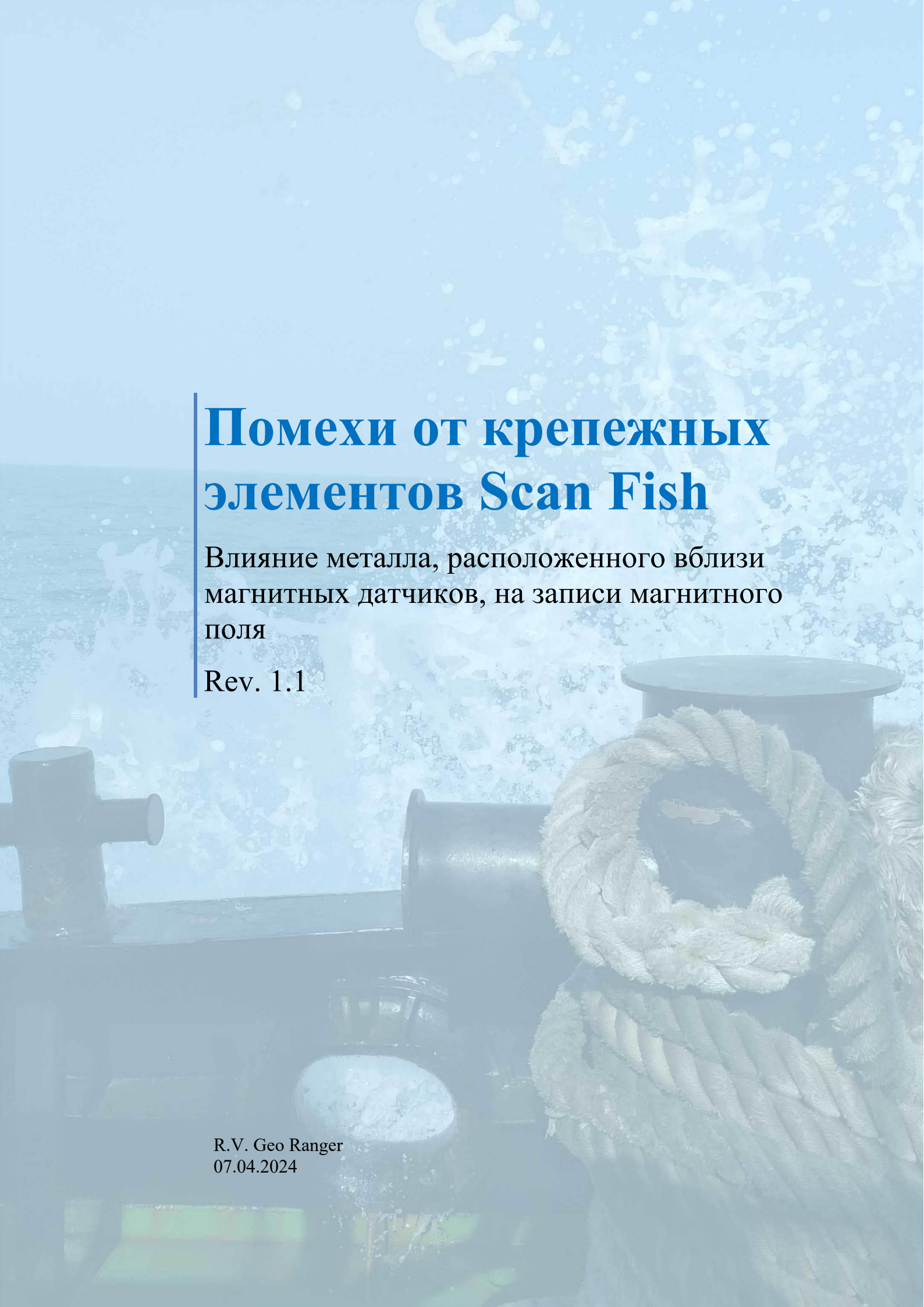




Помехи от крепежных элементов Scan Fish

Влияние металла, расположенного вблизи
магнитных датчиков, на записи магнитного
поля

Rev. 1.1

R.V. Geo Ranger
07.04.2024

Содержание

Введение	4
1. Влияние латунных болтов	5
1.1 Магнитные аномалии, связанные креном и дифферентом.....	5
1.2 Метод определения «шумящего» магнитометра.....	5
1.3 Причина появления VG_prh аномалий.....	7
1.4 Механизм влияния болтов на измеряемое магнитное поле	9
1.5 Пример VG_prh аномалий с высокой амплитудой	11
1.6 Методы выявления «шумных» комплектов болтов	13
2. Влияние алюминиевой пластины	14
Заключение.....	18
Список литературы	19

История изменений

Версия	Дата	Описание изменений
1.0	2024-03-26	Документ создан // Иван Д.
1.1	2024-04-07	Добавлен раздел о влиянии алюминия // Иван Д.

Список рисунков

Рисунок 1.1 Аномалия от магнитной массы	6
Рисунок 1.2 VG _{prh} -аномалия связанная с дифферентом (слева) и магнитной массой (справа)	6
Рисунок 1.3 Расположение крепежных болтов Scan Fish вплотную к магнитному датчику	8
Рисунок 1.4 Состав типов желтой латуни (процент Fe)	9
Рисунок 1.5 VG _{prh} -аномалии, связанные с дифферентом, после перестановки болтов	10
Рисунок 1.6 VG _{prh} -аномалии с высокой амплитудой	11
Рисунок 1.7 VG _{prh} -аномалии с высокой амплитудой, на встречных галсах	12
Рисунок 2.1 Расположение алюминиевого элемента рядом с датчиком магнитного поля	14
Рисунок 2.2 Записи магнитного поля до и после установки усиливающих элементов из алюминия	15
Рисунок 2.3 Блок-схема самогенерирующего квантового магнитометра с оптической накачкой (датчик с одной ячейкой на парах рубидия) [Ruddock 1961]	16
Рисунок 2.4 Схема цезиевого датчика магнитного поля из руководства по эксплуатации G-882 [4]	16
Рисунок 2.5 Коэффициент отражения зеркал из алюминия при разном качестве поверхности [5]..	17
Рисунок 2.6 Частотные зависимости коэффициента отражения энергии электромагнитных волн в диапазоне частот 0,7–3,0 ГГц и 3–17 ГГц для образцов покрытых анодированным алюминием: 1 – толщина слоя 10мкм; 2 – толщина слоя 15 мкм; 3 – толщина слоя 25 мкм	17

Введение

Весь текст документа можно уместить в простом тезисе – **никакого металла возле магнитных датчиков**. Однако металл является удобным и дешевым материалом, на основе которого производится практически весь крепеж (болты, уголки, штанги). Поэтому снова и снова элементы металлического крепежа ставят рядом с магнитными датчиками, обосновывая это тем, что «они не магнитные».

В документе рассмотрено два случая:

- влияние латунных болтов,
- влияние алюминиевой пластины.

Приведены примеры записей магнитометров с аномальными эффектами, создаваемыми металлическим крепежом.

