

Альтернативные датчики для металлоискателя Кощей-18М(ВМ8043)

Важнейшим узлом любого металлоискателя является датчик. От его параметров зависят многие технические характеристики металлоискателя – глубина обнаружения, ширина захвата цели, точность определения местоположения мишени, правильность дискриминации и т.д.

Применительно к индукционным металлоискателям наибольшее распространение получили два типа датчиков - кольцевой датчик и дубль-D датчик. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки, этот вопрос будет нами рассмотрен ниже. Стандартный датчик Кощей-18М(ВМ8043), который описан в этой статье <http://www.metdet.ru/IB/article2.zip>, принадлежит к типу кольцевых датчиков. Его параметры удовлетворяют условиям среднестатистического поиска на участках, умеренно засоренных железным мусором. Но, как показывает практика, - не всех, не всегда, и не везде устраивают среднестатистические условия. Поэтому в программное обеспечение металлоискателя начиная с версии 2.1 была введена поддержка дополнительного датчика. Теперь в комплекте можно иметь два датчика с разными характеристиками и оперативно менять их в поле при изменении условий поиска. В этой статье мы рассмотрим различные варианты дополнительных датчиков. Идя навстречу пожеланиям любителей глубинного поиска ☺ первым будет описан 30-ти сантиметровой дубль-D датчик.

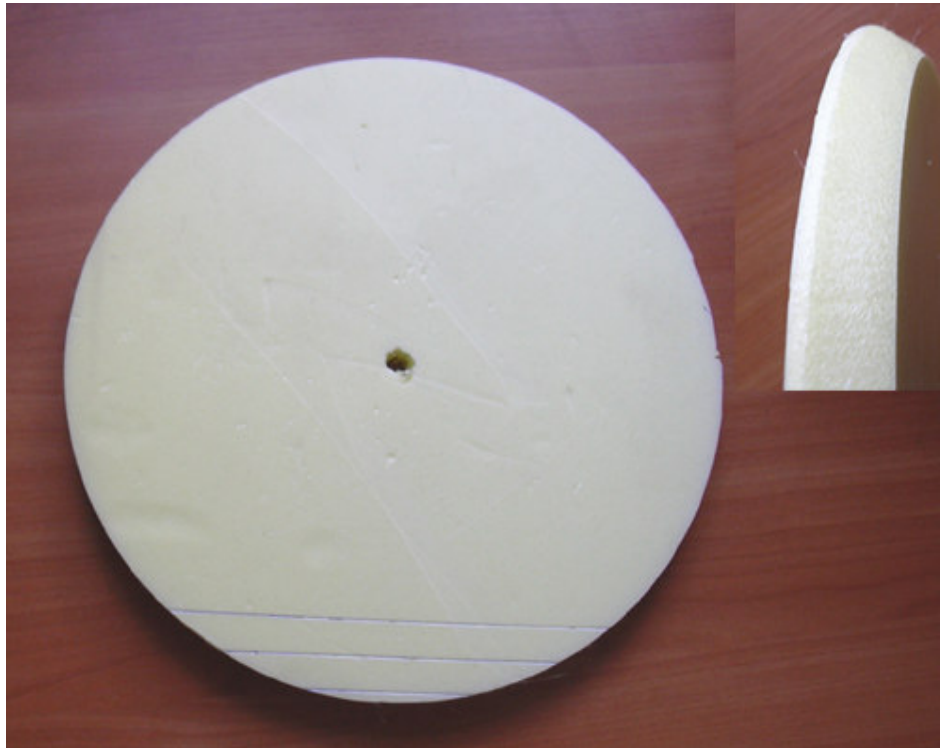
Благодаря уникальной схемотехнике (нерезонансное возбуждение датчика) и уникальному программному обеспечению (наличие специального сервисного режима) изготовление и настройка предлагаемых дополнительных датчиков не вызовет трудностей даже у радиолюбителя средней квалификации. Причем, что немаловажно, вся настройка выполняется с помощью самого металлоискателя - не потребуется даже осциллограф.

Немаловажно, что интересная технология, по которой изготовлены описанные в настоящей статье датчики – опробована на практике, подробно описана с иллюстрациями и доступна для повторения в домашних условиях.

Часть 1. Дубль-D датчик Кощей-ДД30

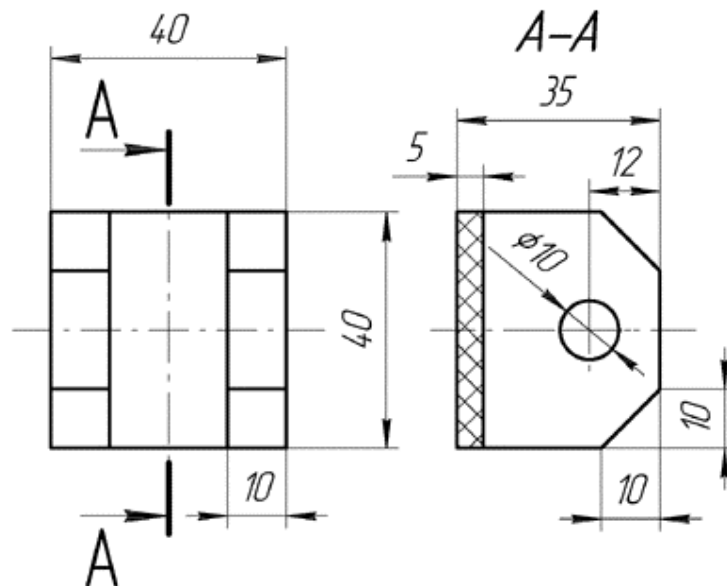
Технология изготовления

В качестве основы корпуса используем плотный мелкопористый пенопласт толщиной 20мм. Такие пенопластовые плиты используются в строительстве в качестве “утеплителей”, их можно купить в строительных магазинах. Вначале с помощью самодельного электрического резака и нехитрого циркульного приспособления вырезаем круг диаметром 30см. С помощью этих же инструментов снимаем фаску с верхней стороны. На следующем фото показаны виды на заготовку снизу и сбоку(фрагмент).

