

Увеличение качества позиционирования объектов на записях SSS

Выбор источника курса SSS, влияние значения
“Time constant for course smoothing” (программе
SonarWiz) на качество позиционирования

Rev. 1.0

R.V. Geo Ranger
26.02.2025

Содержание

Введение	3
1. Ограничения для различных методов оценки курса SSS	3
2. Частота обновления позиции USBL в log-файле	9
3. Влияние значения “Time constant for course smoothing” на координаты целей на сонограмме (SonarWiz).....	10
Заключение.....	14

История изменений

Версия	Дата	Описание изменений
1.0	2025-02-26	Документ создан // Иван Д.

Список рисунков

Figure 1.1 Меню для ввода «поправки за угол поворота SSS» в SonarWiz.....	3
Figure 1.2 Сравнение мозаик, полученных при рывках буксировочного кабеля; (а) мозаика, построенная с использованием ВТТР, (b) мозаика, построенная с использованием магнитного компаса, (с) рельеф дна по данным MBES	4
Figure 1.3 Сравнение мозаик открытой трубы, построенных с использованием (а) ВТТР, (b) магнитного компаса и (с) магнитного компаса, при сглаживании в окне 100 пингов	5
Figure 1.4 Расхождение положения цели на сонограммах с ее реальным положением, при использовании курса ВТТР	6
Figure 1.5 Расхождение положения цели на сонограммах с ее реальным положением, при использовании курса по компасу SSS.....	7
Figure 1.6 Расхождение положения цели на сонограммах с ее реальным положением, при использовании курса по компасу SSS и с дополнительной обработкой координат в MatLab/Octave (удаление выбросов, сглаживание в окне 20 пингов, ввод коррекции времени 0.4 секунды	8
Figure 3.1 Меню для ввода значения “Time constant for course smoothing”	10
Figure 3.2 Смещение объекта на сонограмме при изменении “Time constant for course smoothing” ..	11
Figure 3.3 Смещение объекта на сонограмме при изменении “Time constant for course smoothing” ..	12
Figure 3.4 Установки NavInjector при подшивке координат в файлы jsf	12
Figure 3.5 Смещение точки в области надир на сонограмме с обработанными координатами, при изменении “Time constant for course smoothing” от 300 до 360	13

Введение

В документе рассматривается несколько особенностей, влияющих на точность позиционирования объектов на сонограммах SSS:

- формулируются ограничения для различных методов оценки курса SSS;
- затрагивается вопрос интерполяции данных в CNV-файлах;
- рассматривается влияние значения “Time constant for course smoothing” на качество позиционирования в SonarWiz.

1. Ограничения для различных методов оценки курса SSS

При съемках SSS принято использовать три метода оценки курса:

- Course made good, направление которого рассчитывается «вдоль движения SSS»;
- Направление на точку буксировки (BTTP), рассчитываемое как направление от транспондера USBL на точку буксировки SSS;
- Курс, измененный по компасу, установленному на борту SSS («компас» содержит два гироскопа, электронный наклонномер и магнитный компас, обработка измерений выполняется по относительно сложному алгоритму с использованием фильтра Калмана).

Course made good даст удовлетворительный результат при слабом течении, когда направление корпуса SSS совпадает с направлением перемещения относительно дна, а также отсутствует высокочастотная компонента в изменении координат и курса SSS.

BTTP даст хороший результат позиционирования, если (1) судно движется по прямой линии с постоянной скоростью, (2) течение во время прохождения профиля постоянно по силе и постоянно на разных глубинах. В случае, если сила и направления течения различаются для разных глубин, но не изменяются вдоль линии съемки, то корпус SSS будет иметь постоянный поворот относительно направления на точку буксировки в горизонтальной плоскости. Для компенсации этого эффекта потребуется ввод «поправки за угол поворота SSS». Настройка в SonarWiz для ввода этой поправки показана на *Figure 1.1*.

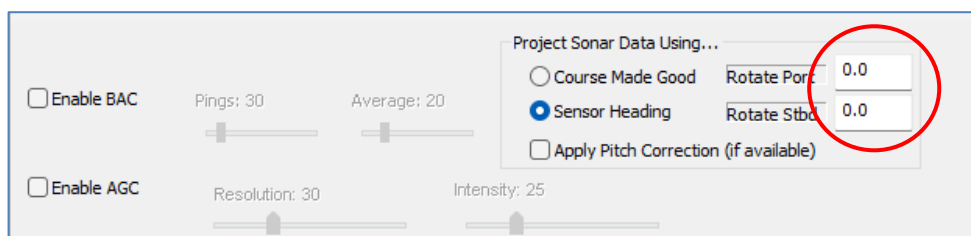


Figure 1.1 Меню для ввода «поправки за угол поворота SSS» в SonarWiz

Использование компаса SSS необходимо при значительном влиянии следующих условий:

- Течение изменяется вдоль профиля съемки (в этом случае, рассмотренная выше поправка «за угол поворота SSS» для BTTP будет изменять свое значение вдоль профиля съемки, а

использование «среднего значения поправки для всего профиля» приведет к расхождению между позицией объектов на дне и на сонограмме);

- При прохождении профиля судно отклоняется от движения по прямой и меняет скорость;
- При работах в пограничную погоду, когда за счет движения кормы на волне возникают «рывки» буксировочного кабеля. В результате «рывков» в перемещении SSS появляется относительно высокочастотное рысканье, которое не может быть описано с помощью данных USBL и «перемещений транспондера USBL».