Изложение в документе построено по принципу – описание непонятого эффекта, поиск причины, предполагаемая причина эффекта, результаты ее устранения. Для читателя, в планы которого не входит мысленно проходить все этапы экспериментов и последовательно находить причины эффектов, которые выявляются в данных, лучшим решением будет начать чтение документа с Заключения, после чего читать основной текст, воспринимая его как обоснование уже известных выводов.

1. Влияние латунных болтов

1.1 Магнитные аномалии, связанные креном и дифферентом

При анализе записей магнитного поля, выполненных при помощи ScanFish, на части записей был обнаружен специфический эффект:

- (1) Вертикальный градиент полного вектора магнитной индукции (далее – VG), вычисленный по всем парам магнитометров, изменяется закономерно и синфазно для аномалий, обусловленных магнитными массами (Рисунок 1.1);
- (2) Для некоторых пар магнитометров присутствуют аномалии VG, которые записаны «в противофазе» к остальным парам магнитометров (Рисунок 1.2, – пары магнитометров Mag3-Mag4 и Mag5-Mag6). При этом аномалии VG, зарегистрированные «в противофазе», связаны с сильным изменением дифферента или крена Scan Fish.

На Рисунке 1.2, аномалии градиента магнитного поля с амплитудой 2.3 нТл, соответствует изменение угла дифферента с размахом 28 градусов (график которого показан в нижней части рисунка). Анализ записей магнитного поля показывает, что эффект «противофазы» для аномалий VG всегда связан с изменением углов крена-дифферента Scan Fish. Он проявляется также и при малых изменениях углов, однако аномалии VG в этом случае имеют очень малую амплитуду. Далее будем называть аномалии на записях VG, которые визуальнo коррелируют с креном и дифферентом – VG_prh-аномалиями (от Pitch-Roll-Heading).

Для 80% пар магнитометров, установленных на Scan Fish, VG_prh-аномалии записываются синфазно и визуальнo неотличимы от аномалий, создаваемых магнитными массами. То есть, в большинстве случаев, при просмотре записей VG, синфазные VG_prh-аномалии не будут выделены как «нечто необычное в измерениях магнитного поля».

1.2 Метод определения «шумящего» магнитометра

При анализе сильных VG_prh-аномалий, практически всегда можно выявить один «шумящий» магнитометр из пары, по которой вычисляется вертикальный градиент. Измерения этого магнитометра будут сильнее реагировать на углы наклона Scan Fish и вносить больший вклад в амплитуду VG_prh-аномалий. Для выявления «шумящего» магнитометра необходимо выполнить следующие действия:

- 1) Найти участок записи, который не содержит аномалии от магнитных масс и включает сильные VG_prh-аномалии;
- 2) Определить «шумящие» пары магнитометров, содержащие VG_prh-аномалии (для Рисунка 1.2 такими парами являются Tmag3-Tmag4, Mag5-Mag6 и Tmag7-Tmag8);
- 3) Найти «стабильные» пары магнитометров, для которых VG_prh-аномалии минимальны (для Рисунка 1.2 такими парами являются Tmag1-Tmag2 и Mag9-Mag10);
- 4) При расчете VG заменить измерения одного магнитометра из «шумящей» пары на измерения соседнего магнитометра из «стабильной» пары, а потом проделать то же со вторым

магнитометром. С большой вероятностью при замене измерений одного из магнитометров VG_prh-аномалия сохранится, а при замене другого – значительно ослабится. Из этого мы сможем сделать предположение, что второй магнитометр (при замене которого VG_prh-аномалия ослабляется) и является причиной ее появления.

