

The background of the document is a photograph of a ship's deck. In the foreground, there is a large, coiled rope, likely a mooring line, which is light-colored and has a thick, braided texture. To the left of the rope, there is a dark, cylindrical object, possibly a part of the ship's equipment. In the background, the sea is visible with white-capped waves, suggesting a rough or stormy sea. The overall color palette is dominated by blues and greys, with the white of the waves providing contrast.

Сравнение курса компаса SSS и курса, рассчитанного как ВТТР

Особенности учета курса SSS, при буксировке в
условиях сильного волнения моря

Rev. 1.1

R.V. Geo Ocean IV / Ivan D.
29.07.2024

Содержание

Введение	3
1. Сравнение показаний компаса с расчетами ВТТР	4
2. Сравнение мозаик	7
3. Зоны растяжения	10
4. Причины возникновения рысканья SSS	12
4.1 Влияние крена	12
4.2 Влияние вертикальных перемещений и тангажа	13
4.3 Кильватерный след	15
Заключение	16
Приложение 1. Код MatLab	17

История изменений

Версия	Дата	Описание изменений
1.0	2022-11-29	Документ создан // Иван Д.
1.1	2024-07-29	Документ пересмотрен // Иван Д.

Список рисунков

Figure 1.1 Мозаика SSS с открытым трубопроводом, созданная с помощью ВТТР (а) и компаса (b).	3
Figure 2.1 Сравнение курса ВТТР (красный цвет) и курса по компасу (синий цвет)	4
Figure 2.2 Сравнение долгопериодного тренда ВТТР и курса компаса	5
Figure 2.3 Магнитный курс (синий цвет) и синтетический курс (красный цвет)	6
Figure 3.1 Результаты сравнения мозаик, созданных с использованием ВТТР(а), синтетического (b) и магнитного (c) курсов, и батиметрических данных (d)	7
Figure 3.2 Сравнение мозаик, построенных с использованием ВТТР (а), магнитного (b) и слабо сглаженного магнитного (c) курсов	9
Figure 4.1 Края мозаики SSS для различных характеристик рысканья	10
Figure 4.2 Образование "краев мозаики SSS" при движении SSS вдоль линии съемки и во время дрейфа	11
Figure 5.1 Влияние качки (крена) на смещение точки буксировки	12
Figure 5.2 Схематическое изображение буксировочной системы с механизмом компенсации вертикальных смещений (высота точки буксировки постоянна над уровнем воды)	15
Figure 5.3 Рассеивание следов судна	15

Введение

Благодарность Harry K., который "выпрямил трубопровод", его Figure 1.1

На **Figure 0.1** показан фрагмент мозаики SSS. При создании мозаики, показанной в левой части рисунка, использовался курс SSS, рассчитанный по направлению от транспондера USBL на точку буксировки SSS (Bearing to Tow-point или BTTP). При создании мозаики, показанной в правой части рисунка, использовался курс, полученный с компаса, установленного в SSS (компас представляет собой сборку, включающую: магнитный компас, основанный на эффекте Холла, акселерометр и два гироскопа). Запись SSS (**Figure 0.1**) была выполнена в относительно плохую погоду, при сильном волнении моря. Как видно из **Figure 0.1**, эффект волнения моря вносит искажения в мозаику, построенную с использованием курса BTTP, в то же время искажения на мозаике значительно ослабляются при использовании курса, полученного с компаса SSS.

В документе выполнено детальное сравнение курсов BTTP и компаса SSS; показано, что появление искажений связано с рысканьем SSS, которое не может быть учтено при расчете курса как BTTP. Для сравнения были взяты данные SSS со следующими параметрами съемки:

- съемка выполняется при помощи SSS ET4200 без депрессорного крыла;
- наклонная дальность 75 м, длина буксировочного троса 25-40 м, скорость судна 4-4,5 узла;
- глубина моря 20-25 м, пограничные погодные условия, сильная качка судна;
- буксировка SSS осуществляется с П-рамы на корме судна, высота точки буксировки 6 метров над уровнем воды.

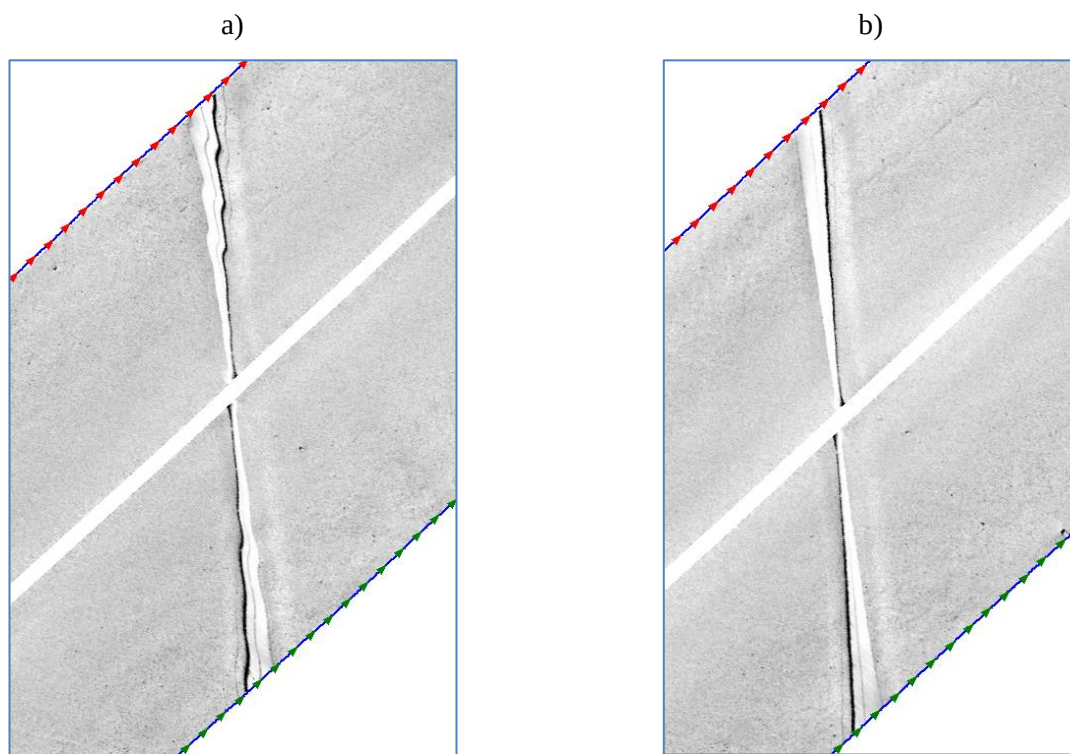


Figure 0.1 Мозаика SSS над открытым трубопроводом, полученная при использовании курсов BTTP (a) и компаса SSS (b)