Разница между применением ВТТР и компаса SSS, возникающая при «рывках буксировочного кабеля», иллюстрируется на *Figure 1.2* и *Figure 1.3*.

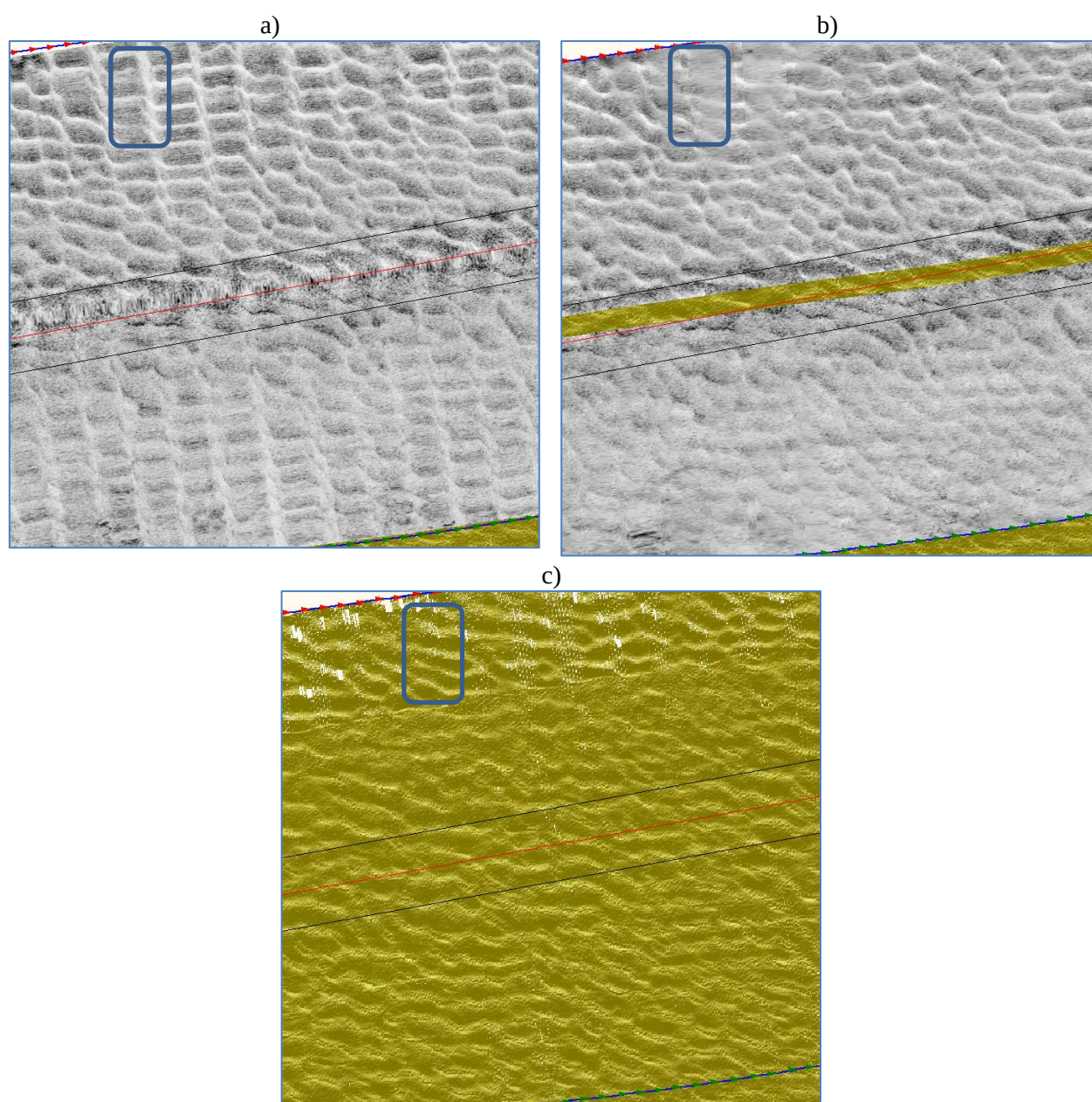


Figure 1.2 Сравнение мозаик, полученных при рывках буксировочного кабеля; (а) мозаика, построенная с использованием ВТТР, (б) мозаика, построенная с использованием магнитного компаса, (с) рельеф дна по данным MBES