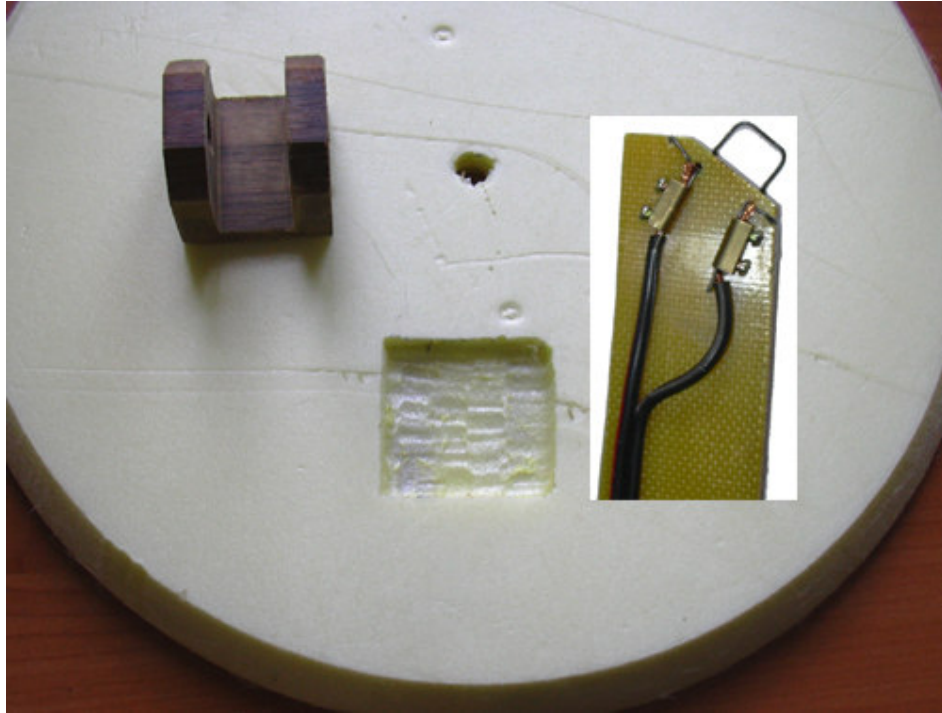


При резке следует уделять особое внимание температуре нихромовой проволоки в резке. С помощью регулятора напряжения нужно подобрать такую температуру нагрева, которая даст наилучшее качество среза.

Следующий этап – подготовка углубления под кронштейн крепления датчика к штанге. Один из возможных вариантов кронштейна показан на чертеже ниже. Материал – текстолит.



Для изготовления углублений нам понадобится электрорезак специальной формы. Размеры углубления выбираются согласно размерам кронштейна, глубина углубления - 6мм.



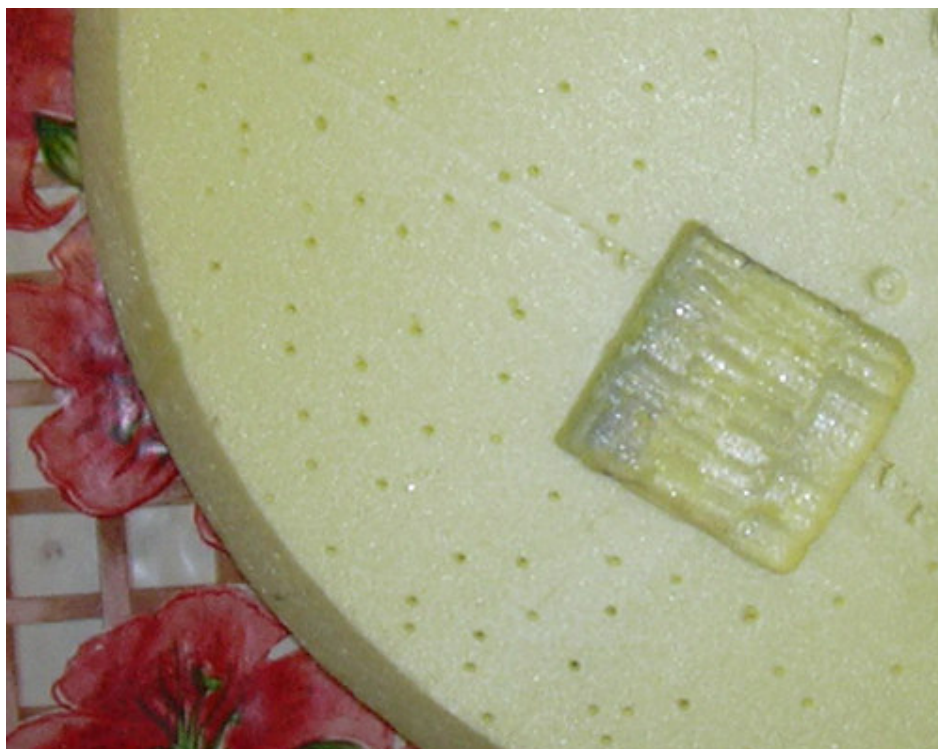
Следующий этап – это изготовление жесткой внешней оболочки из стеклопластика. За основу была взята технология производства стеклопластиковых деталей, которую используют в своей практике любители автотюнинга, авиа- и судомodelисты и другие “самоделкины”. Некоторые подробности по этой технологии можно почитать, например, вот в этой статье <http://www.xionox.ru/page.php?pg=19> .

Вначале из стеклоткани вырезаем 3 круга диаметром около 36см.



Затем эту стеклоткань отжигаем в течение нескольких минут на газовой печке под вытяжкой. Это делается для удаления промасливающих веществ, которыми ткань пропитывается при производстве. Потом на всех трех кусках делаем прорези под “уши” кронштейна.