1. Сравнение показаний компаса с расчетами ВТТР

Чтобы сравнить курс, рассчитанный как ВТТР, и курс, измеренный при помощи компаса SSS, возьмем файл с записью SSS, которая была получена в неблагоприятных погодных условиях. В первой копии файла сохраним курс по магнитному компасу SSS. Во вторую копию файла с помощью Nav-Injector (SonarWiz) прошьем курс ВТТР, рассчитанный QINSy. Курс магнитного компаса, записанный в файле, показан на *Figure 1.1, a* синим цветом; курс ВТТР показан на *Figure 1.1, a* красным цветом.

Полученные графики сдвинуты относительно друг друга на 16 градусов (*Figure 1.1, a*). Это значение сдвига включает: погрешность калибровки компаса SSS, Гауссово сближение (сближение меридианов) и поправку за магнитное склонение компаса SSS.



Figure 1.1 Сравнение курса ВТТР (красный цвет) и курса компаса SSS (синий цвет)

а) исходные данные; б) курс компаса SSS, сдвинутый к ВТТР; с-д) увеличенные участки графиков. Частота пингов SSS – около 10 в секунду, номер пинга показан на горизонтальной оси.

Если компас SSS откалиброван неправильно, то величина поправки к компасу SSS будет зависеть от направления линии съемки (то есть, величина поправки будет разной для разных направлений); также к значениям курса будут добавляться доли углов от крена и тангажа.

На **Figure 1.1, b** график курса по компасу сдвинут к ВТТР. **Figure 1.1, c-e** показывает увеличенные участки графиков. Как видно на **Figure 1.1, c-e**, на графике магнитного курса присутствуют относительно высокочастотные колебания с амплитудой около 6 градусов. На графике курса ВТТР наблюдаются колебания близкого периода, но гораздо меньшей амплитуды и с изменяющимся сдвигом фазы относительно курса по компасу. **При вычислении курса ВТТР колебания положения транспондера USBL должны быть неразличимы из-за относительно редких (1-2 секунды) сообщений транспондера и погрешности определения его положения.** Вероятно, колебания на графике ВТТР связаны с креном судна и колебаниями точки буксировки, которые “просачиваются” на график курса за счет интерполяции между точками определения положения транспондера по USBL в сочетании с высокой скоростью поступления данных с MRU. Совпадение периодов колебаний для компаса SSS и ВТТР объясняется общим источником колебаний -- волнением моря.

Сравнение графиков (**Figure 1.1, b**) показывает, что курсы компаса SSS и ВТТР различаются и на длинных периодах (красный и синий графики неравномерно смещены относительно друг друга по вертикальной оси). Для более наглядного представления было выполнено сглаживание графиков в скользящем окне шириной 300 значений при помощи линейной регрессии. Результаты сглаживания представлены на **Figure 1.2, a** (графики совмещены по вертикальной оси). Результаты вычитания графиков (без добавления сдвига по вертикальной оси) показаны на **Figure 1.2, b**. Как видно из результата вычитания, курсы отличаются на 15-17 градусов, причем длиннопериодный тренд составляет порядка 5 градусов на протяжении линии съемки.

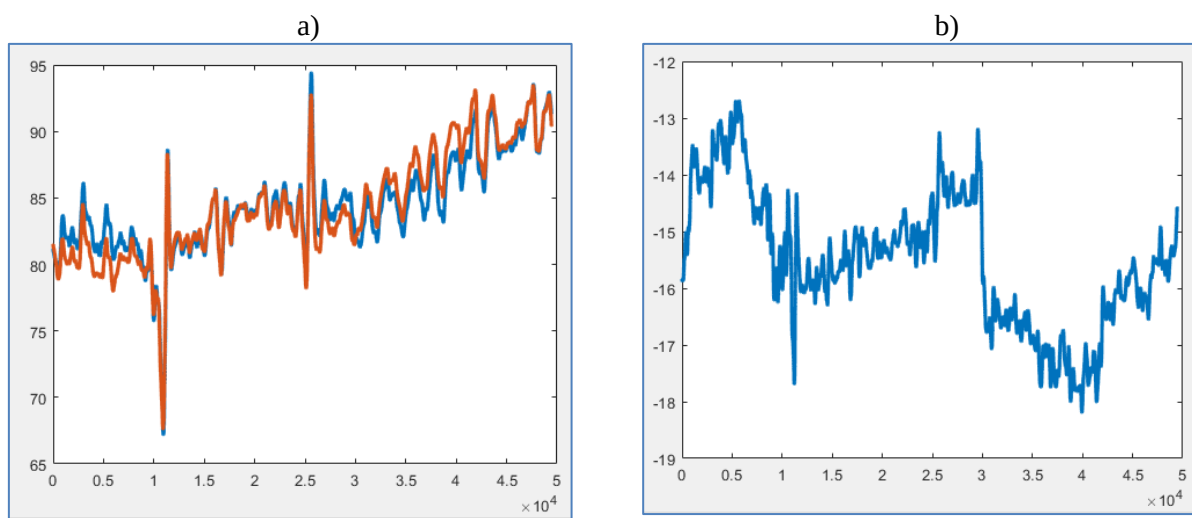


Figure 1.2 Сравнение длиннопериодного тренда ВТТР и курса компаса

- (a) Результаты сглаживания для курсов ВТТР и компаса (с поправкой за сдвиг компаса SSS),
- (b) Результаты вычитания длиннопериодных трендов (без поправки за сдвиг компаса SSS).

