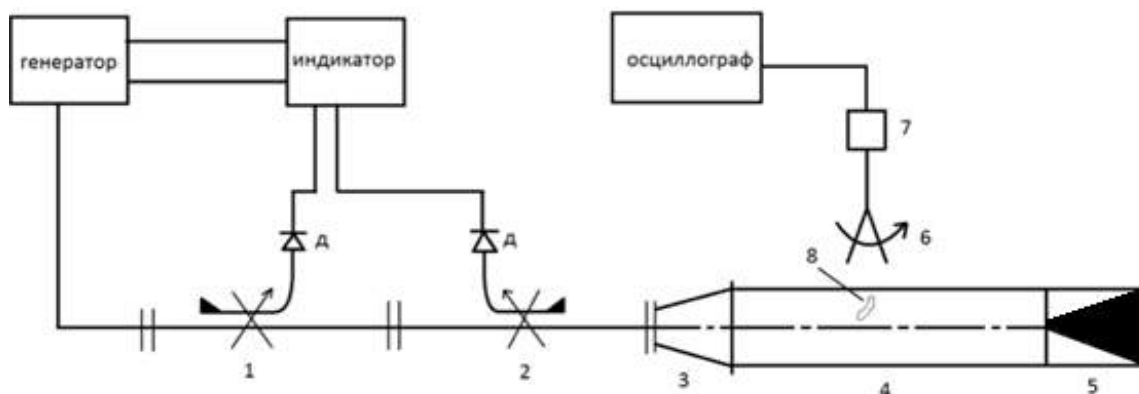


Рис. 3. Схема измерительной установки: 1, 2 – направленный ответвитель; Д – детектор; 3 – преобразователь типа волны; 4 – имитатор трубопровода; 5 – согласованная нагрузка; 6 – рупорная антенна; 7 – ВЧ-усилитель; 8 – дефект (щель)

На рабочей частоте 10 ГГц измеренное значение КСВ составила $\rho = 1,5$.

С учетом полученного значения КСВ, определен коэффициент отражения:

$$|\Gamma| = \frac{\rho - 1}{\rho + 1} = \frac{1,5 - 1}{1,5 + 1} = 0,2.$$

По данному значению коэффициента отражения, была найдена отраженная мощность $P_{отр}$:

$$P_{отр} = P_{пад} \cdot |\Gamma|^2 = 100 \% \cdot |\Gamma|^2 = 100 \% \cdot 0,04 = 4 \%.$$

Полученный результат подтверждает довольно хорошее согласование волноводного тракта макета.

Для определения чувствительности метода был проведен эксперимент по оценке уровня мощности сигналов, излучаемых щелью. Полученный результат для щели, расположенной вдоль оси трубы (горизонтально) представлен в табл. 1.

Результаты измерения получены при мощности генератора $P_{ген} = 5$ мкВт и коэффициенте усиления 50 дБ усилителя 7.

Параметры дефекта

	Длина щели, мм	Расстояние от щели до ан- тенны, мм	Сигнал, мВ	Коэффициент усиления, дБ
Горизонтальная щель	50	60	16	50

Результаты, полученные на лабораторном макете, подтверждают работоспособность метода и могут быть использованы, в качестве исходных данных, для проектирования полевого варианта радиоволнового дефектоскопа.

Список информационных источников

1. Технические средства диагностирования: Справочник / В.В. Клюев, П.П. Пархоменко, В.Е. Абрамчук и др. / под общей ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1983. – 672 с.
2. Арзин А.П., Жуков В.Л., Левин С.Ю., Овчинников В.П., Саяпин А.Ф., Фетисов Г.О., Шиян В.П., Штейн Ю.Г. Патент РФ №2020467 от 03.07.91 г. Способ обнаружения сквозных дефектов в трубопроводах.