Для улучшения адгезии на поверхности пенопласта с помощью шила делаем сеть глухих отверстий глубиной 5-6мм.



Разводим 100 грамм эпоксидной смолы. Дальше приступаем к выклейке "верхней" оболочки. Эту работу выполняем в резиновых перчатках, стол следует застелить "списанной" клеенкой, которую не жалко испачкать. Весь процесс выполняем достаточно быстро (не дольше 2 часов) пока смола не загустела. Для удобства работы под пенопластовый каркас желательно подложить небольшой "пьедестал" высотой 20-40мм – например картонную коробку подходящих размеров.

Итак, - наносим тонкий слой смолы на пенопласт. В углубление укладываем кронштейн и сверху накладываем первый слой стеклоткани. С помощью пластмассового шпателя прижимаем ткань к основе, разглаживаем ее и удаляем лишнюю смолу и воздушные пузыри. Смолы должно быть немного – ровно столько, чтобы она пропитала стеклоткань.



Дальше повторяем эту операцию со вторым и третьим слоями. Особое внимание уделяем бортам. Здесь, по понятным причинам, стеклоткань будет слегка противиться повторять форму основы. Но после многократных приглаживаний и приминаний все три слоя плотно прилягут к пенопласту. После этого оставляем заготовку в покое и ждем несколько часов пока смола полимеризуется.

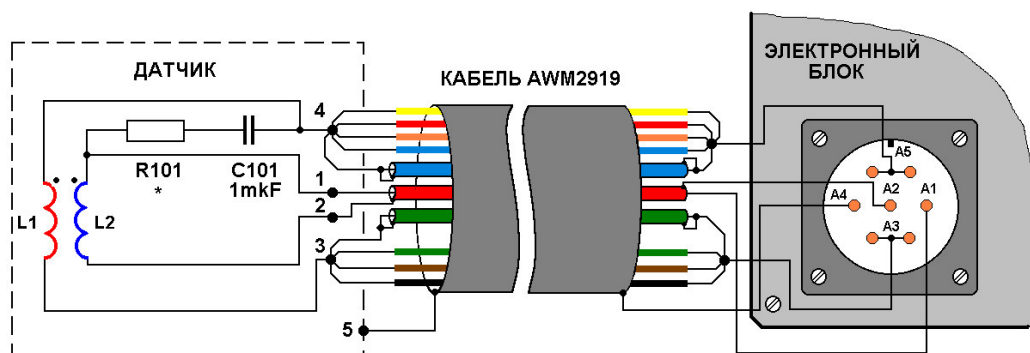
Дождавшись затвердевания смолы, острыми ножницами или ножом обрезаем по контуру выступающие края затвердевшей стеклоткани (на одном уровне с нижней поверхностью пенопластовой заготовки) и в результате получаем примерно такую картину:

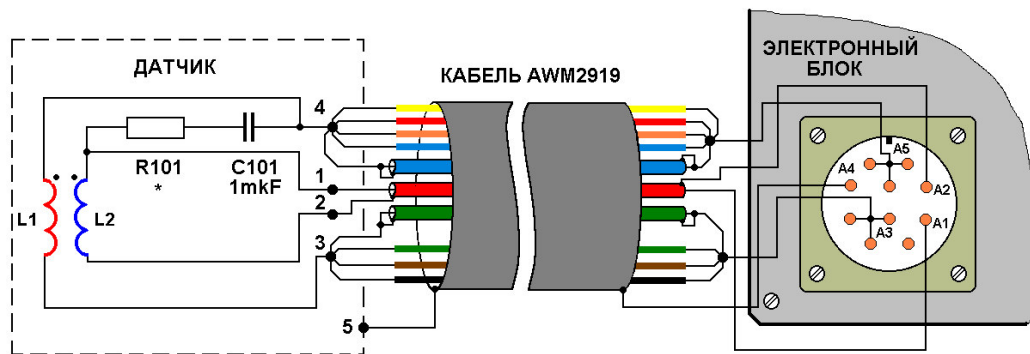


Дальше приступаем к шлифовке. Эту операцию также выполняем в резиновых перчатках (и желательно в респираторе). Вначале поверхность обрабатываем крупной наждачной шкуркой, затем более мелкой.