Проведем следующие расчеты: (1) вычтем из магнитного курса длиннопериодный тренд, в результате чего получим короткопериодные колебания; (2) сложим короткопериодные колебания магнитного курса с длиннопериодным трендом курса ВТТР. В результате вычислений получим "синтетический курс", в котором длиннопериодный тренд вычислен как ВТТР, а короткопериодный тренд получен из измерений магнитного компаса. Графики синтетического курса и курса, определенного по магнитному компасу, показаны на *Figure 1.3*.

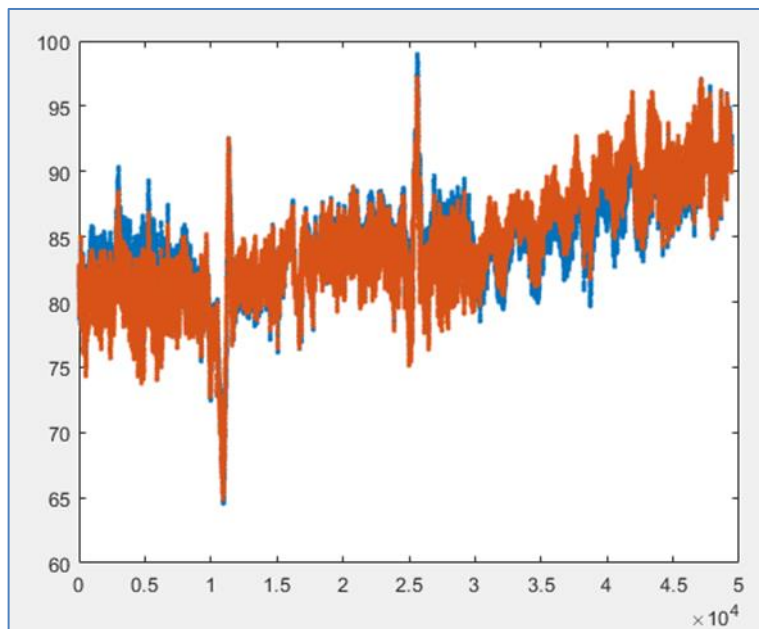


Figure 1.3 Магнитный курс (синий цвет) и синтетический курс (красный цвет)

2. Сравнение мозаик

Выполним сравнение мозаик SSS, созданных для тестовой линии съемки с использованием различных курсов: (1) курса ВТТР; (2) синтетического курса с длиннопериодным трендом от ВТТР и короткопериодными колебаниями от магнитного компаса; (3) курса магнитного компаса SSS.

Для сравнения был выбран участок дна с плотной песчаной рябью (использовалась та же линия съемки, что и на предыдущих рисунках). Результаты сравнения представлены на *Figure 2.1*.

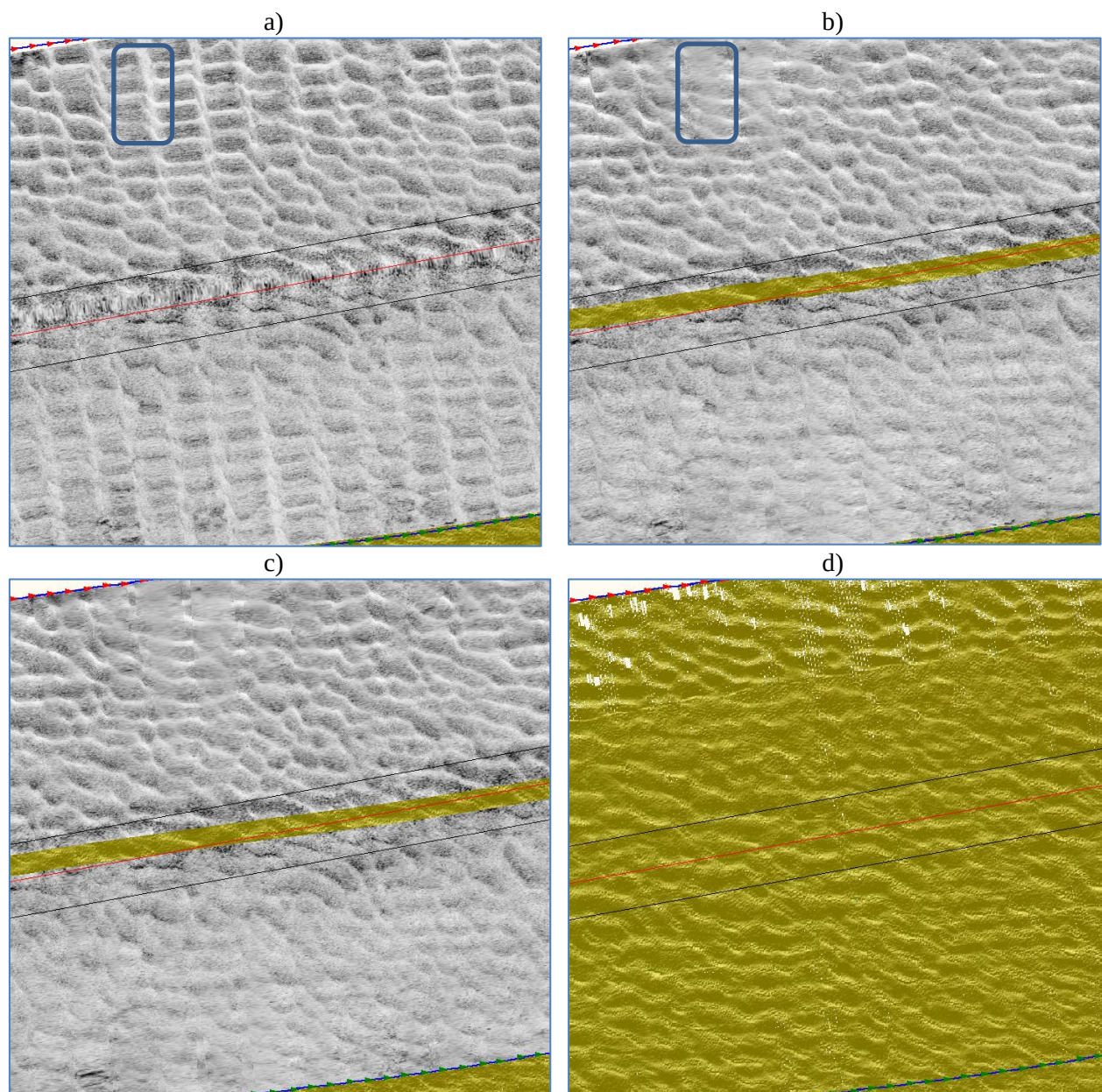


Figure 2.1 Результаты сравнения мозаик, созданных с использованием ВТТР(a), синтетического (b) и магнитного (c) курсов, и батиметрических данных (d)