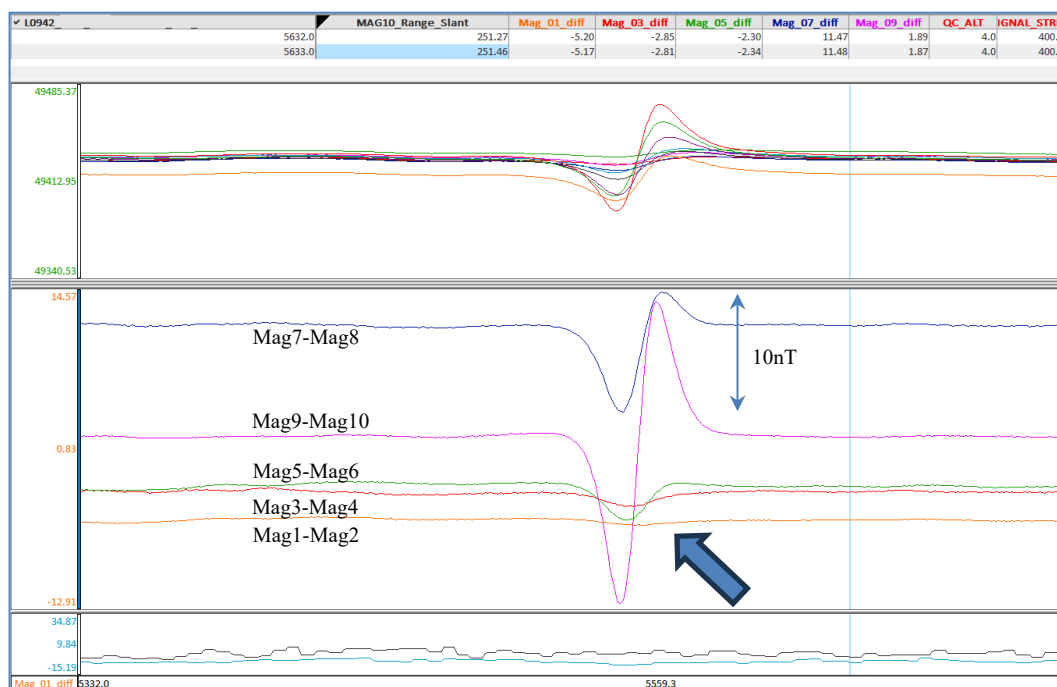


Рисунок 1.1 Аномалия от магнитной массы

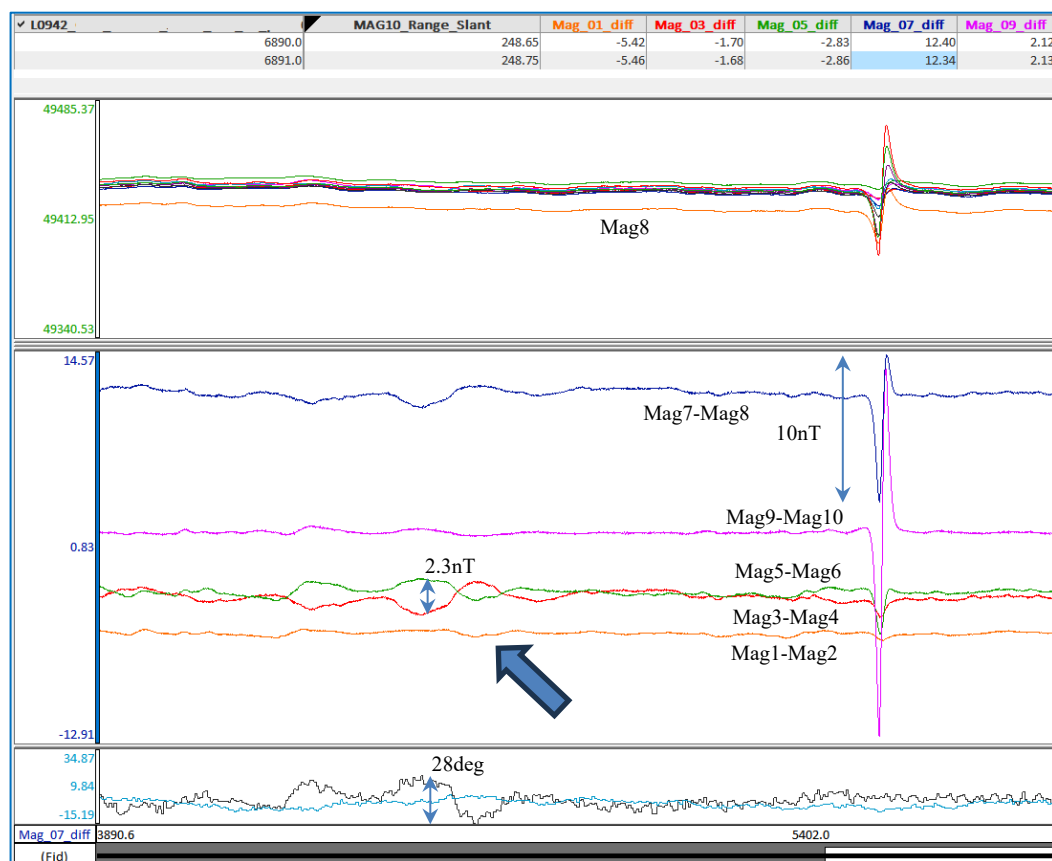


Рисунок 1.2 VG_prh-аномалия связанная с дифферентом (слева) и магнитной массой (справа)

Косвенным признаком «шумящего» магнитометра также является сдвиг графика значений магнитного поля, по оси в нТл (относительно графиков магнитного поля других магнитометров, установленных на Scan Fish). Для Рисунка 1.2 таким магнитометром является Mag8 (оранжевый график в верхней части рисунка). По измерениям этого магнитометра рассчитывается VG для Mag7-Mag8, на котором присутствуют VG_prh-аномалии (синий график в центральной части Рисунка 1.2). Именно Mag8 оказывается «шумящим» магнитометром в паре Mag7-Mag8. Как правило описанный косвенный признак (сдвиг графика) является достаточным для определения «шумящего» магнитометра, но не необходимым (графики для магнитометров из других двух «шумящих» пар на Рисунке 1.2 не подвержены сдвигу).

1.3 Причина появления VG_prh аномалий

Для поиска причины появления VG_prh-аномалий были последовательно сделаны три предположения и проведена серия экспериментов.

Предположение 1. Поскольку большой угол дифферента Scan Fish почти всегда связан с проходом над неоднородностями рельефа морского дна, то было предположено, что VG_prh-аномалия создается магнитным полем неоднородности рельефа.

Предположение опровергается двумя закономерностями:

- На записях магнитного поля над песчаными волнами на встречных галсах, VG_prh-аномалии присутствуют в области гребня песчаной волны, только при подъеме на крутой склон (что связано с изменением угла дифферента Scan Fish). При прохождении Scan Fish со стороны пологого склона, VG_prh-аномалии в области гребня волны отсутствуют (то есть, материал песчаной волны не создает магнитной аномалии);
- На записях VG присутствуют VG_prh-аномалии, записанные «в противофазе» – такой эффект, по законам физики, не может быть создан влиянием магнитных масс геологического разреза.

Предположение 2. Было сделано предположение, что VG_prh-аномалии создаются за счет перемещения зоны чувствительности магнитометра относительно полного вектора магнитного поля Земли при крене-дифференте Scan Fish.

Предположение кажется обоснованным; наверняка влияние перемещения зоны чувствительности присутствует, что подтверждается уменьшением Signal strength для больших углов дифферента (Рисунок 1.5). Однако, «VG_prh-аномалии в противофазе» (Рисунок 1.2), требуют допустить, что регистрирующий их датчик магнитного поля характеризуется особенностями зоны чувствительности, которые очень сильно отличают его от датчиков других магнитометров. Такое предположение ставит под сомнение идентичность датчиков, декларируемую производителем (то есть, равноценно предположению, что датчик, регистрирующий VG_prh-аномалии в противофазе, является бракованным).

Для проверки предположения были выполнены два эксперимента:

- Датчик «шумящего-в-противофазе» магнитометра был развернут на 180 градусов. После поворота характер VG_prh-аномалий не изменился, – они остались в противофазе к аномалиям остальных датчиков.
- «Шумящий» магнитометр был поменян местами с соседним «стабильным» магнитометром. После смены мест «стабильный» магнитометр начал шуметь, а «шумный» перестал регистрировать сильные VG_prh-аномалии.

Второй эксперимент показывает, что VG_prh-аномалии связаны не с особенностями магнитного датчика, а с «местом установки магнитометра».

Предположение 3. Источник VG_prh-аномалий (которые мы теперь рассматриваем как шум) находится в «окружении» магнитного датчика. Для поиска источника шума были проверены следующие предположения:

- Присутствие утечек в кабеле, соединяющем магнитометр и Electronic Bottle на Scan Fish. Замена кабеля не дала результата;
- Плохие электрические характеристики (ток, питающее напряжение, утечки) схемы в Electronic Bottle, к которой подключен магнитометр. «Шумящий» магнитометр был подключен к разъему на Electronic Bottle, куда ранее был подключен «стабильный» магнитометр. Это также не дало результата;
- Влияние элементов рамы Scan Fish. Для проверки этого предположения, были переставлены болты крепления элементов рамы от одного магнитометра к другому. После этого шум «переместился» к другому магнитометру вместе с комплектом болтов.

Таким образом, было выявлено, что *появление VG_prh-аномалий вызывают комплекты крепежных болтов, расположенные в непосредственной близости от магнитного датчика* (Рисунок 1.3).

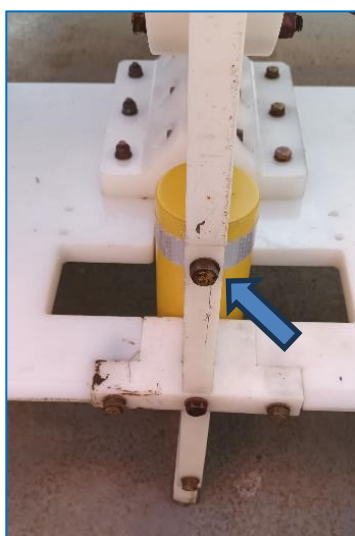


Рисунок 1.3 Расположение крепежных болтов Scan Fish вплотную к магнитному датчику

1.4 Механизм влияния болтов на измеряемое магнитное поле

«Пра-правнук повара Негоро с кривой ухмылкой нарисовал на чертеже пять металлических болтов, поближе к магнитным датчикам.» (Пятнадцатилетний капитан. Наши дни)

Крепежные болты выполнены из латуни, поэтому должны быть немагнитны, однако несколько экспериментов по перестановке болтов, подтверждают их влияние на записи магнитного поля (то, что они являются источником VG_{prh}-аномалий).