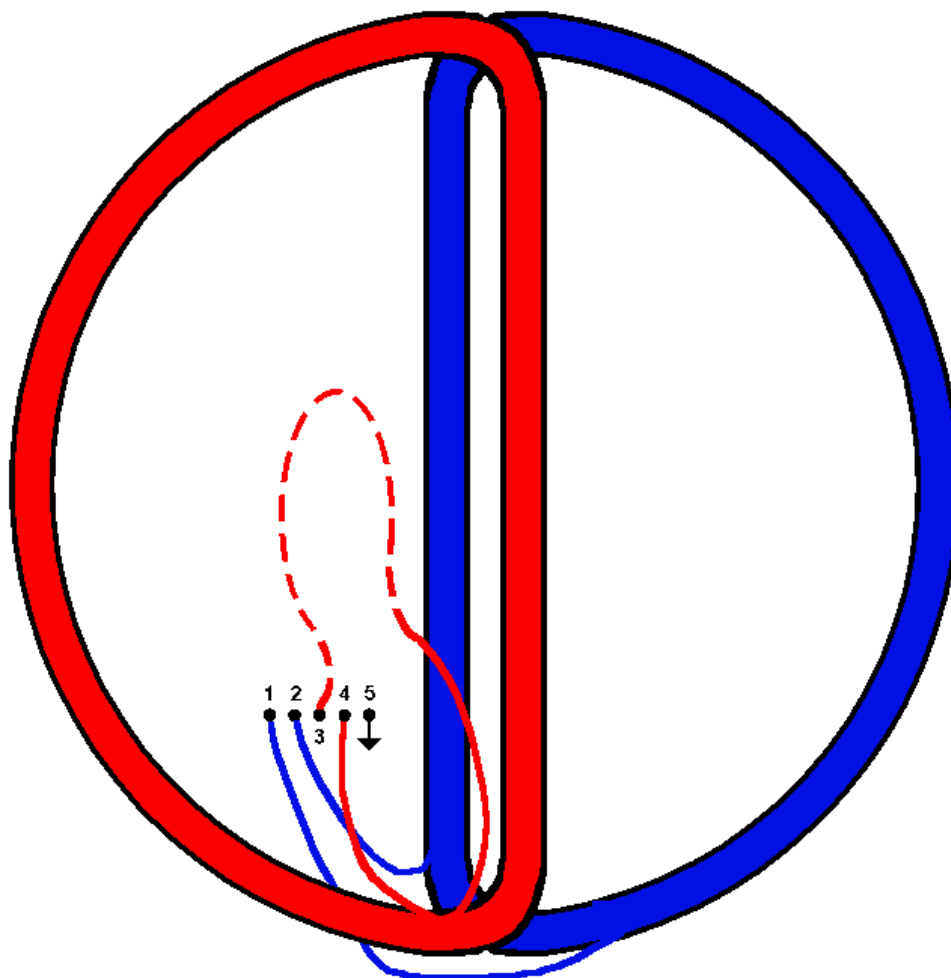


На этом этапе “наведение красоты” временно прекращаем и приступаем к изготовлению электрической части датчика. Электрическая схема датчика выглядит следующим образом (два варианта - для 7 и 10 контактного разъемов):





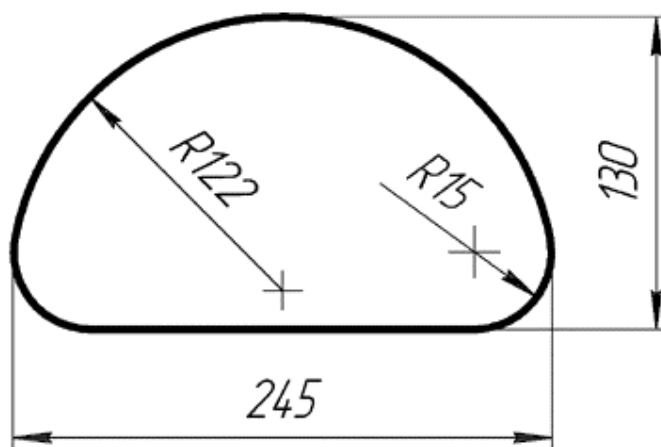
Пространственное расположение катушек и их фазировка условно показаны на следующем рисунке (вид на датчик снизу):



Нам потребуется намотать две D-образные катушки – приемную и передающую. Приемная катушка должна содержать 150 витков эмалированного провода диаметром 0.25мм(желательно с дополнительной шелковой изоляцией), передающая катушка – 17 витков эмалированного провода диаметром 1мм. Мотать эти катушки можно двумя способами.

Первый способ – мотаем катушки на круглой оправке диаметром 200-210мм. Затем стягиваем их нитками или затяжками, снимаем с оправки и придаем им D-образную форму.

Второй способ – на доске или куске ДСП вычерчиваем D-образную форму:



Затем по контуру равномерно забиваем около 20 гвоздей, на которые надеты ПВХ трубки. После этого мотаем катушки, стягиваем их стяжками или нитками и, слегка подогнув гвозди вовнутрь, снимаем катушки с оправки.

Дальше, с помощью резака выбираем в пенопласте углубления под катушки (глубиной около 11мм) и под гермоввод (глубиной около 16мм). **Сверлим в корпусе отверстие под гермоввод PG-9 и устанавливаем его.** Подключаем катушки к кабелю согласно приведенным выше схемам. **Один из выводов передающей катушки оставляем достаточно длинным – до 20см. В дальнейшем он нам пригодится для тонкой настройки.** Элементы С101 и R101 пока не подключаем.



Примечание: Пунктиром ориентировочно показано расположение кронштейна с обратной стороны датчика.

Подключаем разъем кабеля к металлоискателю и начинаем настройку датчика. Настройка этого датчика очень похожа на настройку концентрического датчика (см. <http://www.metdet.ru/IB/article2.zip>). Рекомендуем почитать эту статью перед изготовлением любых датчиков для Коцея-18М. А ниже мы изложим основные положения указанной статьи с учетом особенностей настройки именно дубль-D датчика.

Включаем прибор. На экране появится предупреждение “Датчик разбалансирован!” Игнорируем его и нажимаем кнопку **Ввод**. Выбираем пункт меню “Параметры”, заходим в него и меняем параметр “Усиление” для первого профиля на значение 1 (минимальное усиление). Также устанавливаем параметры “Частота” на значение 7кГц и номер датчика 2. Выходим из этого пункта меню по клавише **Ввод**. Далее нам понадобится один из сервисных режимов прибора.

Для того, чтобы стали доступны сервисные пункты меню, необходимо сделать следующее: нужно войти в пункт меню “Контроль батареи” и нажать клавишу **↓** не менее восьми раз. После этого нажимаем клавишу **Ввод** и возвращаемся в основное меню. Затем нажимаем несколько раз клавишу **↓**, и после прокрутки убеждаемся, что в меню появились дополнительные пункты.