Как видно из [Figure 2.1](#), мозаика, рассчитанная как ВТТР, имеет характерные артефакты сжатия-и-растяжения, поскольку курс ВТТР не учитывает рысканье SSS. На рисунках с синтетическим курсом и с магнитным курсом такие артефакты отсутствуют. На их месте появляются "зоны растяжения, в которых количество пингов SSS на единицу площади уменьшается. Положение "артефакта" и положение "зоны растяжения" показаны на [Figure 2.1](#) синими прямоугольниками. Таким образом, использование курса компаса SSS дает лучшие результаты в присутствии короткопериодных рысканий SSS.

Рисунки с синтетическим курсом и магнитным курсом, на первый взгляд, мало чем отличаются ([Figure 2.1, b-c](#)). Однако, детальное сравнение данных SSS с данными батиметрии, показывает лучшее совпадение положения песчаных волн на краях сонограммы SSS при использовании курса компаса SSS. Для достижения такого же совпадения синтетический курс требует коррекции на 1-2 градуса, которая не является постоянной на протяжении всей линии съемки (при этом величина коррекции хорошо коррелирует с графиком вычитания, показанным на [Figure 1.2](#)). Таким образом, на длинных периодах, курс компаса SSS также дает лучшие результаты чем ВТТР; это, вероятно, связано с изменением угла поворота буксируемого SSS под влиянием течения, что также не может быть учтено при помощи ВТТР.

В общем случае точность методов расчета курса SSS возрастает в следующем порядке: (1) Track-made-good, (2) ВТТР, (3) SSS compass. Однако, при сравнении методов на реальных данных, возможны исключения; например, в некоторых случаях вычисления с использованием Track-made-good давали наилучший результат. Поэтому, при выполнении съемки желательно протестировать все методы вычисления курса SSS и выбрать тот, который даст наилучшую корреляцию с данными батиметрии. Однако, при ухудшении погодных условий и появлении сильного рысканья SSS, использование компаса SSS безусловно будет являться наилучшим методом.

На [Figure 2.2](#) показана мозаика SSS, полученная над линейным объектом (трубопроводом), построенная с использованием следующих курсов SSS:

- а) курс ВТТР,
- б) курс компаса SSS,
- в) курс компаса SSS, при сглаживании в окне для 100 пингов в SonarWiz.

Как видно из [Figure 2.2](#), применение слабых сглаживающих фильтров в SonarWiz может дать лучший результат, чем полное отсутствие фильтров.