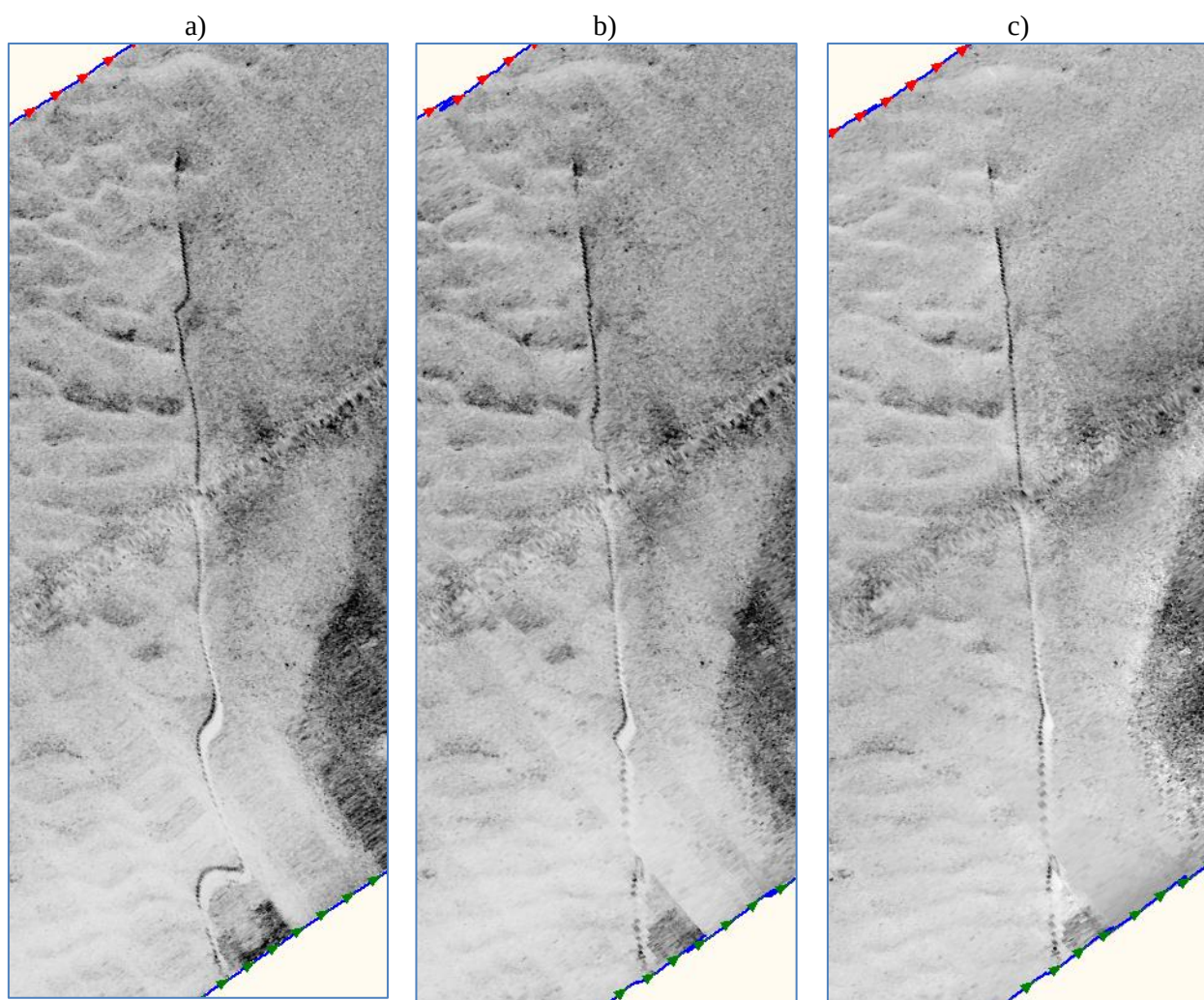


Figure 1.3 Сравнение мозаик открытой трубы, построенных с использованием (а) ВТТР, (b) магнитного компаса и (с) магнитного компаса, при сглаживании в окне 100 пингов

Использование компаса SSS является «универсальным вариантом» и дает наименьшую погрешность при позиционировании. Однако, использование компаса может сопровождаться следующими проблемами:

- (1) применение компаса SSS требует его исправности и калибровки перед началом работ (которая обычно игнорируется);
- (2) компас работает плохо когда SSS находится близко к судну;
- (3) арендованное оборудование может нести нерабочий компас или компас, дающий значительные ошибки.

С учетом этого, при планировании работ, желательно предусматривать два источника курса SSS – компас и ВТТР, в зависимости от того, какой метод дает лучший результат для текущего состояния оборудования и в текущих условиях съемки.

Ниже приведено отклонение цели от ее истинного положения на пяти сонограммах, при использовании следующих типов навигации: (1) ВТТР, (2) компас SSS, (3) компас SSS с навигацией обработанной в MatLab/Octave (удаление выбросов, сглаживание в окне 20 пингов,

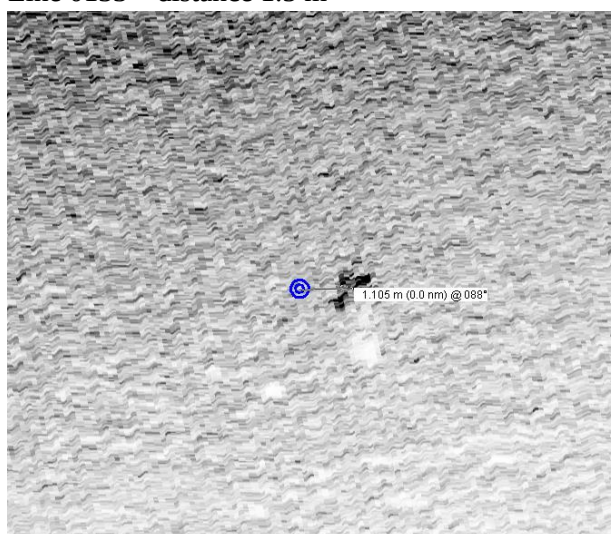
ввод коррекции времени 0.4 секунды). Рывки кабеля отсутствовали, в QINSy использовался алгоритм SKEW.



