

областью. Зона с поврежденным лакокрасочным покрытием не дала объективного результата из-за сильного отражения в местах оголенного металла, а так же область с глянцевым покрытием не показала ожидаемый результат. Зона с матовым покрытием показала самый объективный результат, так как коэффициент отражения равен 0.96.

### **Список информационных источников**

1. В.П. Вавилов Инфракрасная термография и тепловой контроль. – М.: ИД Спектр, 2009.-544с.
2. В.П. Вавилов Тепловые методы неразрушающего контроля: Справочник. М.: Машиностроение, 1991. – 264 с.
3. Вавилов В.П., Гринцато Э., Бизон П., Маринетти С. Обнаружение коррозии в стальных изделиях с помощью динамической ИК термографии // Дефектоскопия. 1994, № 9. – С. 56-65.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ИНОРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ТРУБОПРОВОДАХ**

*Стаднюк Е.И.*

*Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Шиян В.П., к. ф.-м.н., доцент кафедры  
физических методов и приборов контроля качества*

В ходе технического обслуживания магистральных трубопроводов нередко затруднения эксплуатации, вызванные нарушением полнопроходного сечения.

Полная или частичная закупорка трубопровода может произойти по следующим причинам:

- 1.застревания очистных устройств и автономных приборов диагностики, движущихся с потоком нефти;
- 2.образования ледяных пробок вследствие замерзания скопившейся в низких местах воды, попавшей в трубопровод при строительстве;
- 3.накопления большого количества парафиновых или полимерных отложений;
- 4.отложения кристаллогидратов (газогидратов) в газопроводах, образующихся при наличии влаги в газе при определенном давлении и температуре.

Известен ряд способов получения информации о состоянии линейной части магистрального трубопровода: устройства для контроля со-

стояния проходного сечения трубопровода, использование внутритрубных инспекционных снарядов с ультразвуковыми датчиками и т. д.

Указанные способы, обладая высокой информационной ценностью, не позволяют получать информацию о состоянии магистрального трубопровода в совокупном виде (обо всех возможных недостатках объекта и обладают низкой оперативностью).

Для решения задачи определения местоположения инородных объектов в трубопроводах мы предлагаем использовать метод радиоимпульсной рефлектометрии. Суть метода состоит в зондировании линии передачи (волновода) сверхвысокочастотным (СВЧ) импульсом наносекундной длительности с последующей фиксацией времени прохода отраженного от неоднородности импульса к входному концу волновода.

Применительно к нашей задаче волноводом является трубопровод. Отражение СВЧ импульса от инородного объекта происходит за счет разницы электрофизических параметров ( $\epsilon$ ,  $\text{tg}\delta$ ) рабочей среды газопровода и инородного объекта.

Главным информативным параметром данного метода является интервал времени  $\Delta t$  пробега СВЧ импульса до инородного объекта и обратно.

Зная скорость распространения СВЧ импульса по трубе ( $\approx 0,3$  м/нс), можно определить расстояние от точки ввода СВЧ импульса в трубу до объекта по простой формуле

$$l_x = \frac{\Delta t \cdot V}{2}, \quad (1)$$

где  $V$  – скорость распространения СВЧ импульса по трубе.

После проведения несложных расчетов по формуле, приведенной выше, ясно, что порядок измеряемых временных интервалов составляет наносекунды. Например, для обнаружения инородного объекта на расстоянии 100 м, время двойного прохода СВЧ импульса составляет  $\approx 650$  нс.

От правильного измерения временного интервала зависит точность обнаружения инородных объектов в трубопроводах.

Существуют различные методы измерения временных интервалов наносекундной длительности. Мы рассмотрим один из наиболее распространенных – нониусный метод.

Нониусные измерители временных интервалов позволяют уменьшить погрешности начала  $\Delta t_1$  и конца  $\Delta t_2$  счёта. Однако в большинстве приборов счётные импульсы синхронизированы с началом временного интервала, поэтому уменьшается лишь погрешность конца счёта.

На рисунке 1 приведена функциональная схема измерителя интервалов времени с нониусным методом уменьшения погрешности  $\Delta t_2$  и с синхронизацией стартового импульса ( $\Delta t_1 = 0$ ).