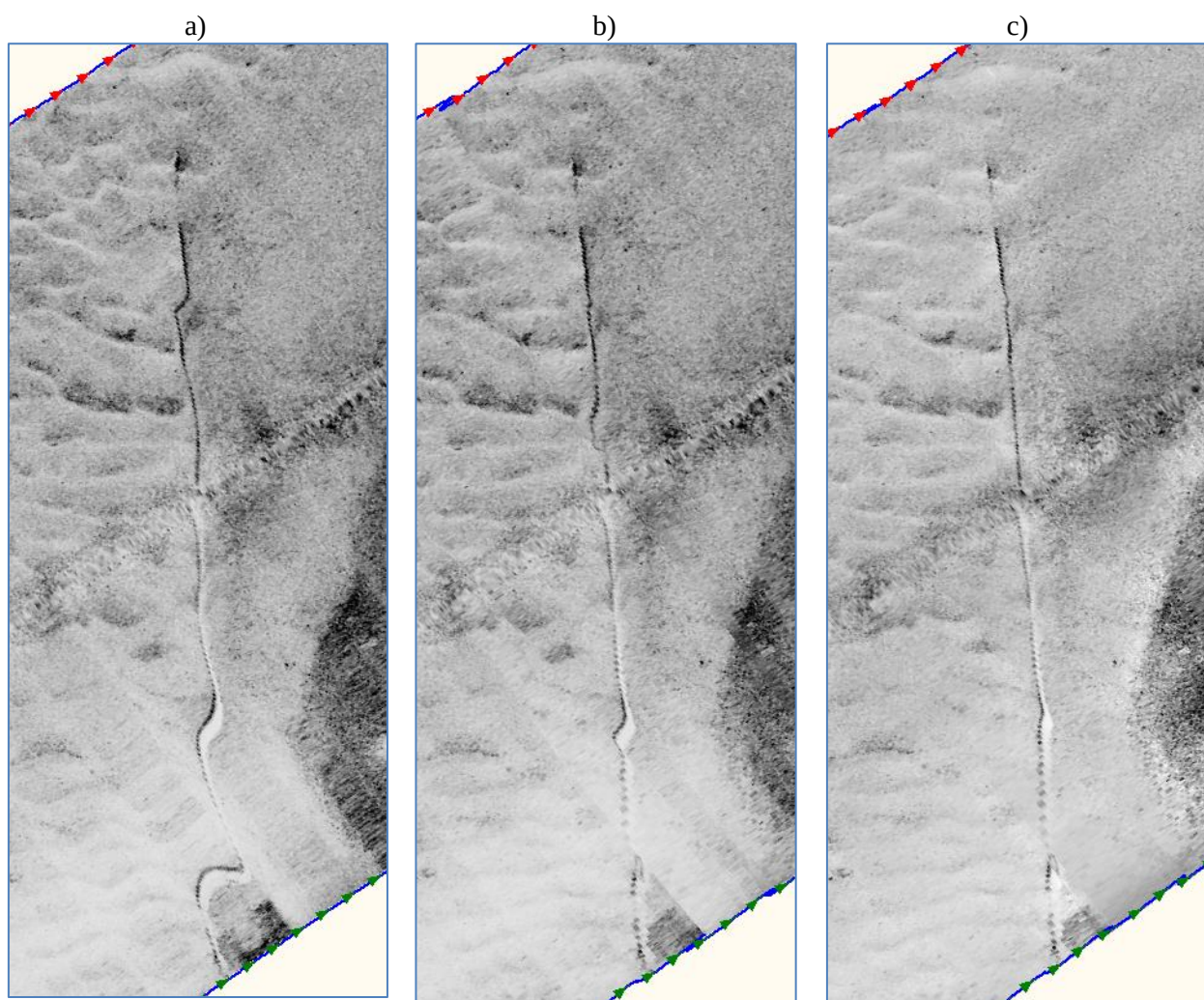


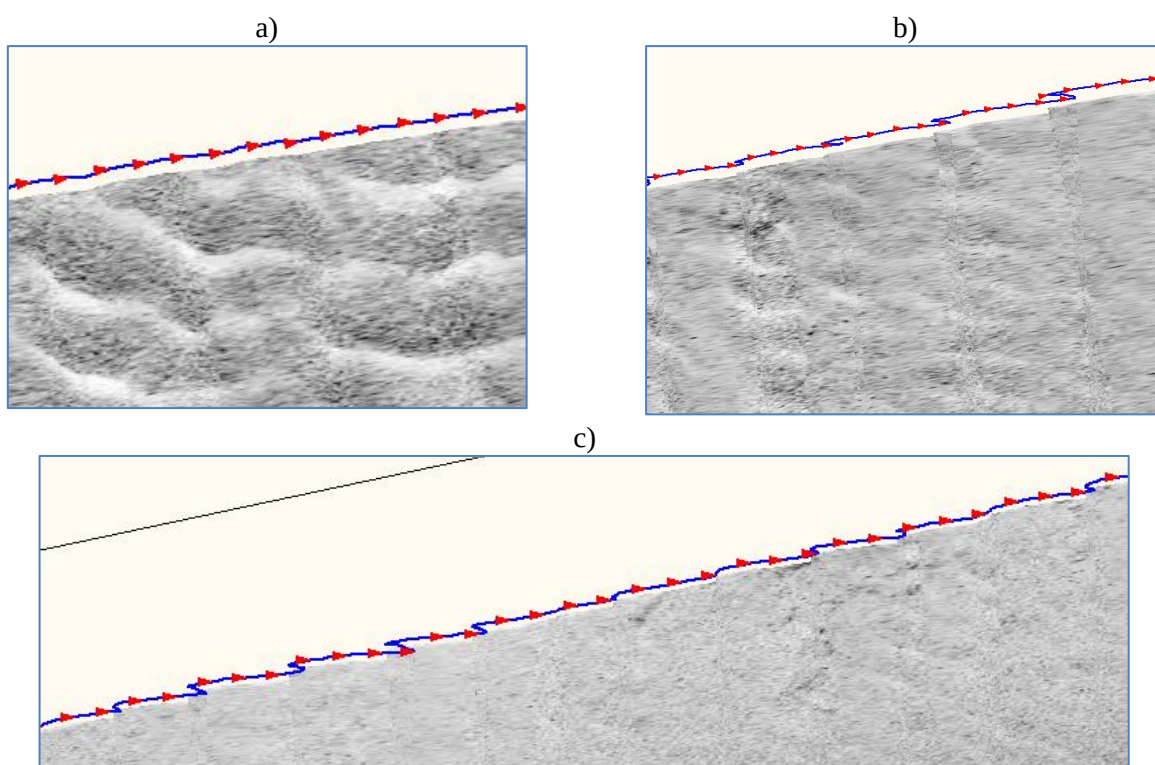
Figure 2.2 Сравнение мозаик, построенных с использованием ВТТР (a), магнитного (b) и магнитного, при сглаживании в окне 100 пикселей (c) курсов

3. Зоны растяжения

Рассмотрим зоны растяжения, показанные на [Figure 3.1](#), более подробно. Эти зоны обусловлены скоростью "поворота пинга" при рыскании SSS, которая суммируется со скоростью движения SSS. Когда условный "конец пинга" движется в направлении, противоположном движению SSS, их скорости вычитаются, что приводит к большей плотности пингов на единицу площади дна (или даже к "движению" пингов в обратном направлении). Когда условный "конец пинга" движется в направлении движения SSS, их скорости складываются, что приводит к уменьшению плотности пингов и появлению характерных растяжений на мозаике.

При слабом течении продольная ось SSS располагается в направлении линии съемки, а направление пингов SSS перпендикулярно линии движения. Это заставляет "концы пинга" колебаться в направлении, параллельном направлению съемки, и формирует картину, показанную на [Figure 3.1, a](#). При значительном рыскании SSS, отклонение «концов пингов» станет значительным и приведет к появлению характерной «гребенки», показанной на [Figure 3.1, b](#).

При воздействии сильного течения на SSS и буксировочный трос происходит снос SSS. В этом случае корпус SSS будет направлен под углом к линии съемки ([Figure 3.2](#)). Соответственно, пинги также будут повернуты относительно перпендикуляра к линии съемки. В этом случае, даже при слабом рыскании SSS на краях мозаики появится характерная «гребенка» ([Figure 3.1, c](#)).



