

МАГНИТНЫЙ ИНТРОСКОП ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОБОЛОЧКОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ НЕФТЯНОЙ И НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Вильданов Р.Г.

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Салаватский филиал

В Салаватском филиале УГНТУ разработан лабораторный макет магнитного дефектоскопа для контроля оболочковых конструкций.

Блок–схема интроскопа представлена на рисунке 1. Интроскоп содержит электромагнит 1, помещаемый на контролируемое изделие, с намагничивающей 2 и измерительной 3 обмотками, фазовый детектор 4, управляемый генератор 5 гармонических колебаний, последовательно соединенные измерительный блок 6, блок сравнения 7, блок индикации 8, блок сигнализации 9, блок управления 10.

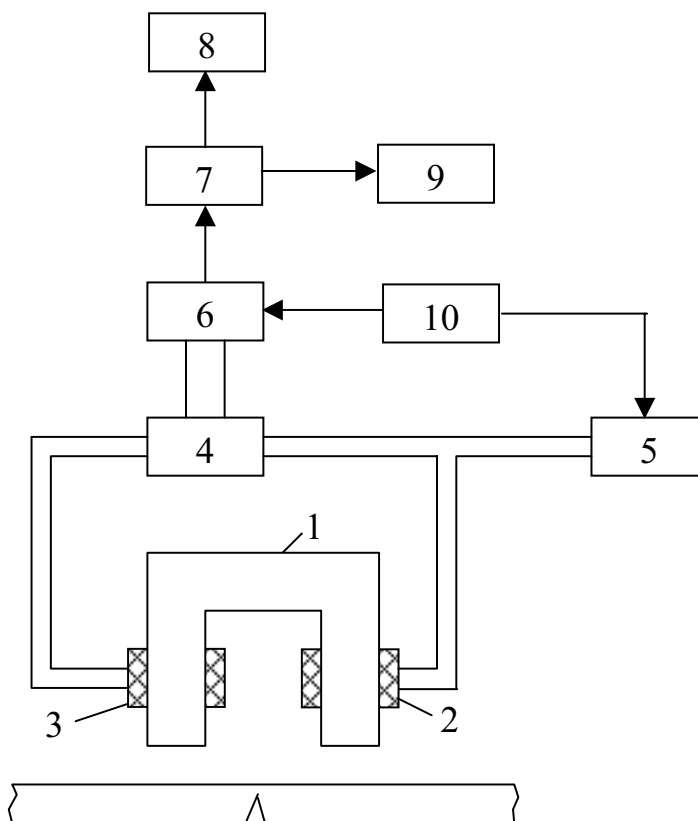


Рисунок 1 – Блок– схема магнитного интроскопа

Датчик интроскопа представляет собой приставной электромагнит П– образного типа с двумя полюсами или стержневой электромагнит с одним полюсом и двумя обмотками: возбуждения и измерительной. К обмотке возбуждения подводится переменное напряжение от управляемого генератора опорных частот, а напряжение измерительной обмотки обрабатывается амплитудным или фазовым методом. Интроскоп является двухканальным: один канал является рабочим, а второй – образцовым. Образцовый канал предназначен для формирования опорного сигнала. В фазовом детекторе 4 сравниваются фазы сигналов рабочего и образцового каналов и формируется сигнал, пропорциональный фазовому сдвигу. Этот сигнал обрабатывается в измерительном блоке 6 и подается в блок сравнения 7, где сравнивается с заданием, вырабатываемым блоком сигнализации 9. При превышении сигналом измерительного блока над заданием срабатывает звуковая и световая сигнализация, предупреждающая о наличии дефекта или о других отклонениях.

Фазовый сдвиг выходного тока, а следовательно и выходного напряжения, обусловлен двумя факторами:

- уменьшением угла φ между векторами напряжения и тока в обмотке возбуждения на величину $\Delta\varphi_1$, вследствие чего вектор тока в обмотке возбуждения поворачивается против часовой стрелки, что приводит к повороту вектора выходного тока часовой стрелки;
- уменьшением потерь в изделии, что приводит к повороту вектора тока холостого хода по часовой стрелке на угол $\Delta\varphi_2$.

$$\Delta\varphi_1 = \operatorname{arctg} \frac{\Delta L}{L} = \operatorname{arctg} \frac{L - L'}{L}, \quad (1)$$