Возможно, что латунь, используемая для изготовления болтов, не является полностью немагнитной. Это подтверждает состав марок латуни, приведенный на Рисунке 1.4 [1]. Также магнитные свойства отдельных марок латуни хорошо известны в практической деятельности «искателей сокровищ» и сборщиков металлического лома [2]:

«Латунь. Сплавы, содержащие цинк и медь, не намагничиваются, однако совсем по-другому ведут себя латуни марок ЛАЖ и ЛАН. Наличие в них железа и никеля обеспечивает магнитное притяжение. Сила притяжения не такая большая, как в случае с углеродистой сталью, поэтому понадобится неодимовый магнит, чтобы почувствовать притяжение».

Alloy 260	Alloy 280	Alloy 360	Alloy 385	Alloy 464	
Composition (wt %)	Cu: 68.5 - 71.5 Zn: 28.5 - 31.5 Fe <= 0.05 Pb <= 0.070	Cu: 59 - 63 Zn: 40 Fe <= 0.070 Pb <= 0.3	Cu: 60-63 Zn: 35.5 Fe <= 0.35 Pb <= 2.5-3.7	Cu: 55 - 59 Zn: 36.65-41.65 Fe <= 0.35 Pb <= 2.5-3.5	Cu: 55 - 59 Zn: 36.65 - 41.65 Fe <= 0.35 Pb <= 2.5-3.5

Рисунок 1.4 Состав типов желтой латуни (процент Fe)

«Шумные комплекты» встречаются как для болтов, уже находившихся какое-то время в эксплуатации, так и для совершенно новых болтов (болты в комплекте с новой Scan Fish).

Для выявления «особенностей» влияния болтов, были выполнены несколько перестановок для одной Scan Fish. На Рисунке 1.5 показаны записи тех же самых магнитометров, что и на Рисунке 1.2, выполненные после того, как два комплекта крепежных болтов были поменяны местами.

Болты с Mag4, который определялся как «шумный» (согласно приведенной выше методике расчетов), были поменяны с Mag10; болты с Mag5 были поменяны с Mag9. Из сравнения Рисунка 1.5 и Рисунка 1.2 видны следующие закономерности:

- Характер VG_{prh}-аномалий для Mag1-Mag2 и Mag7-Mag8 (комплекты болтов не переставлялись) остался таким же, как и на Рисунке 1.2 – противофаза для графиков VG, относительно большая величина VG_{prh}-аномалий для Mag7-Mag8, «стабильность» измерений для Mag1-Mag2;
- Ранее «шумная» пара магнитометров Mag3-Mag4 стала «стабильной», за счет удаления «шумного» комплекта болтов. После перестановки амплитуда «шума» не превышает амплитуду для «стабильной» пары Mag1-Mag2;
- Замена болтов оказало слабое влияние на пару Mag5-Mag6;

-- Ранее «стабильная» пара магнитометров Mag9-Mag10, после установки «шумных» комплектов болтов, начала «шуметь». Причем, из-за влияния «шумных комплектов болтов» на оба магнитных датчика, шум не является ни синфазным, ни противофазным, по отношению к другим датчикам и к графику Pitch – шум формирует собственную сложную картину.

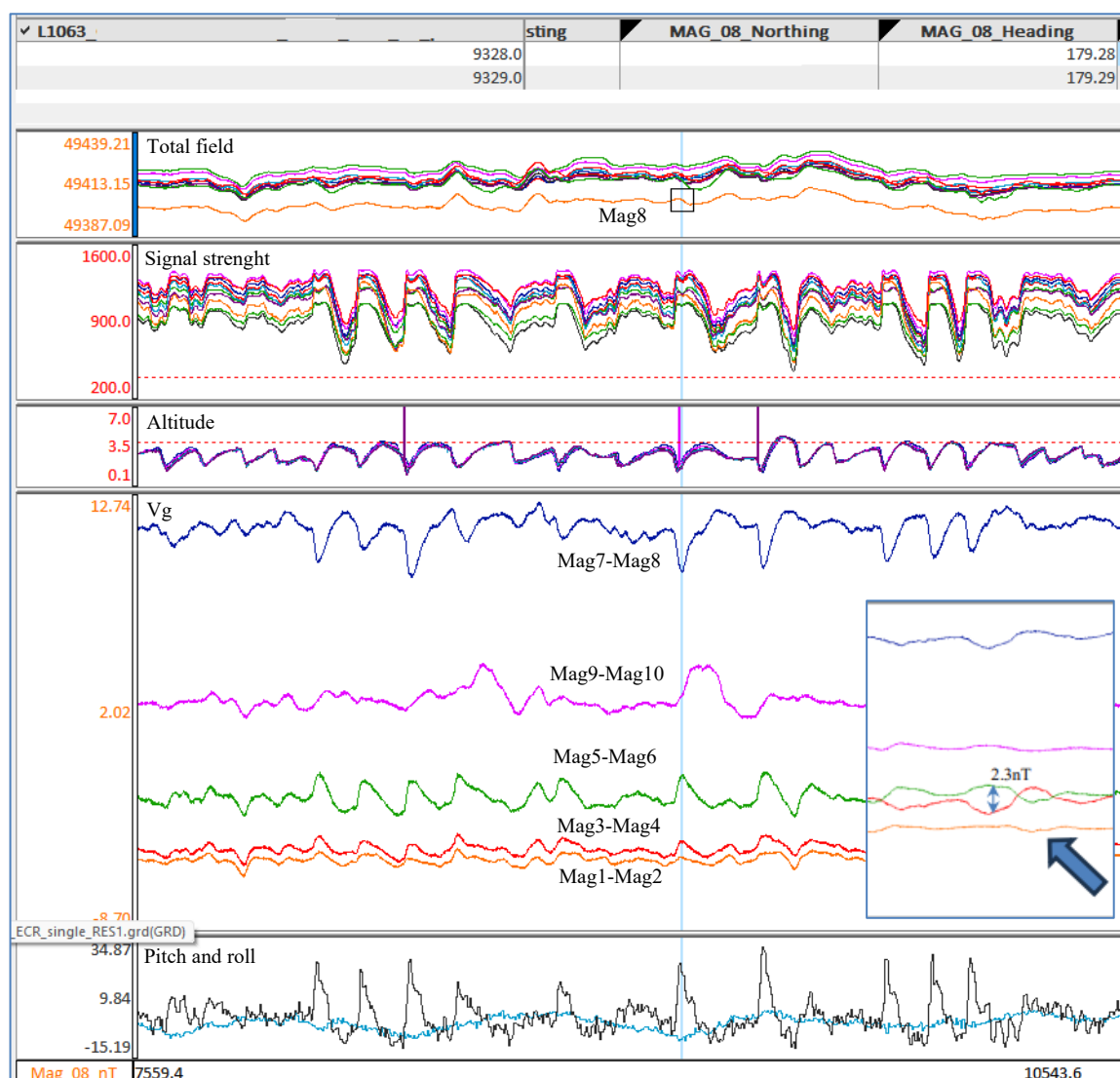


Рисунок 1.5 VG_prh-аномалии, связанные с дифферентом, после перестановки болтов

Зная, что причина появления VG_prh-аномалий заключается во влиянии болтов, мы можем объяснить упомянутый выше косвенный признак «шумящего» магнитометра – сдвиг графика значений магнитного поля относительно графиков остальных магнитометров (Рисунок 1.5, верхняя часть рисунка, Mag8). Вероятно, «некачественный» болт имеет свое собственное слабое остаточное магнитное поле, которое является причиной сдвига.