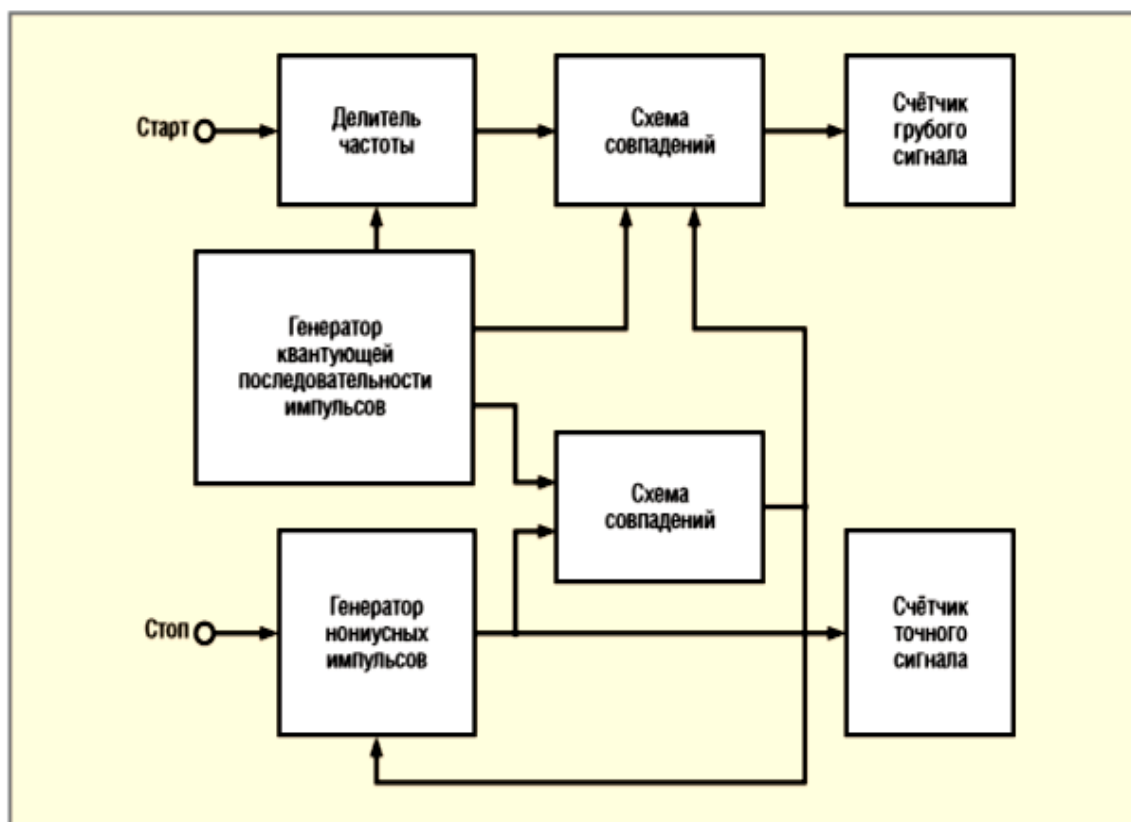


Рис. 1. Функциональная схема измерителя временных интервалов

Схема работает следующим образом. Импульсы с генератора квантующей последовательности поступают на входы схем совпадения и на вход делителя частоты. Делитель частоты формирует импульсы, синхронные с квантующей последовательностью и служащие для запуска исследуемых устройств. Одновременно импульсы делителя открывают схему совпадения, выходные импульсы которой регистрируются счётчиком грубого отсчёта. Генератор нониусных импульсов запускается стоповым импульсом. Генерируемые им импульсы с периодом  $t_n = (n-1)/n$ , где  $n$  – целое число, поступают на другой вход схемы совпадений и одновременно регистрируются счётчиком точного отсчёта. Через некоторый промежуток времени, зависящий от длительности ( $t_0 - \Delta t_2$ ) (см. рис. 2), происходит совпадение импульсов квантующей и нониусной последовательностей, и схема совпадения блокирует генератор нониусных импульсов. Очевидно, что количество импульсов, зарегистрированных счётчиком, пропорционально длительности интервала ( $t_0 - \Delta t_2$ ).