где L – индуктивность обмотки возбуждения

$$L = \frac{W_1^2}{R_M}.$$

Подставив выражение индуктивности L в уравнение (1), получим:

$$\Delta\varphi_1 = \operatorname{arctg}\left(1 - \frac{R_{\vartheta} + R_{II} + R_{\delta}}{R_{\vartheta} + R_{II} + R_{\delta} + \Delta R_{II}}\right).$$

$$\Delta\varphi_2 = \operatorname{arctg}\frac{\Delta I_C}{I_O} = \operatorname{arctg}\frac{\Delta I_C}{\sqrt{I_C^2 + I_{\mu}^2}}.$$

После преобразований получим

$$\Delta\varphi_2 = \operatorname{arctg}\frac{\Delta m * p_{1,0} * B^n}{U_1 * I_1}.$$

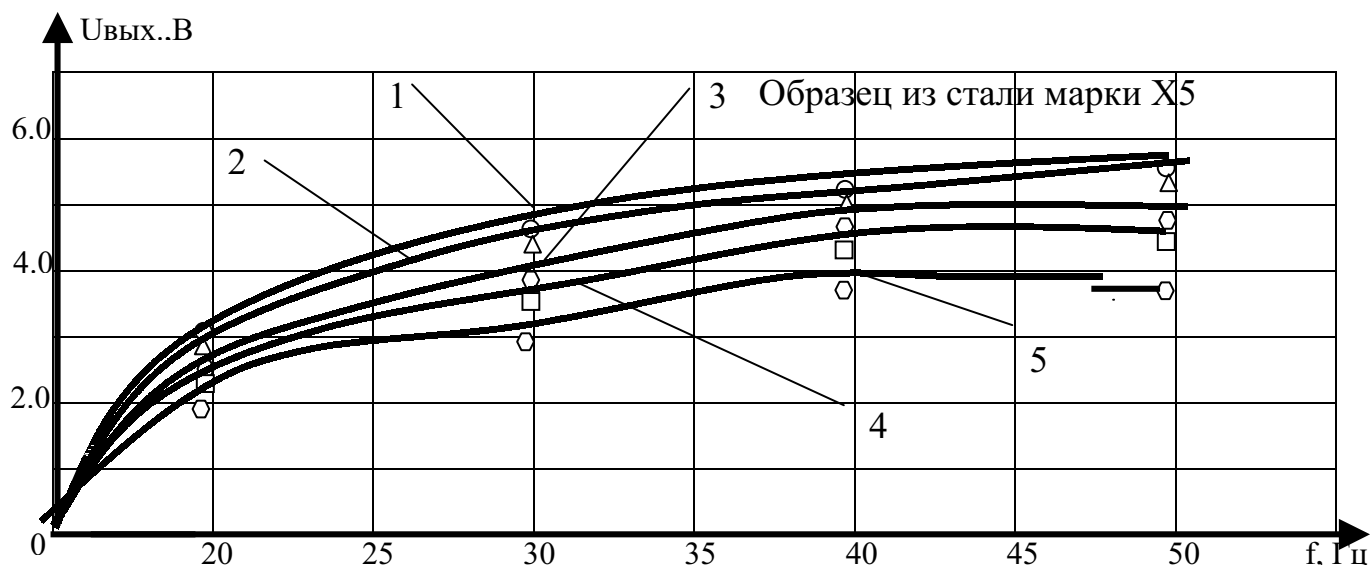
Суммарный фазовый сдвиг

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 = \operatorname{arctg}\left(1 - \frac{R_{\vartheta} + R_{II} + R_{\delta}}{R_{\vartheta} + R_{II} + R_{\delta} + \Delta R_{II}}\right) + \operatorname{arctg}\frac{\Delta m * p_{1,0} * B^n}{U_1 * I_O} \quad (2)$$

Из уравнения (2) видно, что $\Delta\varphi$ тем больше, чем меньше суммарное магнитное сопротивление цепи. Кроме того, суммарный фазовый сдвиг прямо пропорционально зависит от индукции в изделии и массы, следовательно и объема, дефекта.

Сигнал интроскопа пропорционален потерям перемагничивания дефектного участка конструкции. Потери перемагничивания зависят не только от наличия дефекта, но и от других факторов, влияющих на магнитные свойства материала. Одним из таких факторов является температурная предыстория материала.

Проведены исследования выходного сигнала интроскопа от температурной предыстории материала для различных сталей. Результаты исследований для образцов из стали марки Х5 приведены на рисунке 2. Из графиков видно, что выходной сигнал интроскопа однозначно зависит от температуры. Это позволяет применять интроскоп с датчиками потерь перемагничивания для контроля змеевиков нагревательных печей. При отложении кокса на внутренней поверхности змеевика температура трубы возрастает, что приводит к изменению магнитных свойств стали. Эти изменения могут быть измерены интроскопом во время капитального ремонта печи.