Необходимо выбрать пункт меню “Калибровка тракта”. Заходим в него. На экране будет наблюдаться подобное изображение:



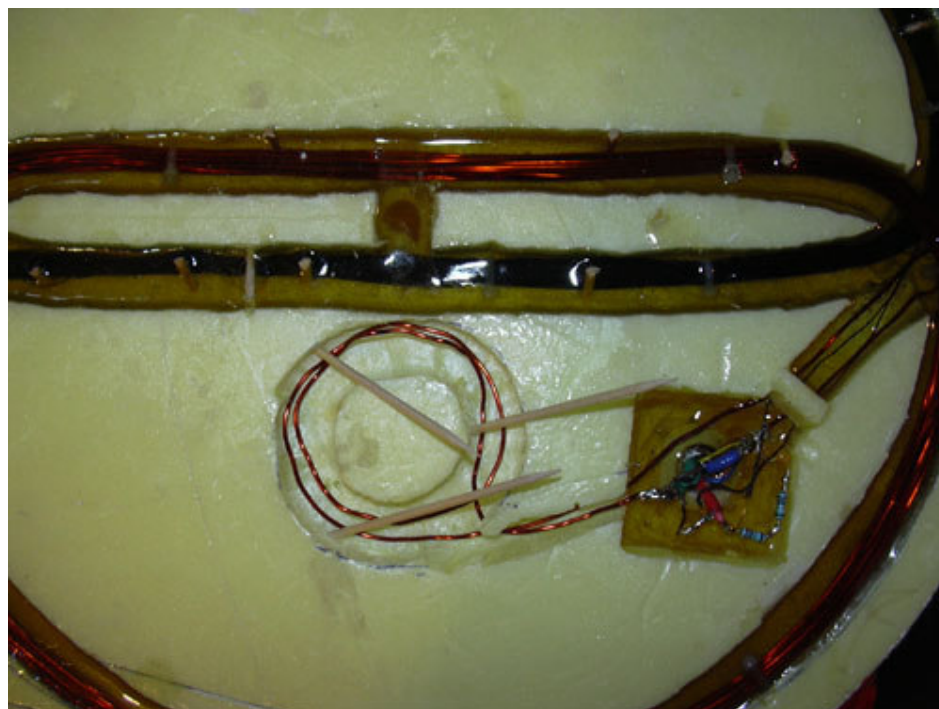
На данном этапе мы смотрим на две верхние шкалы – X и Y. Эти шкалы индицируют абсолютный уровень сигналов X и Y на выходе синхронного детектора. В правильно сбалансированном тракте эти сигналы должны быть минимальными. Т.е. указатели уровня сигнала должны находиться около центральной (нулевой) отметки. Попробуем достичь этого. Для этого датчик нужно расположить подальше от металлических предметов (не менее чем на 0.5м). Предварительная балансировка достигается путем правильной укладки катушек. “Длинный” конец передающей катушки временно отгибаем перпендикулярно плоскости датчика – сейчас он в процессе настройки не участвует. Передвигаем различные участки катушек в небольших пределах и фиксируем с помощью деревянных зубочисток. Контролировать при этой настройке нужно показания на X и Y шкалах (Добиваемся минимальных показаний). На данном этапе полный баланс по шкале X не получается – останется разбаланс 10-20% от максимального значения шкалы. На это сейчас не обращаем внимания - этот баланс достигается с помощью элементов R101,C101 и об этом будет сказано ниже. После того как мы достигли предварительного баланса (разбаланс по шкалам X и Y не более 20%), можно переходить к следующему этапу – заливке катушек эпоксидной смолой. Углубление вокруг гермоввода заливаем только наполовину глубины, чтобы оставалась возможность подпайки к концам проводов. Для того, чтобы смола не перетекала сюда из других углублений, из кусочка пенопласта делаем небольшую запруду ☺.

Дожидаемся застывания смолы, обрезаем “верхушки” зубочисток и переходим к последнему этапу настройки датчика – тонкой балансировке при большом усилении. Для этого нам понадобится предварительно припаять элементы R101,C101 прямо к разъему датчика. Это необходимо сделать потому, что эти элементы крайне затруднительно подстраивать, когда они находятся внутри датчика. Подпайку выполняем согласно схемы (см. выше). Конденсатор

должен быть с хорошим ТКЕ, рекомендуется группа X7R. Резистор желательно использовать однопроцентный (например типов MFR, MRS или C2-29). Здесь важна не столько точность этого резистора, сколько термостабильность. А она у однопроцентных резисторов хорошая. На время настройки вместо резистора R101 устанавливаем многооборотный подстроечный резистор на 1 МОм.

Далее включаем прибор, входим в пункт меню “Параметры” и устанавливаем значение усиления равным 8 (максимальное усиление). Далее входим в сервисный пункт меню “Калибровка тракта” и контролируем шкалы X и Y. Подстройку ведем с помощью небольших изменений конфигурации петли и с помощью резистора R101. Петля в основном перестраивает показание по шкале Y, резистор – по шкале X. Петлю укладываем в плоскости датчика и подбираем ее оптимальную форму и положение. Идея балансировки все та же – необходимо сдвинуть показания по шкалам X и Y как можно ближе к нулю. Допустимая расстройка – не более 10% относительно центра. При настройке может оказаться, что петлю нужно уложить в несколько витков. **После того как найдено оптимальное положение петли, с помощью резака делаем под нее углубление и проверяем настройку. Если нужно – корректируем положение петли. Затем фиксируем положение петли с помощью деревянных зубочисток.** После выполнения балансировки на частоте 7кГц, необходимо проверить соблюдается ли балансировка на частоте 14кГц. Для этого нужно войти в пункт меню “Параметры” и изменить рабочую частоту на 14кГц. Затем нужно снова войти в сервисный пункт меню “Калибровка тракта” и посмотреть состояние шкал X и Y. Если эти значения не отличаются от нулевого значения более чем на 20%, то балансировку можно считать успешной.