[Figure 3.1](#) Края мозаики SSS при различных углах сноса SSS

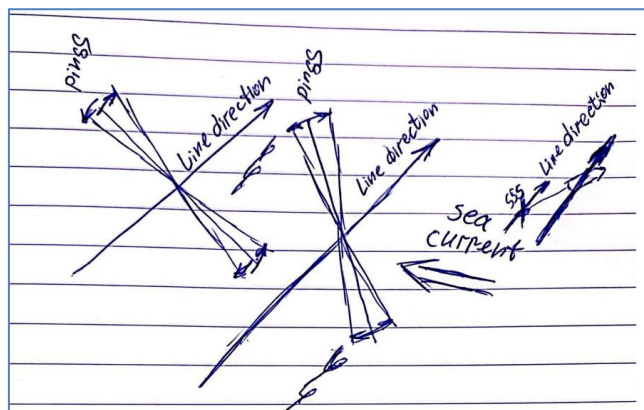


Figure 3.2 Механизм образования «гребенки» на краях мозаики, при движении SSS вдоль линии съемки и при «сносе» SSS

Косвенным следствием рассмотренной закономерности является следующее: если снос SSS отсутствует, то при введении правильного угла коррекции для компаса SSS, «гребенка» на краях мозаики (построенной по линии SSS) должна исчезнуть (**Figure 3.1, a**). При наличии сноса SSS «гребенка» будет наблюдаться по краям мозаики вне зависимости от введенного угла коррекции.

4. Причины возникновения рысканья SSS

Рысканье SSS появляется при неблагоприятных погодных условиях. Рассмотрим причины его возникновения.

Когда SSS находится на глубине 10-15 метров, влияние морских волн высотой 1-1,5 метра на буксируемое устройство маловероятно, поскольку поверхностные волны практически не достигают этой глубины.

Вероятной причиной возникновения рысканья является перемещение точки буксировки, вызванное качкой судна, которое приводит к изменению натяжения буксировочного троса и, в предельном случае, к рывкам за буксировочный трос. При достаточно длинном буксировочном тросе любые перемещения точки буксировки будут приводить к ускорению и замедлению SSS в толще воды (даже 20-30 метров буксировочного троса – достаточно сильный демпфер, чтобы поглотить любые поперечные движения точки буксировки и превратить их в "продольные движения" на конце буксировочного троса).

4.1 Влияние крена

Влияние крена на смещение точки буксировки показано на [Figure 4.1](#). На [Figure 4.1, a](#), горизонтальная линия схематично показывает кромку кормы (плоскость перпендикулярна диаметральной плоскости судна, метacentр проецируется на центр кормы), вертикальные линии схематично показывают конструкцию для крепления точки буксировки, а окружность – точку буксировки SSS (положение блока, через который пропущен буксировочный кабель). Ширина кормы составляет 9 метров, высота точки буксировки – 4,5 метра, угол крена – 10 градусов.

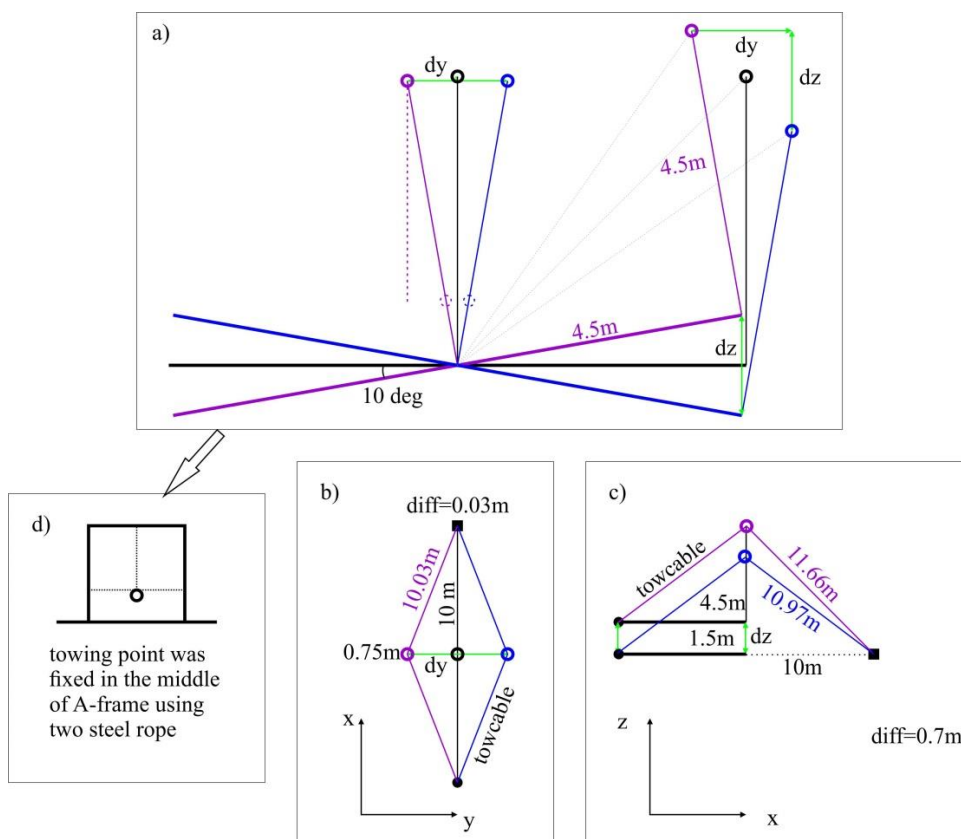


Figure 4.1 Влияние крена на смещение точки буксировки

Из *Figure 4.1, a* видно, что, когда точка буксировки расположена на линии центральной плоскости, вертикальное смещение dz (которое образуется при качке) незначительно; смещение в горизонтальной плоскости dy составляет 0,75 м в каждую сторону. Если опустить точку буксировки на гибком тросе (вертикальная пунктирная линия), то теоретическая величина dy изменится незначительно (в реальности картина будет иная из-за натяжения троса). Если при опускании точка буксировки будет зафиксирована, тогда значение dy уменьшится (см. пунктирные окружности). Вариант крепления точки к буксировочной П-образной раме с помощью двух тросов показан на *Figure 4.1, d*. С другой стороны, уменьшая высоту точки буксировки, мы приближаем точку ввода троса в воду к корме и вводим трос в зону сильного влияния турбулентного потока; этот фактор может оказать негативное влияние на устойчивость перемещения SSS.