1 – кривая для температуры 500 градусов; 2 - кривая для температуры 600 градусов; 3 - кривая для температуры 700 градусов; 4 - кривая для температуры 800 градусов;
5 - кривая для температуры 900 градусов.

Рисунок 2 - Графики изменения сигнала на образцах из стали марки X5 с температурной предысторией

На рисунке 3 показана зависимость амплитуды выходного сигнала интроскопа от частоты тока возбуждения и зазора между датчиком и изделием. Из графика видно, что чувствительность интроскопа к дефектам сплошности и локальным изменениям магнитных свойств наиболее высока при частоте тока возбуждения 25– 35 Гц. С ростом частоты возрастает влияние скин – эффекта в металле, который приводит к снижению амплитуды сигнала. При более низких частотах амплитуда выходного сигнала снижается из –за уменьшения амплитуды э.д.с. электромагнитной индукции.

Изменение величины зазора между полюсами датчика и изделием существенно влияет на амплитуду выходного сигнала. Амплитуда выходного

сигнала и чувствительность интроскопа максимальны при минимальном зазоре. С ростом величины зазора амплитуда выходного сигнала снижается, однако остается достаточно высокой. По графику видно, что контроль изделий на наличие дефектов сплошности и локальных изменений магнитных свойств возможен при наличии защитных покрытий толщиной до 5–10 мм.