Согласно документации, точность определения абсолютного значения магнитного поля для G-882 составляет менее 2 нТл. Следовательно, сдвиг на величину более чем 2-4 нТл может интерпретироваться как «влияние магнитной массы в окрестностях датчика». На Рисунке 1.5 сдвиг для Mag8 составляет чуть более 10 нТл.

Остальные комплекты болтов, для магнитометров показанных на Рисунке 1.5 и Рисунке 1.2, вероятно обладают значительно меньшим остаточным намагничением. VG_prh-аномалии для них, вероятно связаны с возникновением индукционного намагничения под влиянием магнитного поля Земли. При движении в магнитном поле, величина индукционного намагничения, вероятно, изменяется, что приводит к появлению VG_prh-аномалий. Почему эти аномалии инвертированы объяснить сложно, поскольку на датчик магнитного поля оказывают влияние сразу 5 болтов (Рисунок 1.3).

Если VG_prh-аномалии связаны с индукционным намагничением, их амплитуда должна зависеть от направления профилей магнитной съемки.

1.5 Пример VG_prh аномалий с высокой амплитудой

На Рисунке 1.6 приведен пример VG_prh-аномалий со значительной амплитудой. При размахе дифферента 45-50 градусов она составляет 12-14 нТл; для малых изменений дифферента в 3-4 градуса, она составляет 2-3 нТ. При обработке магнитного поля для целей UXO длиннопериодная часть магнитного поля может быть удалена, однако даже оставшаяся «короткопериодная составляющая» записи VG для Mag3-Mag4, может вносить ложные аномалии на карту вертикального градиента магнитного поля.

Сдвиг графика магнитного поля для Mag3 составляет примерно 13 нТл, относительно других магнитометров (причина, вероятно, в остаточном намагничении у комплекта болтов); сдвиг графика VG для Mag3-Mag4 обусловлен значениями Mag3 и также составляет примерно 13 нТл. Амплитуда изменения магнитного поля для Mag3 достигает 14 нТ, при размахе дифферента 45-50 градусов.

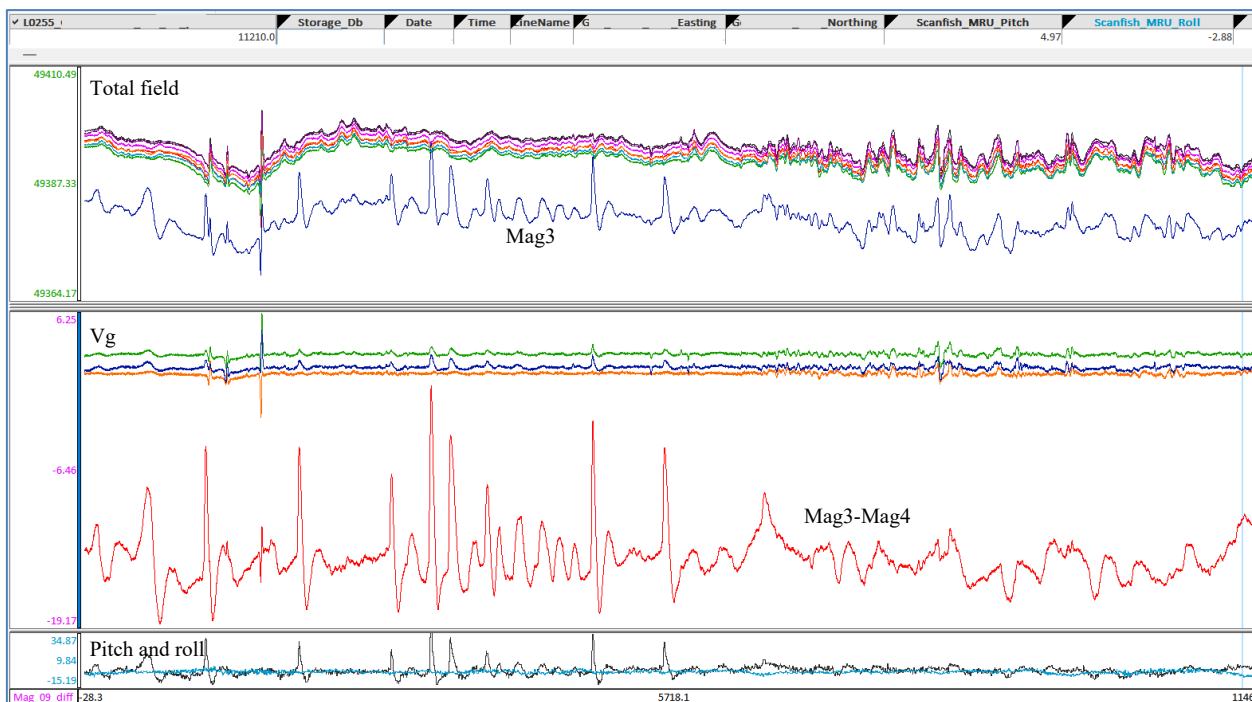


Рисунок 1.6 VG_prh-аномалии с высокой амплитудой

Для подтверждения, что VG_prh-аномалии создаются комплектами болтов, болты были переставлены между Mag3 и Mag5. Записи магнитометров Scan Fish после перестановки показаны на Рисунке 1.7 –VG_prh-аномалии переместились на VG для датчиков Mag5-Mag6, а «шумящим магнитометром» стал Mag5.

Для записи на Рисунке 1.7 имеет место зависимость смещения графика Mag5 от направления магнитной съемки – на встречных галсах смещение меняет знак.