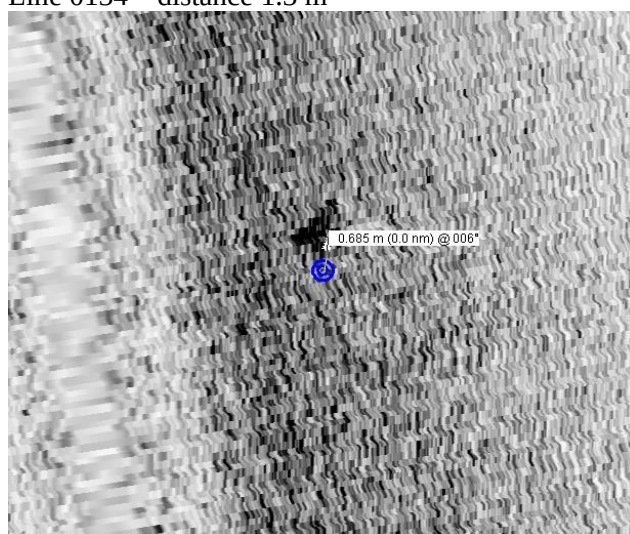
Line 0133 – distance 1.5 m



Line 0134 – distance 1.3 m



Line 0135 – distance 1.1 m

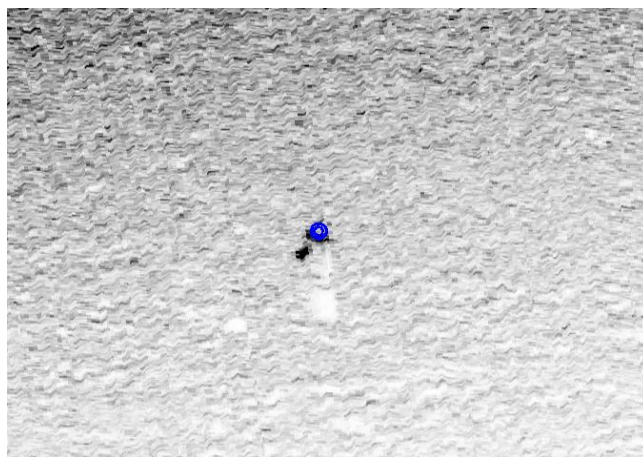


Line 0136 – distance 0.7 m



Line 0138 – distance 2.3 m

Figure 1.4 Расхождение положения цели на сонограммах с ее реальным положением, при использовании курса ВТТР



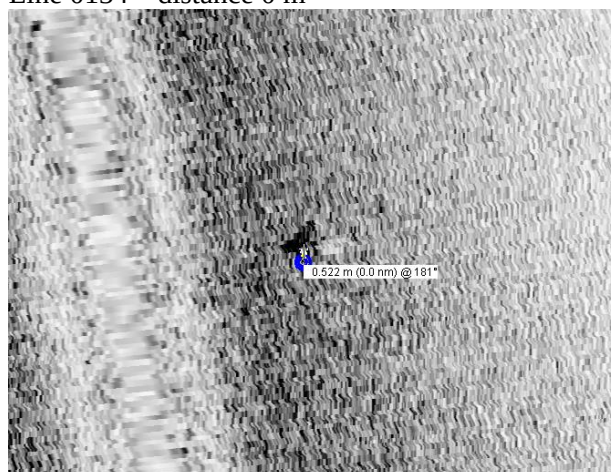
Line 0133 – distance 0.2 m



Line 0134 – distance 0 m



Line 0135 – distance 0.4 m

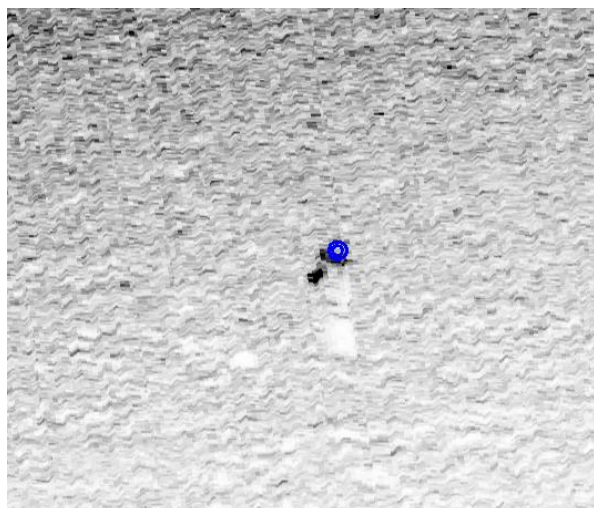


Line 0136 – distance 0.5 m



Line 0138 – distance 0.9 m

Figure 1.5 Расхождение положения цели на сонограммах с ее реальным положением, при использовании курса по компасу SSS