На *Figure 4.1, b* показан вид сверху на «раскачивающуюся» точку буксировки. Черный круг показывает точку выхода буксировочного троса из лебедки (лебедка установлена на линии диаметральной плоскости судна), черный квадрат показывает условную точку входа буксировочного троса в воду. В первом приближении, в воздухе буксировочный трос может смещаться свободно, однако после входа в воду поперечные перемещения троса демпфируются водой, и перемещения троса «трансформируются» в продольные (вдоль троса), что вызывает только продольные перемещения SSS. Оценим, в первом приближении, амплитуду продольных перемещений, оценивая изменение длины троса dL на участке «лебедка - точка буксировки - точка входа в воду». При крене 0 длина троса (лебедка-вода) составит 20 метров, при крене 10 градусов длина троса составит 20,06 метра, тогда «изменение длины троса» $dL=0,06$ метра. То есть, при рассматриваемых параметрах **движение точки буксировки в направлении «вдоль кромки кормы» будет слабо влиять на равномерность движения SSS.**

На *Figure 4.1, a* также показана точка буксировки, расположенная рядом с бортом. В этом случае смещение dy не изменяется, но добавляется смещение dz , которое в нашем случае равно 1.5 метра (между положением точки буксировки для крайних углов). На *Figure 4.1, c* схематично изображена система точек «лебедка - точка буксировки - точка входа в воду» в плоскости, параллельной диаметральной плоскости судна (лебедка установлена так, что dz для лебедки и точки буксировки равны). Значение dL для участка «лебедка - точка буксировки» всегда будет равно 0; для участка «точка буксировки - вода» $dL=0,7$ м, что приводит к изменению натяжения буксировочного троса, «подтягиванию» SSS, и влияет на равномерность движения SSS. То есть, **движение точки буксировки в вертикальной плоскости приведет к «изменению натяжения буксировочного троса» и повлияет на равномерное движение SSS.**

4.2 Влияние вертикальных перемещений и тангажа

Figure 4.1, c может быть рассмотрен в контексте вертикальных смещений, вызванных тангажом (pitch) (подъемом-опусканием кормы) и heave (означающим вертикальные смещения на широкой волне всего корпуса судна, включая метацентр). Оба этих перемещения будут

приводить к «изменению натяжения буксировочного троса» и повлияют на равномерное движение SSS.

При изменении натяжения буксировочного троса также необходимо учитывать «скорость изменения натяжения». Если судно плывет по очень длинной и широкой волне, перемещения будут относительно медленными и плавными, что приведет к плавному “натяжению” и “отпусканию” буксировочного троса SSS. На более короткой волне картина изменится: после подъема кормы с ускорением (натяжение троса) последует быстрое «проваливание» кормы (ослабление троса), при котором SSS находится в «свободном падении» (фраза намеренно гипертрофирована), далее происходит встречный подъем кормы, что приводит к «рывку» за трос. Основную дестабилизацию движения SSS можно связать как с моментом «проваливания» кормы, так и с началом ее подъема; можно предположить, что движущийся в воде буксировочный трос гасит (сглаживает) процесс при ослаблении троса, и основная «дестабилизация SSS» происходит именно в момент начала подъема кормы, при рывке за буксировочный трос (на начальном этапе подъема выбирается «слабина» троса в воздухе, после чего следует «рывок», обусловленный уже приобретенным ускорением кормы).

Если предположить, что в районе исследования присутствует течение, то при ослаблении троса (замедлении SSS) его курс изменится – через несколько секунд корпус SSS начнет разворачиваться под действием течения, в то время как буксировочный трос будет сохранять свое направление и положение в толще воды. При натяжении троса SSS увеличит скорость и его курс изменится в сторону направления троса. Результатом описанного процесса станет рысканье SSS.

С учетом описанного выше, для стабилизации SSS (устранения причин рысканья) необходимо выполнить два взаимосвязанных условия:

- 1) поддерживать постоянное натяжение буксировочного троса, вне зависимости от качки судна,
- 2) точка на тросе, которая входит в воду, не должна «перемещаться» (положение сегмента троса, находящегося в водной толще, должно оставаться постоянным относительно метacentра судна).

Решением может быть специальная лебедка с системой управления, которая подключается к потоку данных от MRU на борту судна и от сборки компаса (магнитный компас, акселерометр, наклономер) на SSS, и с учетом этих данных компенсирует влияние качки судна, подтягивая и отпуская буксировочный трос. Возможно, приемлемую стабилизацию движения SSS можно получить при помощи простейшей механической системы грузов и блоков, которая показана на **Figure 4.2**. Система построена в предположении, что для кормы судна тангаж вызывает преимущественно вертикальные движения, а поплавки и система блоков удерживают точку буксировки на постоянной высоте над уровнем воды за кормой. Конечно, поплавки будут подниматься и опускаться на волнах, и система будет полезна только в том случае, если амплитуда вертикального смещения кормы больше, чем высота волн.

Наилучшим вариантом системы стабилизации представляется перемещение точки буксировки (по аналогии с показанным на **Figure 4.2**), но выполняемое с помощью отдельного электрического мотора и системы управления, подключенной к датчикам на борту судна и на SSS.

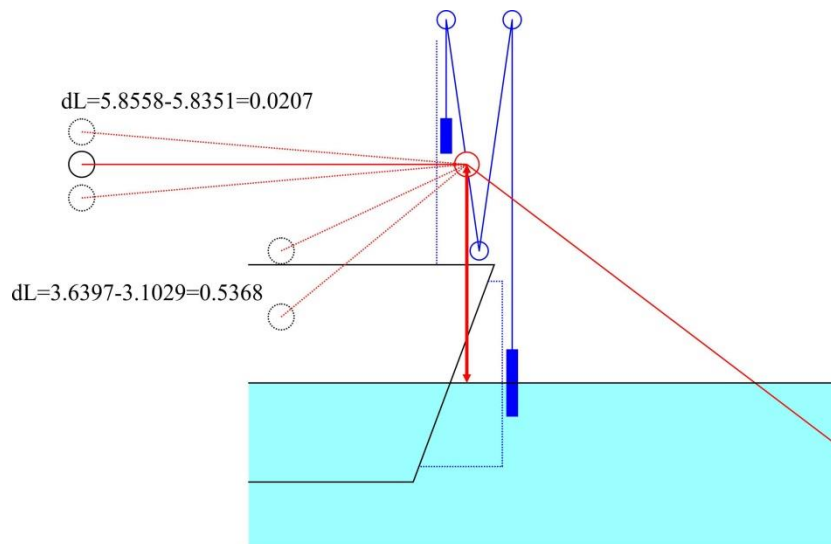


Figure 4.2 Схема буксировочной системы с механической компенсацией вертикальных смещений (высота точки буксировки постоянна над уровнем воды)

4.3 Кильватерный след

Дополнительной причиной рыскания SSS, при очень малой длине буксировочного кабеля, может являться эффект рассеивания кильватерного следа судна, вызванный качкой судна и увеличением оборотов двигателя из-за неблагоприятной погоды. Из-за наклонов корпуса судна увеличивается зона турбулентности, которая может начать влиять на буксируемый SSS и привести к дополнительной дестабилизации движения SSS. (**Figure 4.3**).