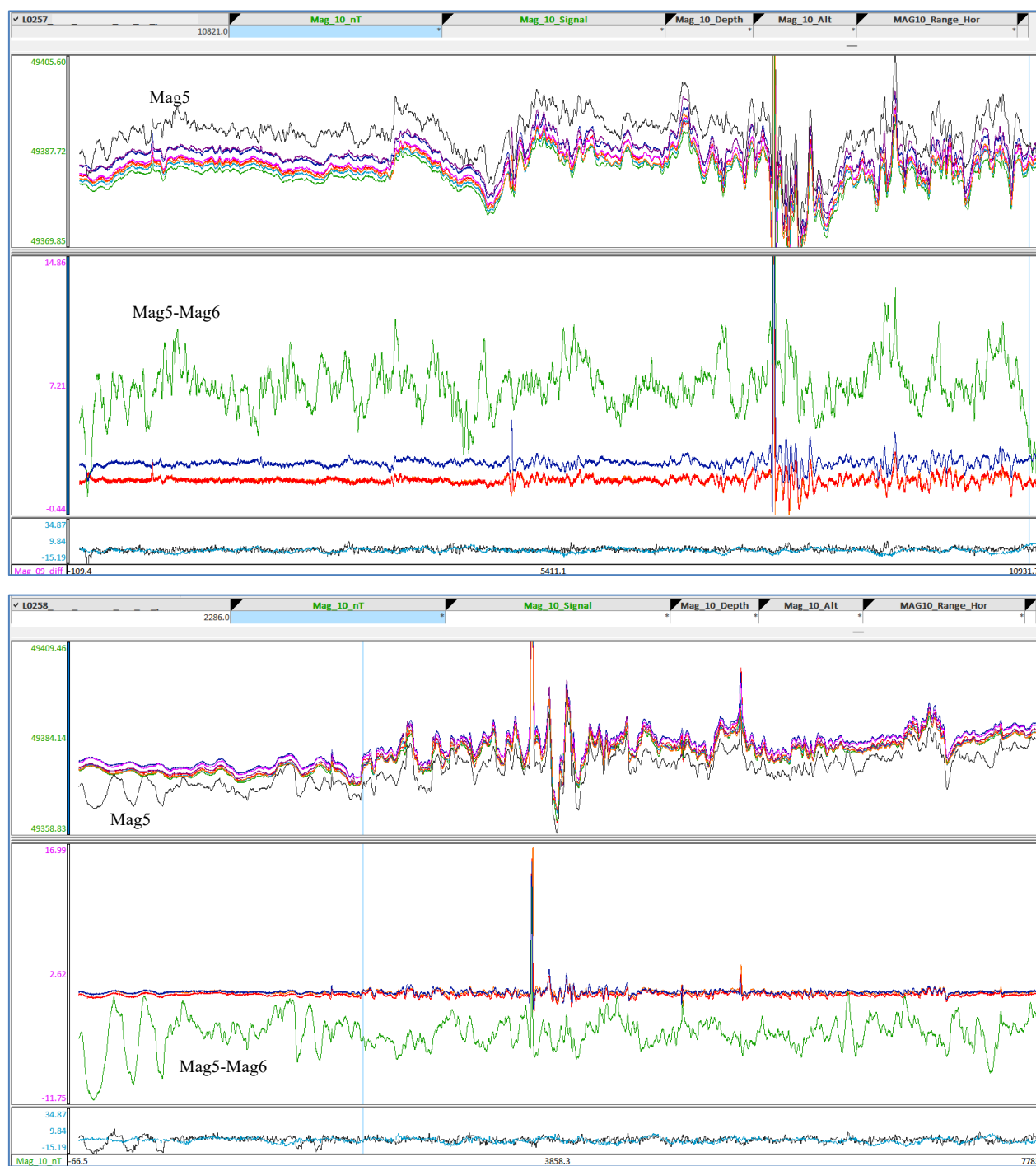


Рисунок 1.7 VG_prh-аномалии с высокой амплитудой, на встречных галсах

1.6 Методы выявления «шумных» комплектов болтов

Возможны два метода проверки болтов «на магнитные свойства»:

- Использование сильного неодимового магнита, для поиска «притягивающихся» болтов. Однако такой метод не исключает того, что изначально слабо-намагниченные болты будут намагничены в сильном магнитном поле неодимового магнита (возможно испробовать метод размагничивания высокочастотным током для «починки» болтов);
- Тестирование болтов, путем их перемещения вблизи магнитного сенсора, при установке магнитометра вдали от магнитных масс и источников электромагнитного шума.

Следует отметить, что помимо болтов (которые можно достаточно просто протестировать и заменить) внутри пластиковых частей рамы находятся гайки, которые также располагаются в непосредственной близости от магнитных датчиков. Для некоторых ScanFish, в случае выявления «магнитной гайки» будет необходимо выполнить рассверливание пластиковой части рамы, чтобы заменить магнитную гайку.

Наиболее радикальным методом борьбы с VG_prh-аномалиями (шумом от металла расположенного вблизи датчиков магнитного поля), является изменение конструкции рамы с удалением крепежа из металла от магнитных датчиков или замена этого крепежа на пластиковый.

2. Влияние алюминиевой пластины

«Медуза Горгона? Просто зеркало отражает электромагнитные волны в достаточно широком спектре. Уникальность зеркала Персея состояла в том, что отражающая поверхность была выполнена из алюминия, что для тех времен довольно необычно. У него спектральный состав отражаемых волн гораздо шире, чем у серебра или золота. Понятное дело, что все контуры с обратной связью у Медузы пошли в разлад.. ну а дальше – просто немного удачи.» (диалог из сказки для детей физиков)

При установке в непосредственной близости от магнитного датчика алюминиевых конструктивных элементов (усиливающие пластины, крепления, элементы рамы) на записях магнитного поля появляется высокочастотный шум. На Рисунке 2.1 приведена фотография рамы магнитометра, усиленной алюминиевой пластиной. При этом сама пластина располагается в непосредственной близости от магнитного датчика.



Рисунок 2.1 Расположение алюминиевого элемента рядом с датчиком магнитного поля

На Рисунке 2.2 приведен пример записей магнитного поля до установки и после установки усиливающих элементов из алюминия. Вертикальная ось – в нанотеслах (нТл), при этом из измерений магнитометров вычтена постоянная составляющая (для лучшей визуализации записей магнитного поля). Горизонтальная ось – номер измерения магнитометра (при частоте измерений 10 Гц). Графиками синего цвета показаны записи магнитного поля для нижнего ряда магнитометров, установленных на ScanFish, до установки усиливающих элементов из алюминия. Графиками красного цвета показаны записи магнитного поля для нижнего ряда магнитометров после установки усиливающих элементов из алюминия; зеленым цветом показаны записи магнитного поля для верхнего ряда магнитометров после установки усиливающих элементов из алюминия. На Рисунке 2.2 четко видно появление высокочастотного шума, связанного с присутствием алюминиевых частей в непосредственной близости от датчика магнитного поля.

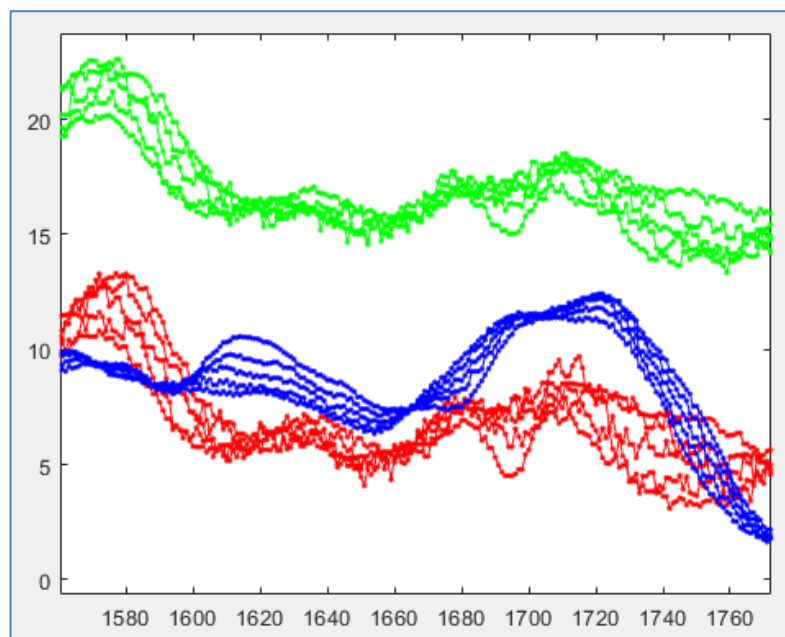


Рисунок 2.2 Записи магнитного поля до и после установки усиливающих элементов из алюминия

Алюминий является полностью не магнитным, однако электропроводящим. Поэтому, причина появления высокочастотного шума, вероятно, связана со взаимодействием электромагнитного поля, создаваемого радиочастотными электромагнитными колебаниями в катушке обратной связи, входящей в конструкцию цезиевого датчика (Рисунок 2.3, Рисунок 2.4) и алюминиевой пластины. Ниже, в качестве справочной информации, кратко описан принцип работы цезиевого магнитометра, объясняющий наличие и функции катушки с радиочастотными электромагнитными колебаниями.