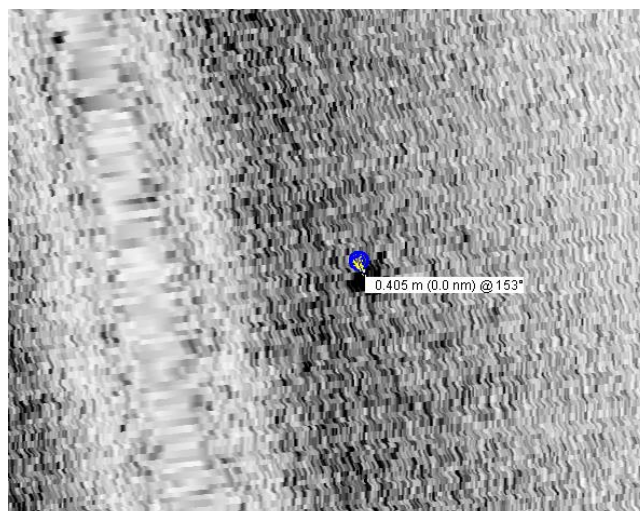
Line 0133 – distance 0.2 m



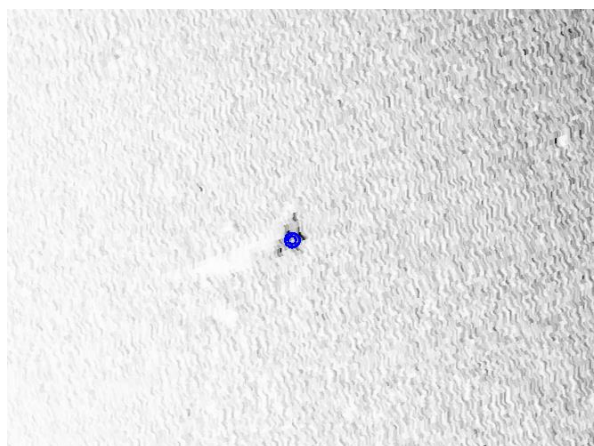
Line 0134 – distance 0.1 m



Line 0135 – distance 0.4 m



Line 0136 – distance 0.4 m



Line 0138 – distance 0 m

Figure 1.6 Расхождение положения цели на сонограммах с ее реальным положением, при использовании курса по компасу SSS и с дополнительной обработкой координат в MatLab/Octave (удаление выбросов, сглаживание в окне 20 пингов, ввод коррекции времени 0.4 секунды)

Как видно из **Figure 1.4**, **Figure 1.5**, **Figure 1.6**, при использовании компаса SSS смещение цели на сонограммах значительно меньше чем при использовании ВТТР (0.5-0.9 метров вместо 1-2 метров). Обработка навигации и коррекция систематических погрешностей еще больше уменьшает смещение цели (менее 0.5 метров).

2. Частота обновления позиции USBL в log-файле

При регистрации данных USBL возникает вопрос о том, относительно каких моментов времени необходимо выдавать координаты USBL. Возможны два варианта:

- Координаты транспондера USBL могут регистрироваться в log-файл только для моментов получения посылок от USBL (истинные измеренные координаты). Такой подход позволяет точно определить и удалить данные с «вылетами USBL» для зашумленных данных USBL (то есть, идентифицировать и удалить единичный вылет);
- Координаты транспондера USBL могут регистрироваться в log-файл с некоторым периодом, например 1-10Гц. При этом навигационная система будет заполнять участки между реальным получением посылок USBL «экстраполированными/предсказанными» координатами. Такие предсказанные координаты будут маскировать «вылеты USBL» и распространять влияние вылетов на несколько «измерений» координат SSS, что является негативной стороной. В то же время, предсказанные координаты основываются на реальных изменениях других датчиков (например MRU), за счет этого они позволяют выявлять некоторые дополнительные типы ошибок. Пример ошибки – «просачивание» качки судна в координаты SSS, что вызывает ложные осцилляции вдоль линии движения судна (период таких осцилляций порядка 6 секунд, они коррелируют с показаниями крена судна по MRU). При частоте “USBL” 1-10 Гц такие осцилляции можно выявить и удалить, для log-файла с «моментами получения посылок USBL» такое невозможно.

Что бы получить наилучшее качество обработки навигации off-line желательно использовать сырые данные всех доступных сенсоров, что позволит учитывать все возможные типы помех, включая два типа, описанные выше. Однако, такой подход подразумевает целенаправленную обработку навигации с участием оператора и использование специальных инструментов для анализа данных, зарегистрированных QINSy.

Использование сырой навигации не подвергнутой какой-либо предварительной обработке on-line или off-line (удаление вылетов USBL, сглаживание для удаления высокочастотного шума) приводит к «деформации» сонограмм в SonarWiz. В этом случае обработчик SSS прибегает к сглаживанию в SonarWiz, устанавливая большое значение параметра “Time constant for course smoothing”; такое сглаживание фактически является «неконтролируемым и неявным инструментом обработки навигации». Использование “Time constant for course smoothing” в SonarWiz приводит к внесению ошибок в позиционирование SSS, которые рассмотрены ниже.

3. Влияние значения “Time constant for course smoothing” на координаты целей на сонограмме (SonarWiz)

На координаты целей на сонограмме оказывает влияние значение “Time constant for course smoothing” (далее TCCS). Это значение вводится при создании проекта, при этом наиболее часто используется величина 100 или 300 pings.

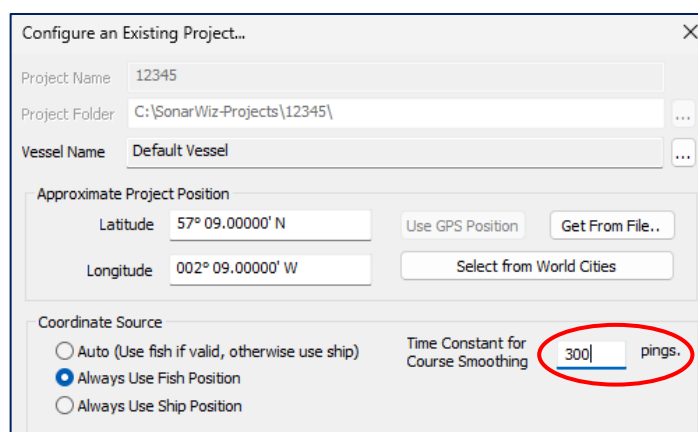


Figure 3.1 Меню для ввода значения “Time constant for course smoothing”

Исходя из названия “Time constant for course smoothing”, данный параметр задает степень сглаживания курса, и это действие не должно оказывать влияние на координаты пингов SSS (ожидается, что будет выполняться поворот пингов). На практике, сглаживаются именно координаты SSS, в то время как значения курса SSS остаются неизменными. Возможно, параметр создавался для «сглаживания координат SSS с целью вычисления Course made good», однако это явно не отражено в его названии.