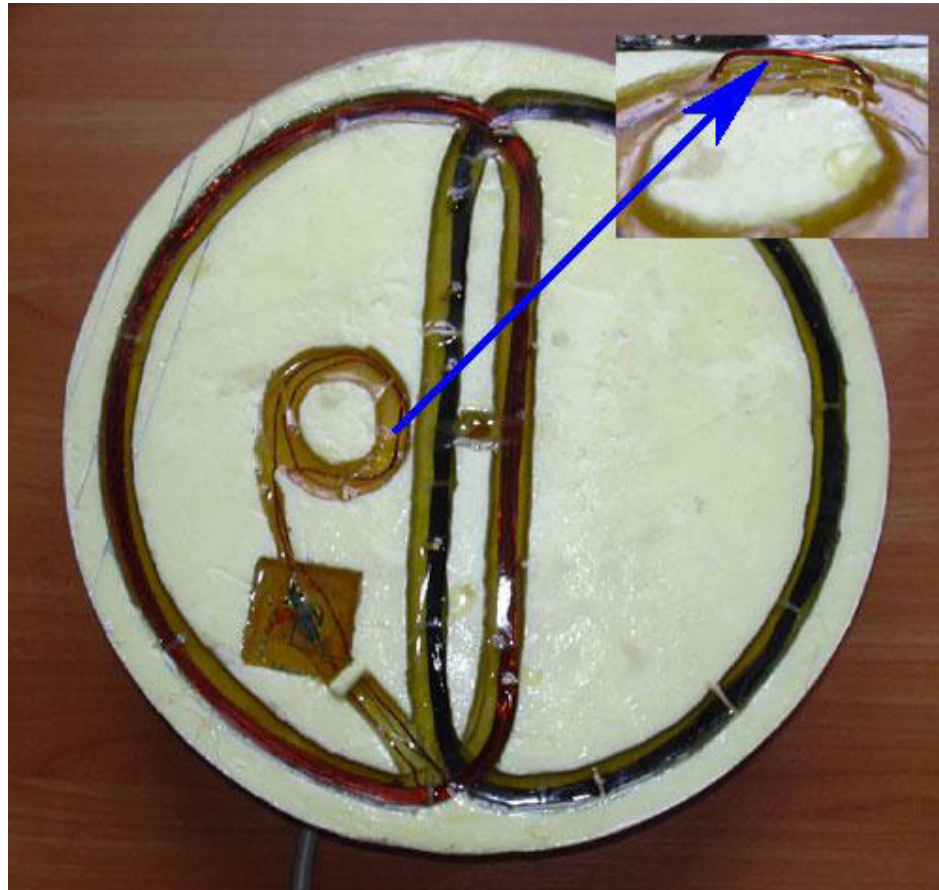
Измеряем сопротивление переменного резистора R101 и заменяем его на один или несколько постоянных резисторов. Для справки – обычно значение резистора R101 получается около 400кОм. Элементы R100, C101 монтируем с помощью объемного монтажа на выводы кабеля и катушек возле гермоввода.



После этого заливаем углубление с петлей эпоксидной смолой. *Важное замечание – небольшой участок петли (2-3см) не заливаем. Он нам понадобится для окончательной подстройки, после того как смола даст усадку. Поэтому углубление заливаем не до верху, а оставляем по высоте пару миллиметров пространства, в которое мы потом уложим этот "аппендикс" ☺.*

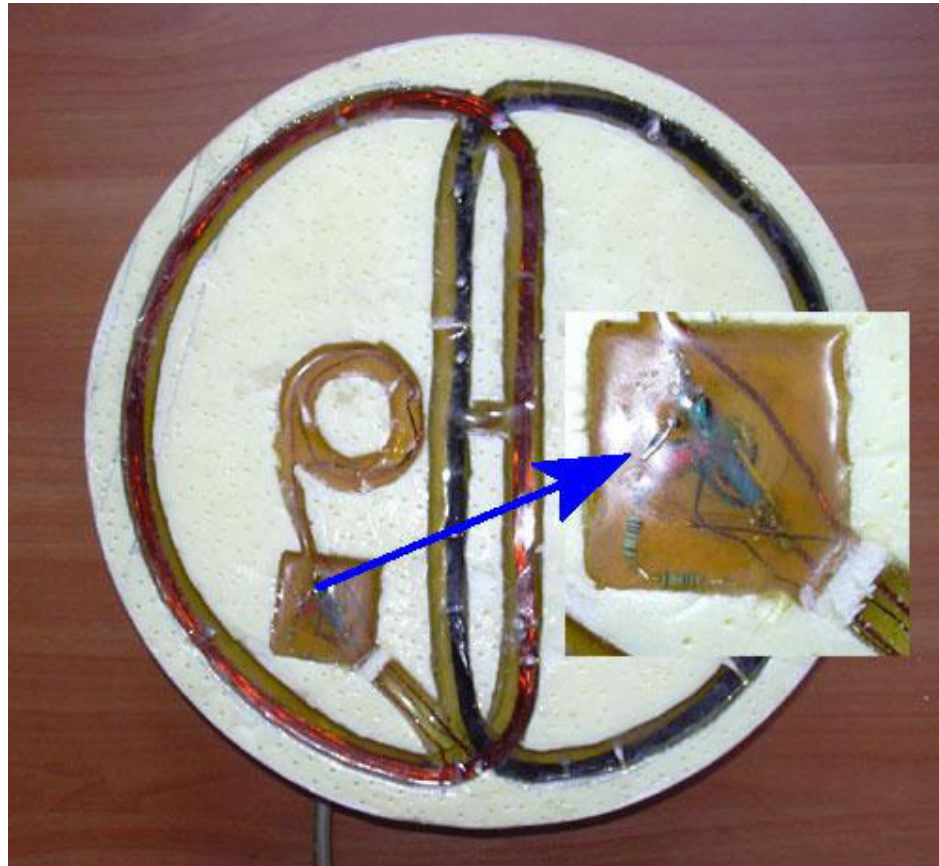
Также заодно заливаем эпоксидной смолой элементы R101,C101. "Земляной" вывод кабеля (точка 5 на схеме) должен остаться на поверхности. К нему мы позже подпаяем экран.