Цитата [3]:

A variety of optically pumped alkali vapor scalar magnetometers have been used in space. Cesium 133, Rubidium 85 and Rubidium 87 has been employed in sensors [Ness, 1970]. The alkali vapor magnetometers utilize transitions between the Zeeman sublevels in the ground state of the atom. The energy separation for the Zeeman splitting is proportional to the magnetic field. In the Rubidium self-oscillating magnetometer a light from a Rubidium lamp is passed through a filter that only passes the 7948 Angstrom Rubidium light. The light passes through a circular polarizer and then through a cell with Rubidium vapor. The light is collected with a photoelectric cell. It is then amplified, phase shifted and then applied to a feedback coil around the Rubidium vapor cell see Figure 2.3.

(Block diagram of self-oscillating single cell rubidium vapor magnetometer). The circuit will oscillate at the Larmor frequency. The frequency for Rb 87 is approximately 6.99 Hz nT⁻¹ which for a field of 50,000 nT would be ~350 KHz. The oscillation depends upon the presence of a magnetic field and ceases when the field vector is within 12° of parallel or 7° of normal to the optical axis of the sensor. There are offsets in the frequency as the field vector is reversed. This is because the circuit oscillates with a broad unsymmetrical resonance that shifts with field direction [Ruddock, 1961]. A design that minimizes this problem is one that has a single Rubidium lamp illuminating twin absorption cells...

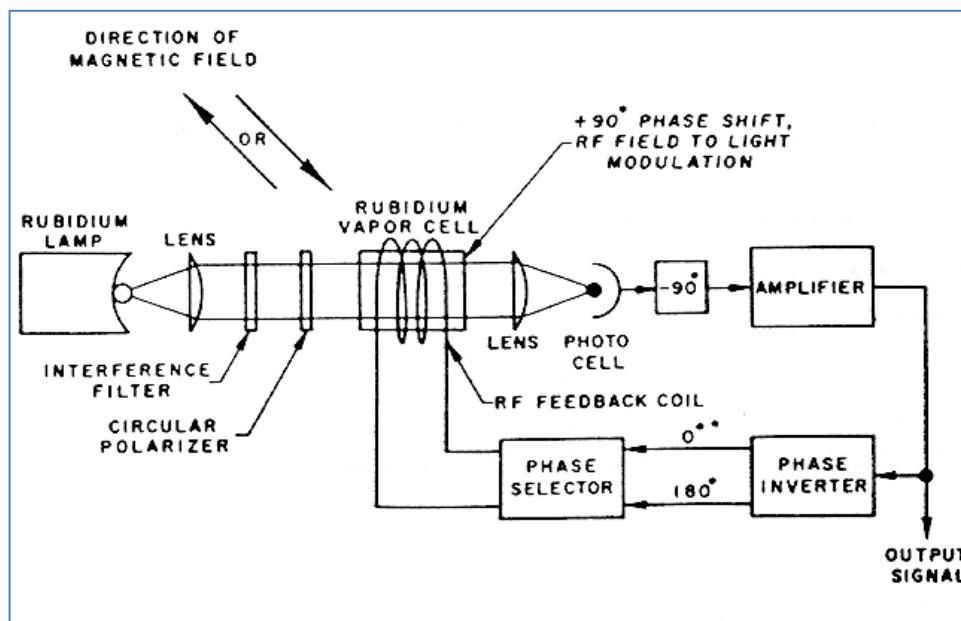
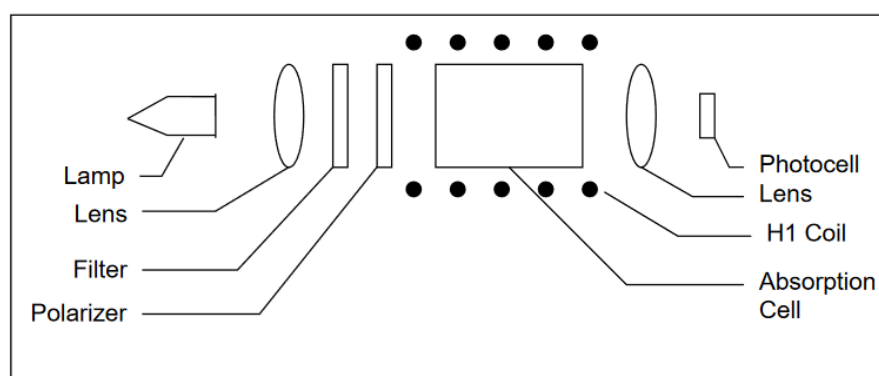


Рисунок 2.3 Блок-схема самогенерирующего квантового магнитометра с оптической накачкой (датчик с одной ячейкой на парах рубидия) [Ruddock 1961]



G-882 CESIUM SENSOR

Рисунок 2.4 Схема цезиевого датчика магнитного поля из руководства по эксплуатации G-882 [4]

Алюминий обладает способностью отражать электромагнитные волны в широком диапазоне высоких частот.

Графики отражательной способности металлических зеркал из алюминия при нормальном падении электромагнитной волны, показаны на Рисунке 2.5. Как видно из графиков, для длин волн в районе 0.1-40 мкм (частоты 3000-7.5 ТГц) отражение близко к 80-100% в зависимости от состояния отражающей поверхности. При этом, волны, испускаемые колеблющимися под воздействием электромагнитного поля электронами, гасят (экранируют) падающую электромагнитную волну внутри металла; снаружи порождается такая же волна, как исходная, но идущая в другом направлении. Фактически, электромагнитные волны переизлучаются металлом.