На *Figure 3.2* ниже показана сонограмма (Line 0116), полученная при верификации USBL – сравнении положения объекта на дне (определенного по данным MBES) и положения объекта на сонограмме (полученной с помощью буксируемого SSS). Синим кругом отмечены координаты цели. Смещение цели на сонограммах от ее истинного положения изменяется в зависимости от значения TCCS. Смещение изменяется от 0.2 до 2.5 метров, причем объект значительно смещается как при изменениях константы на ± 10 относительно значения в 50 pings, так и при изменении константы на ± 10 относительно значений в 100 pings или 300 pings. При увеличении значения константы смещение объекта носит «осциллирующий» характер – он то приближается к координатам цели, то удаляется от них.

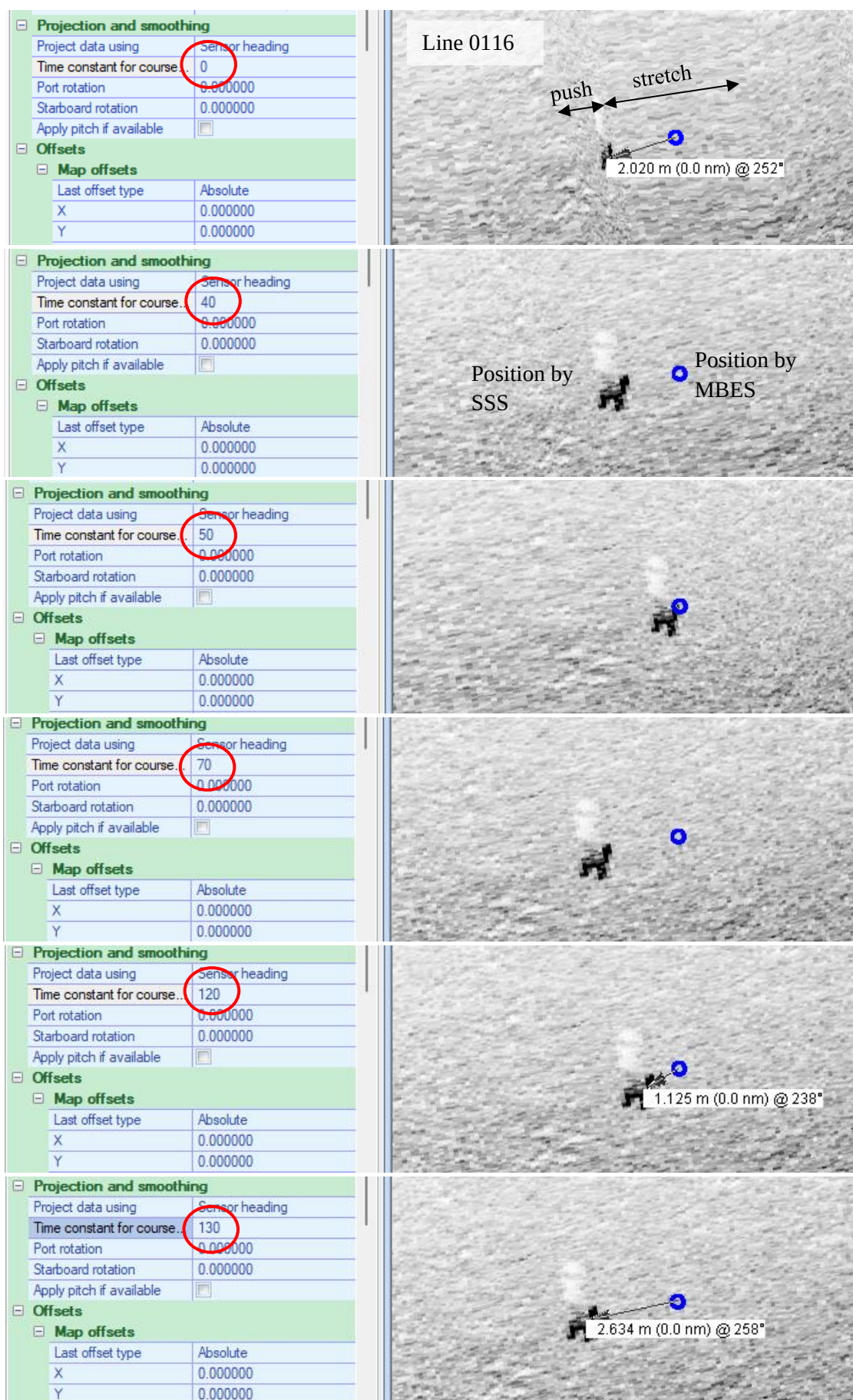


Figure 3.2 Смещение объекта на сонограмме при изменении “Time constant for course smoothing”

При изменении TCCS смещение происходит как при использовании курса SSS из навигационного файла, так и при использовании рассчитанного “Course made good”. На [Figure 3.3](#) приведены точки положения цели на сонограмме для ряда значений TCCS от 300 до 350. При этом, одновременно со смещением цели, происходит практически параллельное смещение точки на сонограмме в области зоны надира; то есть – смещение в основном выполняется за счет сдвига координат пингов, а не за счет изменения их углов.