После застывания смолы обрезаем зубочистки и получаем примерно такую картину:



Затем проверяем баланс (желательно дать 1-2 дня на усадку смолы). Обычно из-за усадки во время полимеризации баланс немного нарушается. В этом случае окончательно корректируем баланс с помощью "аппендикса", изгибая его в ту или иную сторону. Укладываем эту петлю так, чтобы она не выглядывала над поверхностью. Этот "аппендикс" будет надежно закреплен несколько позже - во время приклеивания крышки.

Теперь проверяем гладкость нижней поверхности датчика. Где нужно подрезаем "пеньки" зубочисткой и удаляем застывшие капли эпоксидной смолы. Для улучшения адгезии опять делаем шилом в пенопласте сеть глухих отверстий.



Дальше необходимо сделать экранированную крышку датчика. Для этого нужно взять кусок листового текстолита или нефольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5-2мм. Мы в своей конструкции для однообразия конструктивных материалов использовали лист стеклотекстолита толщиной 1.5мм. Из такого куска необходимо вырезать круг диаметром 300мм. Это можно сделать с помощью циркульного резака или с помощью обычного лобзика.

Затем на внутреннюю поверхность крышки нужно нанести токопроводящий лак. (Технология изготовления такого лака описана в этой статье <http://www.metdet.ru/IB/article2.zip>). Пока лак не высох, к поверхности прикладывается зачищенный конец тонкого многожильного изолированного провода. Затем,

с помощью небольшого кусочка бумаги эта очищенная часть приклеивается к крышке за счет лака. В дальнейшем этот проводник будет служить точкой подключения экрана.



После высыхания лака проводник нужно укоротить до длины 5-6см, зачистить конец и проверить сопротивление экрана. Для этого необходимо подключить один из щупов тестера к медному проводнику, а второй плотно прижимать к различным точкам экрана. Тестер в режиме измерения сопротивления должен показывать сопротивление от сотен Ом до единиц килоОм. Если сопротивление в норме, то переходим к следующему этапу – приклеиванию крышки.

Разводим 100гр эпоксидной смолы и загущаем ее тикструпной добавкой - аэросилом(коллоидная порошкообразная двуокись кремния) или обычной кухонной мукой. Загуститель добавляем постепенно по пол чайной ложки и тщательно вымешиваем. Нужно добиться консистенции жидкой сметаны. После этого переворачиваем датчик кверху дном, укладываем его на край стола (так, чтобы кронштейн и гермоввод свисали) и равномерно

смазываем поверхность датчика тонким слоем эпоксидного клея. Затем аккуратно подпаиваем заземляющий провод крышки к общему экрану кабеля возле гермоввода. Выполнять эту операцию будет не очень удобно, но вполне реально – длины провода достаточно, чтобы сдвинуть крышку и добраться паяльником до места спайки. Главное – не прилагать больших физических усилий, чтобы нечаянно не оторвать проводник от крышки. И, наконец, приклеиваем крышку к датчику. Для надежного приклеивания придавливаем крышку грузами. Вытекающие излишки клея аккуратно удаляем. Когда смола начнет схватываться (сильно загустеет) грузы желательно убрать, чтобы снять небольшую упругую деформацию с датчика. После этого оставляем клей застывать. После застывания смолы шлифуем борта датчика с помощью наждачной бумаги и добиваемся гладкой поверхности.

Затем еще раз критически осматриваем всю поверхность датчика. При наличии мелких раковин заделываем их каплями эпоксидной смолы, сушим и шлифуем.

Следующий этап – покраска. Наилучший вариант – это покраска двухкомпонентной автомобильной краской с помощью компрессора и краскопульта. К сожалению, для любительских условий это слишком хлопотный или вовсе недоступный процесс. Более простой способ, дающий неплохие результаты, – это покраска аэрозольной автомобильной акриловой краской для бамперов. Такая краска обладает наивысшей прочностью по сравнению с прочими аэрозольными красками (кстати, и стоит вдвое дороже). Такие краски продаются в автомагазинах или на авторынках. Теперь о цвете. Бамперные краски бывают только темных цветов – от серого до радикально черного, поэтому выбирать особо не приходится. Впрочем, для полевых условий темный цвет даже хорош. Забегая вперед, сообщим, что покраска в темный цвет не страшна и по соображениям соблюдения температурного режима. Датчик такой конструкции обладает отличной термостабильностью.

Перед покраской защищаем кабель и гермоввод с помощью малярного скотча или каким-либо другим способом. Вначале красим верхнюю часть в два

слоя с интервалом в 30 минут. Даем высохнуть. Затем красим дно и клеим этикетку (эти операции можно опустить).



Теперь приступаем к окончательной настройке. Будем считать, что данный дубль-D датчик является для прибора вторым датчиком (предполагается, что под первым номером у нас числится стандартный кольцевой датчик). Для того, чтобы полностью “приучить” прибор ко второму датчику, нужно выполнить фазовую калибровку тракта с этим датчиком. Цель этой операции – учесть все фазовые сдвиги, которые тракт вносит в принимаемый сигнал. Основной фазовый сдвиг вносит датчик. Из-за того, что при изготовлении датчика возможны технологические погрешности, эта величина нуждается в калибровке. Для выполнения калибровки необходимо расположить датчик кверху крышкой и удалить от него любые металлические предметы на расстояние не менее чем 0.5м. Затем включаем прибор и заходим в пункт меню “Параметры”. Устанавливаем для первого профиля усиление 8, рабочую частоту 7кГц и **номер датчика - 2**. Запоминаем эти значения, нажав клавишу **Ввод**. Затем заходим в сервисный пункт меню “Калибровка тракта”. Со шкалами X и Y мы уже ознакомились ранее. Теперь рассмотрим назначение остальных индицируемых величин. В правом верхнем углу индицируется величина фазового сдвига между сигналом передатчика и сигналом приемника. Собственно эту величину мы и должны откалибровать. Здесь есть одна тонкость – дело в том, что при отсутствии мишеней в поле датчика сигнал приемника равен нулю. Поэтому для калибровки нужно использовать эталонную мишень. В качестве такой мишени нужно использовать кусочек феррита, например, ферритовый стержень. Можно использовать и ферритовое кольцо с проницаемостью 1000-2000НМ. Такая мишень должна давать чисто ферромагнитную реакцию, т.е. на выходе приемника мы должны получать

сигнал с фазовым сдвигом минус 90° . Шкалы dX и dY как раз и показывают изменение сигнала на выходе приемника. Для того, чтобы сигнал имел фазовый сдвиг минус 90° , сигнал по шкале dX не должен изменяться (должен находиться в нуле), а сигнал по шкале dY должен отклоняться влево.