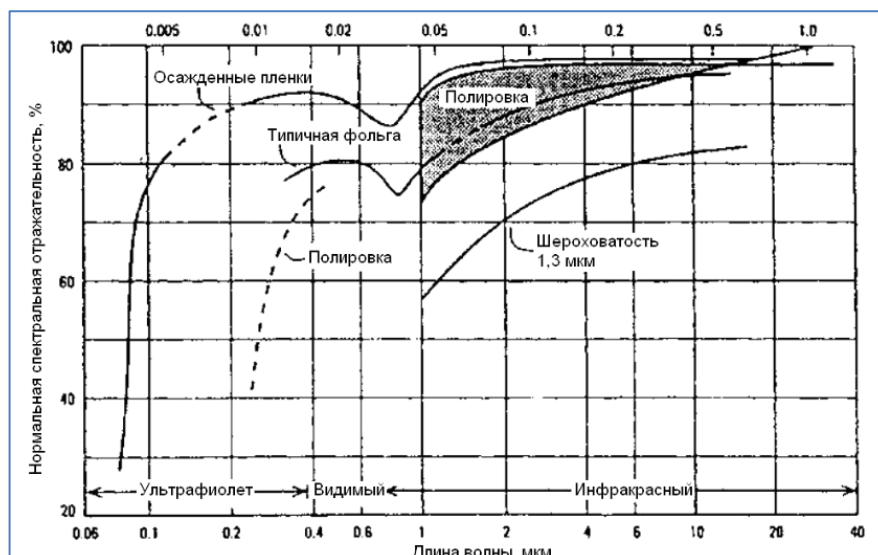


Рисунок 2.5 Коэффициент отражения зеркал из алюминия при разном качестве поверхности [5]

На Рисунке 2.6 показаны экспериментальные графики коэффициента отражения энергии электромагнитных волн в покрытии из анодированного алюминия для частот 0,7-17 ГГц [5]. Коэффициент отражения -1Дб соответствует 90%, -5Дб – 30%, -15Дб – 3%.

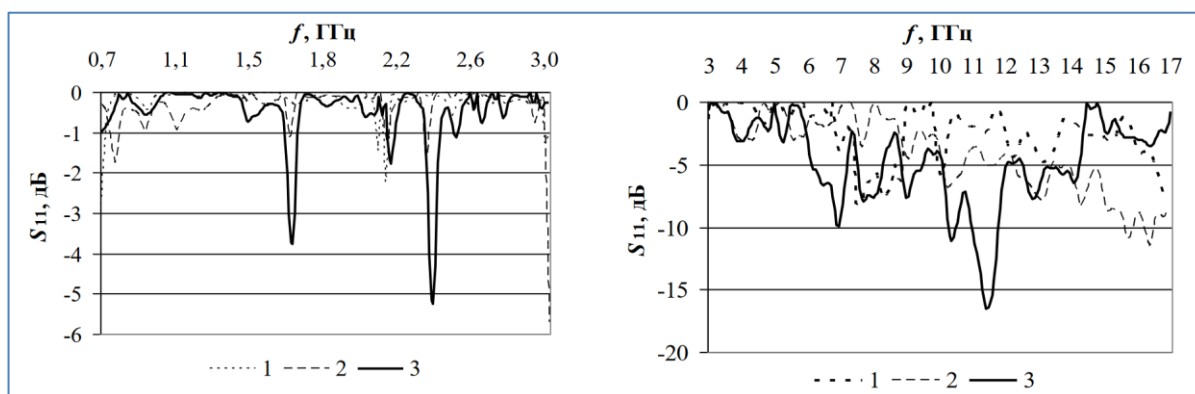


Рисунок 2.6 Частотные зависимости коэффициента отражения энергии электромагнитных волн в диапазоне частот 0,7–3,0 ГГц и 3–17 ГГц для образцов покрытых анодированным алюминием: 1 – толщина слоя 10мкм; 2 – толщина слоя 15 мкм; 3 – толщина слоя 25 мкм

Поскольку, в случае ScanFish, алюминиевая пластина находится в «ближней зоне» относительно источника электромагнитных волн (также, частоты ниже 300МГц), то процесс более корректно описать не как «отражение электромагнитных волн», а как «индуцирование токов Фуко» в цельной алюминиевой пластине. При этом, магнитное поле токов Фуко направлено в противоположную сторону магнитному полю их вызывающему (то есть, магнитному полю катушки обратной связи).

Так или иначе, алюминиевая пластина, находящаяся в зоне действия переменного электромагнитного поля катушки обратной связи (с частотой порядка 350 кГц), создает вторичное электромагнитное поле. Этого вторичного поля, вероятно, оказывается достаточно, чтобы рассогласовать колебания в катушке обратной связи, что приводит к появлению высокочастотных помех на записях магнитометров G-882.

Заключение

Как видно из описанного выше, болты, установленные в непосредственной близости от магнитных датчиков (Рисунок 1.3) являются конструктивным недостатком Scan Fish, который приводит к появлению на записях магнитного поля VG_{prh}-аномалий (аномалий, связанных с креном-дифференлом Scan Fish) на записях градиента магнитного поля. Фактически, VG_{prh}-аномалии являются шумом, создаваемым металлическими частями, расположенными близко к датчику магнитного поля. Наиболее сильно шум будет проявляться в районах с относительно изрезанным рельефом (например, зонах песчаных волн), который будет огибаться Scan Fish.

Амплитуда VG_{prh}-аномалий на записях полного вектора магнитного поля и на записях VG составляет от 2–3 нТл (размах крена 2–3 градуса) до 10–12 нТл (размах крена 45–50 градусов). При сильном влиянии болтов записи магнитного поля выглядят целиком зашумленными (Рисунок 1.6, Рисунок 1.7). Такие записи могут стать причиной появления множества «ложных низкоамплитудных аномалий» и маскировки реальных низкоамплитудных аномалий, обусловленных магнитными массами.

Уменьшение шума от металлических частей, расположенных близко к датчику магнитного поля, возможно путем отбора болтов «слабо-влияющих на измерения магнитного поля» (тестирование болтов, путем их перемещения вблизи магнитного сенсора, при установке магнитометра вдали магнитных масс и источников электромагнитного шума). Также необходимо проводить тестирование-отбор гаек, в которые вкручиваются болты (для некоторых конструкций Scan Fish гайки находятся внутри пластиковых частей рамы).

Алюминий не является магнитным, однако обладает высокой электропроводностью. Присутствие цельных пластин из электропроводящего металла, в непосредственной близости от магнитного датчика, вероятно будет создавать наводки в катушке обратной связи магнитометра G-882 (Рисунок 2.3, Рисунок 2.4) и приводить к появлению высокочастотного шума на записях магнитного поля (Рисунок 2.2). Поэтому крайне не рекомендуется устанавливать вблизи датчика крепежные элементы даже из немагнитных, но электропроводящих материалов.

Радикальным методом уменьшения шума от металла расположенного вблизи датчиков магнитного поля, является изменение конструкции рамы с удалением крепежа из металла от магнитных датчиков на дополнительные 15–20 сантиметров или замена металлического крепежа на пластиковый.

Список литературы

1. <https://www.xometry.com/resources/materials/what-is-brass/>
2. <https://metallolom-moscow.ru/kakoj-czvetnoj-metall-magnititsya>
3. <https://faculty.epss.ucla.edu/~ctrussell/ESS265/History.html>
4. G-882 cesium marine magnetometer 25919-OM Rev. F, Operation Manual, March 14, 2003 (https://geometrics.com/wp-content/uploads/2018/10/G-882Man_RevF.pdf)
5. Электромагнитные экраны на основе алюминия, его оксидов и углеродных волокон. технологии, конструкции и свойства: монография / Абдулхади Хаисам Дия Абдулхади [и др.]; под ред. Л.М. Лынькова. – Минск: Бестпринт, 2021. — 120 с., ISBN 978-985-7267-16-3.