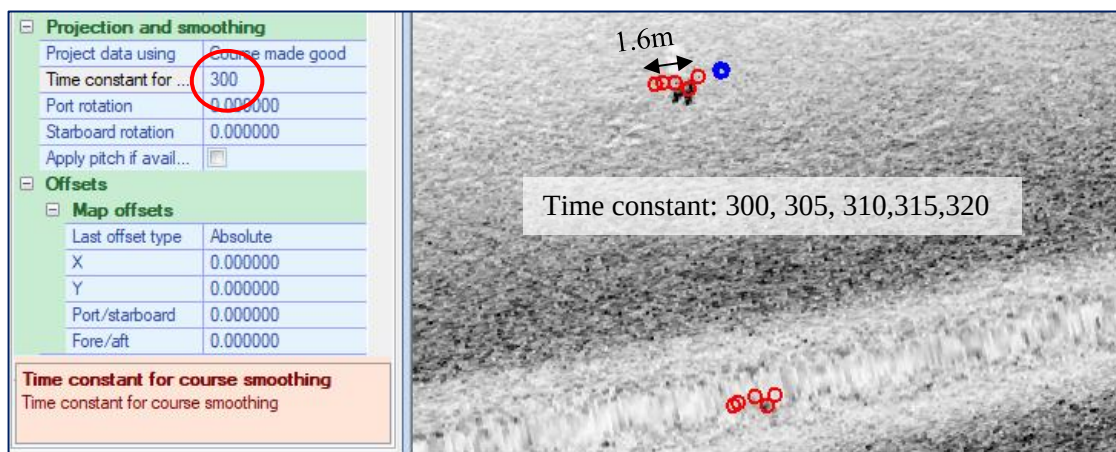


Figure 3.3 Смещение объекта на сонограмме при изменении “Time constant for course smoothing”

[Figure 3.2](#) и [Figure 3.3](#) были построены для координат, записанных в log-файл без какой-либо предварительной обработки (в том числе без какого-либо сглаживания в QINSy). Координаты были прошиты в jsf-файлы при помощи NavInjector с использованием настроек, показанных на [Figure 3.4](#).

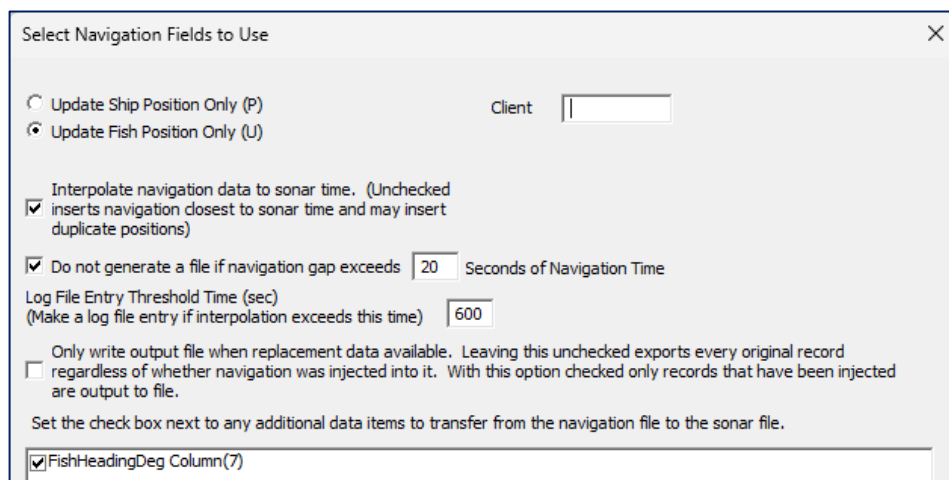


Figure 3.4 Установки NavInjector при подшивке координат в файлы jsf

Для проверки зависит ли сдвиг в координатах, создаваемый TCCS, от степени предварительного сглаживания координат, нами были выполнены построения с использованием двух дополнительных наборов данных:

- 1) данных USBL, обработанных on-line в QINSy при помощи SKEW;

2) данных (1), для которых было дополнительно выполнено удаление вылетов на данных USBL, сглаживание в MatLab/Octave в скользящем окне 20 точек и удаление задержки по времени 0.4 секунды; прошивка координат в jsf-файлы осуществлялась также при помощи MatLab/Octave.

Для обоих наборов данных оценивалось смещение двух характерных точек в области надира. При задании малой величины TCCS (порядка 20-50 pings), смещение точек было незначительно. При изменении значения TCCS от 300 до 360 pings, для обоих наборов данных смещение точек составило 1.5 метра (*Figure 3.5*). То есть, задание относительно большого значения TCCS и применение «сглаживающей процедуры SonarWiz» приводит к смещению цели даже при предварительной обработке координат, если она выполнялась фильтрами со скользящим окном меньшей ширины.