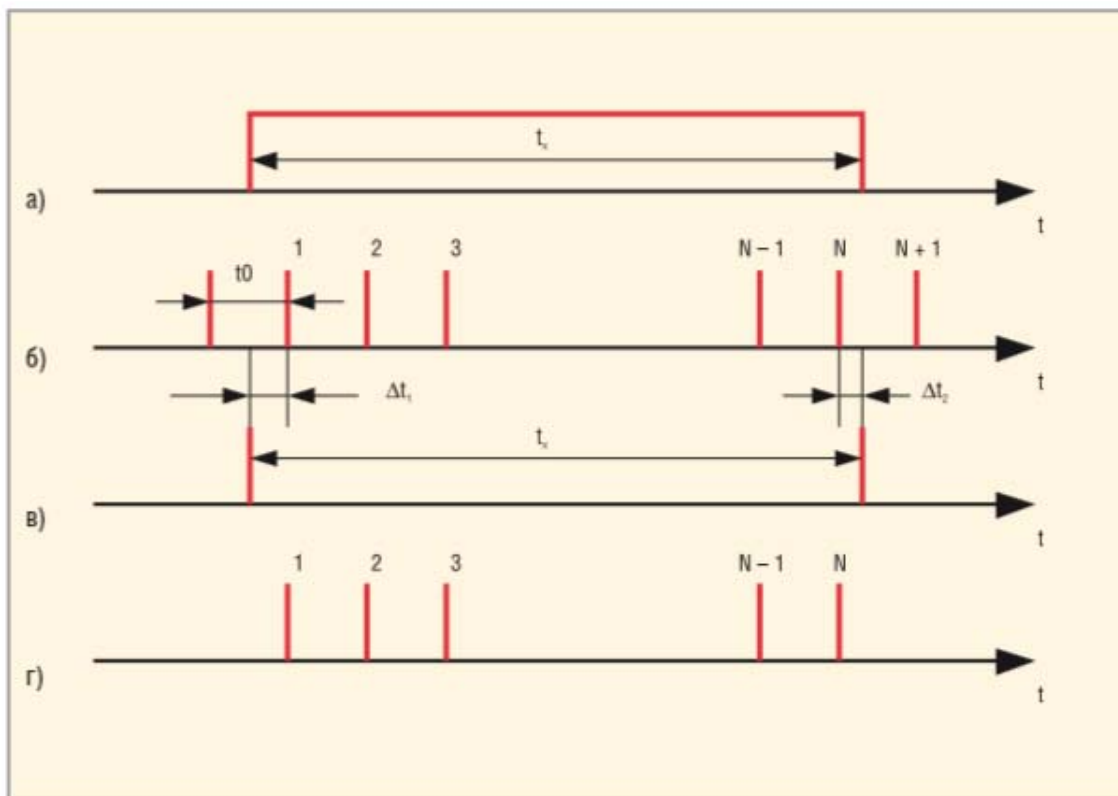


Рис. 2. Временная диаграмма метода последовательного счёта  
а – управляющий импульс; б – импульсы квантующей последовательности; в – импульсы, определяющие начало и конец измеряемого интервала; г – импульсы на выходе селектора

Измеренный интервал  $t_x$  можно выразить в виде:

$$t_x = (N - N_n) \cdot t_0 + N_n \cdot \Delta t_n,$$

где  $N$  – показания счётчика грубого отсчёта;

$N_n$  – показания счётчика точного отсчёта;

$\Delta t_n$  – шаг нониуса, равный  $t_0/n$ .

Абсолютная погрешность нониусного метода может быть сведена к  $10^{-9}$  с.

### Список информационных источников

1. Техника и приборы СВЧ. Под ред. академика Н.Д. Девяткова. Учебник для студентов вузов по специальности «Электронный прибор», М., «Высш. школа», 1970. 440 стр. с илл.

2. К.А.Коровин, В.П.Шиян СВЧ-метод определения местоположения инородных объектов в газопроводах // Спецвыпуск журнала «Репутация качества»: Материалы XII Международной научно-практической конференции «Качество-стратегия XXI века». Томск: издательство ТПУ, 2007. – 71 стр.