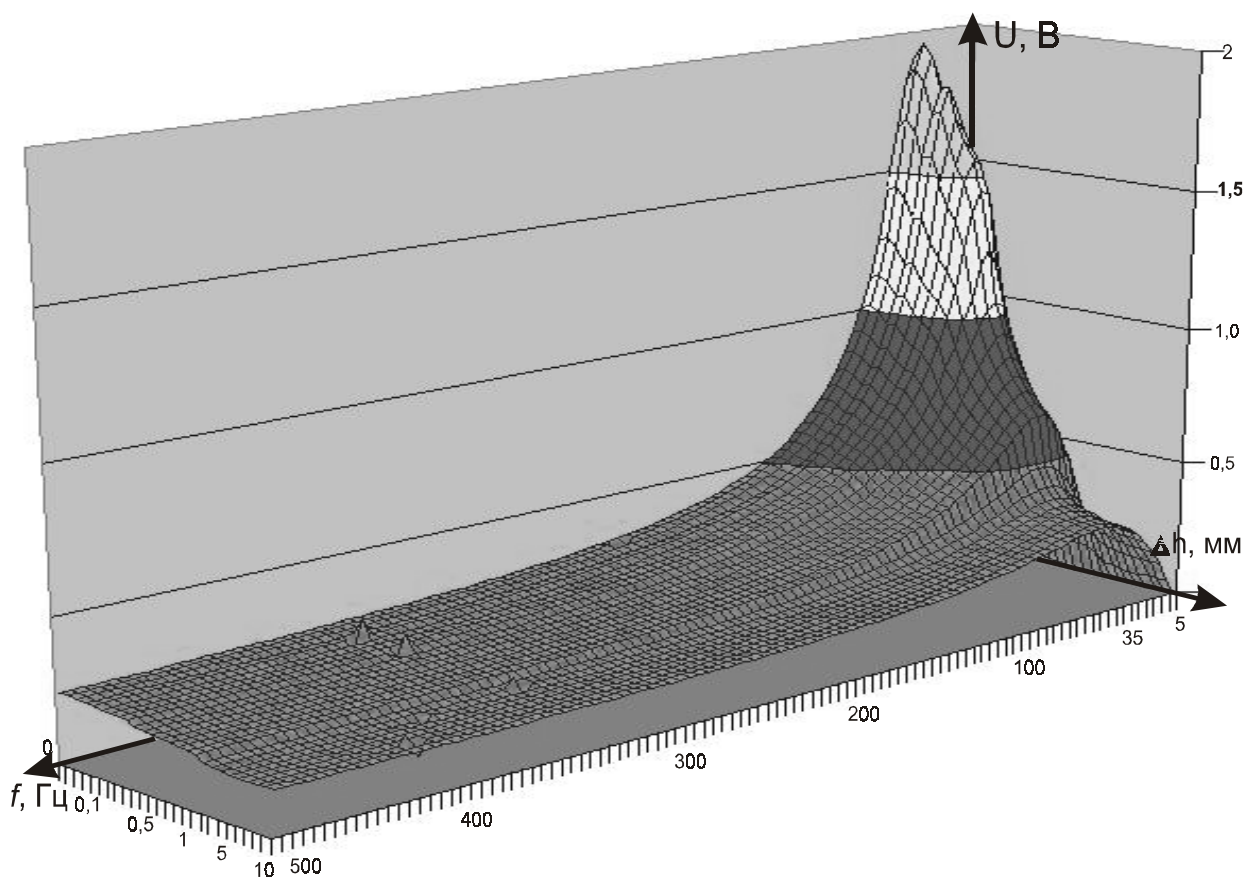


Рисунок 3 – Зависимость амплитуды выходного сигнала интроскопа от частоты тока возбуждения и зазора

На рисунке 4 представлен график зависимости амплитуды гармонических составляющих выходного сигнала интроскопа от глубины дефекта. Наибольшая амплитуда выходного сигнала наблюдается у нечетных гармоник, в частности, у первой гармоники. Амплитуда четных гармоник убывает по мере увеличения номера гармоники.

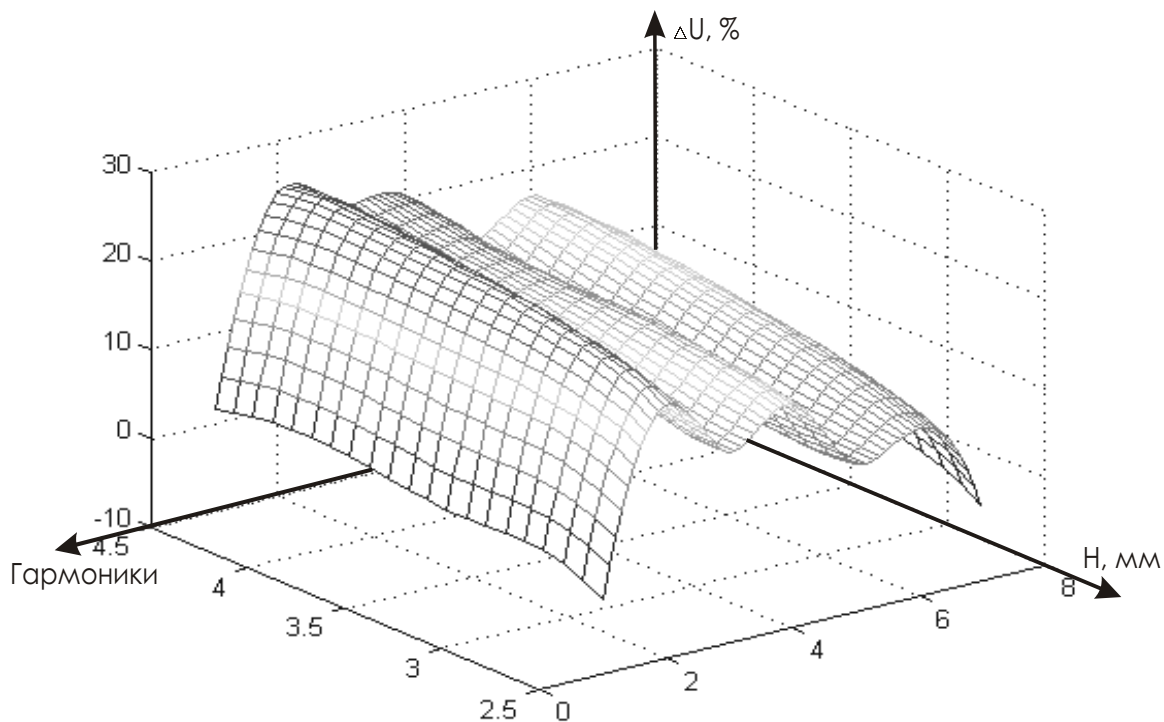


Рисунок 4 – Зависимость амплитуды гармонических составляющих выходного сигнала интроскопа от глубины дефекта

Интроскоп предназначен для контроля машин и агрегатов нефтяной промышленности, а также оболочковых конструкций нефтехимической промышленности, к которым относятся колонные аппараты, резервуары, реакторы.

Технические характеристики интроскопа МД – 11ПМ

Порог чувствительности к дефектам, % от толщины материала	20
Скорость контроля, м/мин.	5
Ширина контролируемой зоны при перемещении датчика по поверхности изделия, мм	10
Питание от сети переменного тока	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность, Вт	30
Габаритные размеры прибора, мм	200x200x100
Габаритные размеры датчика, мм	40x40x25