Методика настройки такова – нужно медленно поднимать и опускать эталонную мишень *строго над центром датчика*.

Важное замечание – для этого датчика эталонную мишень не приближаем ближе, чем на 15см. Если в качестве мишени используется кольцо, то его плоскость должна быть перпендикулярна плоскости датчика.

Наблюдаем за индикацией. Если сигнал по шкале dX при этом отклоняется влево, то нужно нажать клавишу \blacktriangleleft . Если сигнал отклоняется вправо, то нужно нажать клавишу \blacktriangleright . Таким образом необходимо действовать до тех пор, пока при перемещении эталонной мишени сигнал по шкале dX совсем перестанет изменяться, а по шкале dY сигнал будет отклоняться только влево. При этом в правом верхнем углу экрана будет индицироваться искомый фазовый сдвиг тракта. Теперь необходимо, чтобы прибор его запомнил. Для этого достаточно нажать клавишу **Ввод** и выйти в главное меню. Таким образом, мы запомнили фазовый сдвиг для первой рабочей частоты 7кГц. Рабочая частота, кстати, в сервисном режиме “Калибровка” индицируется чуть ниже фазового сдвига. Теперь нам нужно повторить ту же самую операцию для второй рабочей частоты 14кГц. Для этого мы заходим в пункт меню “Параметры” и меняем рабочую частоту на 14кГц. Затем снова заходим в сервисный режим “Калибровка тракта” и повторяем подстройку аналогичным образом. Потом запоминаем фазовый сдвиг тракта для частоты 14кГц, нажав клавишу **Ввод**. Для справки – фазовые сдвиги для описанного датчика должны составлять примерно $160\dots170^\circ$ для 7кГц и $175\dots185^\circ$ для 14кГц.

Выводы

Вначале о технологии изготовления. Как показал наш эксперимент – “пенопласто-стеклопластиковая” технология дает неплохие технические и эстетические результаты. При этом, несмотря на некоторую хлопотность, она вполне доступна для повторения в любительских условиях. Причем здесь есть широкое поле для индивидуальной творческой деятельности – таким способом можно изготавливать не только простые “круговые” датчики, но и ажурные конструкции, не уступающие по внешнему виду фирменным датчикам. Чтобы развеять сомнения, достаточно посмотреть на модели судов и самолетов, сделанных по похожей технологии. Вопрос только в усидчивости и личном дизайнерском потенциале... ☺

Теперь собственно о технических характеристиках.

Первое вопрос, который интересует любителей глубинного поиска – это глубина обнаружения эталона де-факто, пятикопеечной монеты СССР.

Лабораторные измерения показали, что по воздуху такая мишень обнаруживается (с дискриминацией) с расстояния около 40см!

Второй важный аспект – это механические характеристики. Несмотря на монстроидальные размеры датчика, его масса вместе с кабелем составила всего 820гр. Это ненамного больше массы штатного датчика в полистироловом корпусе. При этом конструкция обладает очень даже неплохой механической прочностью.

Третий результат, который нас порадовал – это термостабильность. Датчик сохранял электрический баланс в пределах нормы в диапазоне температур -10...+50 градусов Цельсия!

Четвертый вопрос, на котором следует остановиться отдельно – это “диаграмма направленности” датчика. Как известно, дубль-D датчики имеют различную ширину зоны захвата цели при движении вперед-назад(узкая диаграмма) и вправо-влево(широкая). Это дает положительный эффект при классическом перемещении, когда оператор продвигается вперед, размахивая датчиком из стороны в сторону. В этом случае зона захвата цели у дубль-D датчика получается шире, чем у соизмеримого кольцевого датчика. Но не следует забывать об этой асимметричности диаграммы дубль-D датчика при пинпойтинге (определении точного местоположения цели в статическом режиме). Для оператора, привыкшего к работе с кольцевым датчиком с симметричной диаграммой, этот процесс может показаться менее комфортным. Еще один момент, в котором дубль-D датчик уступает кольцевому датчику – это обширность т.н. зон переворота фазы. Этот эффект заключается в том, что в поле датчика существуют области, в которых фаза сигнала от цели меняется на 180 градусов. В частности дубль-D датчик имеет две таких зоны, которые расположены рядом с поверхностью датчика напротив центров приемной и передающей катушек. К счастью, этот эффект обычно никак не сказывается на качестве работы металлоискателей в динамическом режиме (за счет фильтрации). Проверка показала, что у Кошея-18М(ВМ8043) с этим тоже нет проблем. А вот в режиме пинпойтинга (т.е. в статическом режиме) возникают некоторые нюансы. Если перемещать датчик в поперечном направлении слишком близко от мишени (менее 5см для монеты), то кроме основного отклика непосредственно над мишенью, будут возникать и два ослабленных паразитных отклика слева и справа от мишени. Это может ввести в заблуждение неподготовленного оператора. Поэтому определять точное положение мишени при работе с дубль-D датчиком нужно несколько приподнимая датчик над землей. Более подробно мы осветим этот вопрос (а также другие вопросы практического применения такого датчика) позже – после начала поискового сезона и проведения полевых испытаний.

Ну а пока поём римейк шлягера 80-х ☺



*Датчики на снегу, серые на белом.
Что же нам с ними делать,
с датчиками на снегу?*

Продолжение следует...