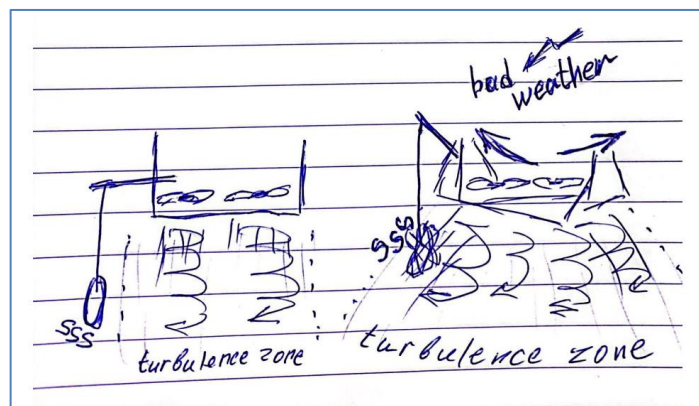


Figure 4.3 Рассеивание кильватерного следа судна

Обычно "толщина" кильватерной струи составляет примерно 1.5 осадки судна, поэтому, если работы проводятся на малой глубине и буксируемый SSS находится в зоне влияния кильватерного следа от судна, то удаление точки буксировки на выстреле (как можно дальше от борта судна) может вывести SSS из зоны влияния кильватерной струи и сделать его движение более «стабильным». С другой стороны, увеличивая длину стрелы и удаляя точку буксировки от диаметральной плоскости, мы увеличиваем вертикальное смещение dz создаваемое креном; это, в свою очередь, приводит к изменению натяжения буксировочного троса.

Заключение

- 1) В процессе работы могут быть использованы четыре метода оценки курса SSS (Track-made-good, ВТТР, синтетический, компас SSS). Каждый из методов оценки имеет свои ограничения и исходные допущения. Каждый метод давать лучший результат для разных условий съемки и состояния оборудования.
- 2) В условиях штормового моря у буксируемого SSS возникает рыскание, что приводит к появлению зон растяжений на сонограммах (углы тангажа, крена и рысканья буксируемого SSS изменяются на $\pm 2-4$ градуса). В этих условиях наилучшим методом определения курса SSS является использование компаса SSS.
- 3) При использовании магнитного компаса SSS необходимо ввести поправочный угол (shift-value), который включает в себя
 - постоянные компоненты, такие как поправка за магнитное склонение и схождение меридианов,
 - переменные компоненты, зависящие от направления линии профиля, такие как поправка за магнитное поле судна и поправка за неправильную калибровку компаса.
- 4) Рыскание SSS особенно сильно проявляется на малых глубинах (при малой длине буксировочного троса) в условиях сильного волнения моря. Вероятной причиной рысканья является перемещение точки буксировки при качке судна, которое приводит к изменению натяжения буксировочного троса, а в пределе -- к рывкам за буксировочный трос. При размещении точки буксировки на диаметральной плоскости судна, крен будет слабо дестабилизировать движение SSS; основной вклад в дестабилизацию движения SSS будут вносить вертикальные перемещения (heave) и тангаж.

Приложение 1. Код MatLab

Загрузка Jsf файлов:

```
>>JsfHead1=gJsfHeaderRead('c:\PROG\00001\0372-U.jsf',1); [Head1,Data1]=gJsf0080Read(JsfHead2,1,20);  
>>JsfHead2=gJsfHeaderRead('c:\PROG\00001\0372-U_b.jsf',1); [Head2,Data2]=gJsf0080Read(JsfHead2,1,20);
```

Графики:

```
>> plot((Head1.CompassHeading)/100,'.-');hold on;plot(Head2.CompassHeadingRaw./100,'.-');hold off;
```

Смещение уровня магнитного компаса к ВТТР:

```
>> plot((Head1.CompassHeading-mean(Head1.CompassHeading)+mean(Head2.CompassHeadingRaw))/100,'.-');hold on;plot(Head2.CompassHeadingRaw./100,'.-');hold off;
```

Сглаживание показаний магнитного компаса и ВТТР:

```
>> Head1.CompassHeadingSmooth=smooth(Head1.CompassHeading,300,'lowess');plot(Head1.CompassHeading,'.-');hold on;plot(Head1.CompassHeadingSmooth,'.-');hold off;  
>> Head2.CompassHeadingSmooth=smooth(Head2.CompassHeading,300,'lowess');plot(Head2.CompassHeading,'.-');hold on;plot(Head2.CompassHeadingSmooth,'.-');hold off;
```

Графики долгопериодного тренда:

```
>> plot((Head1.CompassHeadingSmooth-mean(Head1.CompassHeadingSmooth)+mean(Head2.CompassHeadingSmooth))/100,'.-');hold on;plot(Head2.CompassHeadingSmooth./100,'.-');hold off;  
>> plot((Head1.CompassHeadingSmooth-Head2.CompassHeadingSmooth)/100,'.-');hold off;
```

Расчет синтетического курса:

```
>> Head2.CompassHeadingRaw=Head2.CompassHeading;  
>> Head1.CompassHeadingRes=Head1.CompassHeading-Head1.CompassHeadingSmooth;  
Head2.CompassHeading=Head2.CompassHeadingSmooth+Head1.CompassHeadingRes;
```