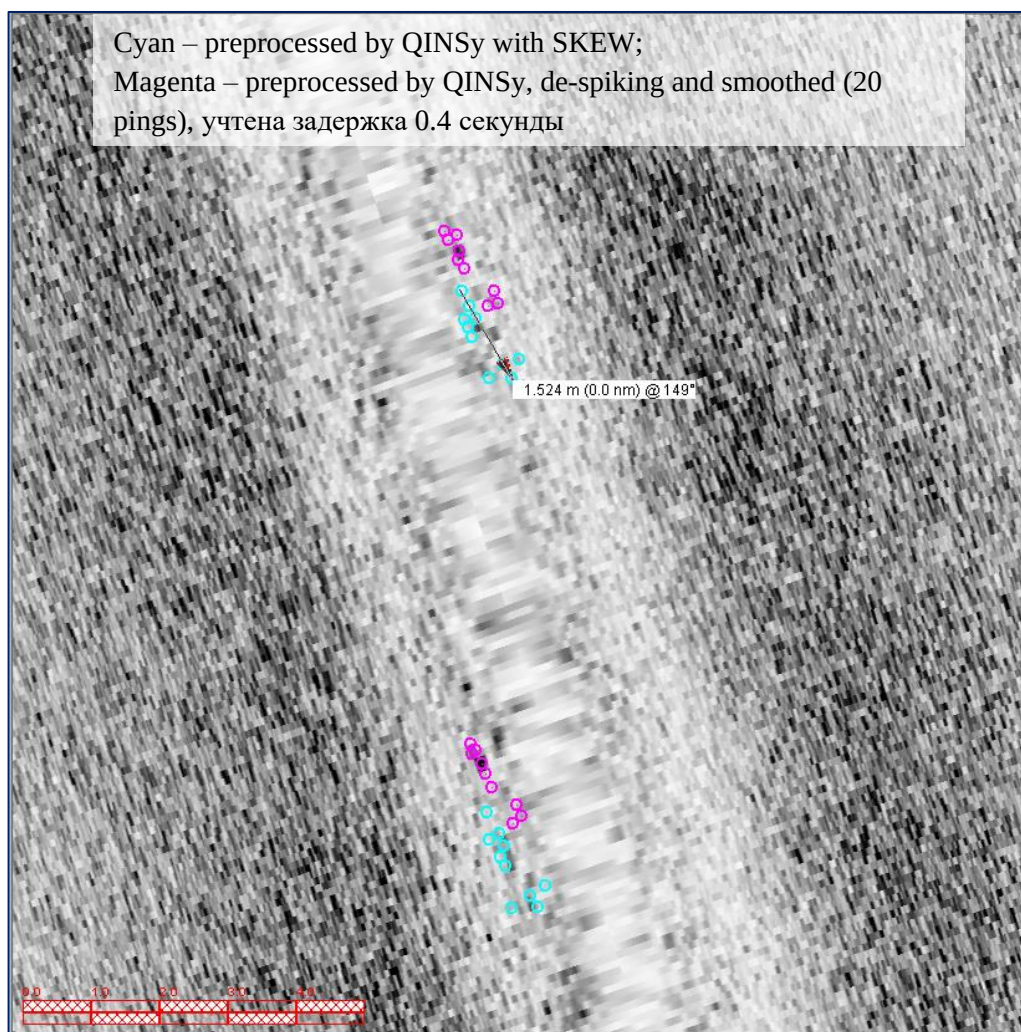


Figure 3.5 Смещение точки в области надира на сонограмме с обработанными координатами, при изменении “Time constant for course smoothing” от 300 до 360

Выводы:

- 1) При использовании TCCS происходит сглаживание не курса SSS, а его координат; при этом происходит сдвиг координат пингов сонограмм. В приведенном примере смещение составило до 2.5 метров для координат без предварительного сглаживания и 1.5 метра для координат после предварительного сглаживания, при использовании окна TCCS шириной 300 pings.

- 2) Значительный сдвиг координат происходит при изменении TCCS на величину порядка ± 10 pings вне зависимости от величины TCCS (20, 100 или 300), если TCCS применяется к необработанным данным. То есть, применение даже малых величин TCCS к «зашумленным данным» может привести к сдвигу 1-2 метра. Причем этот сдвиг «осциллирующий» при увеличении величины TCCS цель на сонограмме то приближается к своему «реальному положению», то начинает отдаляться от него.
- 3) После предварительного сглаживания координат в окне 20 точек, изменение значений TCCS в области 50 pings не приводит к значительному смещению координат пингов SSS. Однако изменение значений TCCS в области 300-360 pings приводит к смещению координат пингов до 1.5 метров.
- 4) Основываясь на (1)-(3), для точного определения координат объектов по SSS необходимо выполнять предварительную обработку координат вне SonarWiz, а значение TCCS устанавливать равным нулю, избегая «неконтролируемого осреднения» координат.

Заключение

Способы вычисления курса SSS – Course made good и BTTP дают удовлетворительный результат только при определенных условиях внешней среды и режима измерений (постоянство течения, постоянство скорости и курса судна и др.); при отклонениях от этих условий курс SSS начинает определяться с погрешностью, что также приводит к погрешностям позиционирования целей на сонограммах. Компас SSS позволяет определить курс SSS наиболее точно и, соответственно, уменьшить погрешность определения позиции цели по сонограмме (*Figure 1.4, Figure 1.5, Figure 1.6* – уменьшение отклонения цели от истинного положения от 1-2 метров до 0.4-0.9 метров). Однако использование компаса имеет свои особенности и источники погрешностей (необходимость калибровки компаса, влияние судна на показания компаса при малом удалении и т.д.).

При загрузке данных в SonarWiz необходимо использовать навигацию, которая уже обработана on-line или off-line. При этом, при загрузке навигации значение “Time constant for course smoothing” должно устанавливаться в 0; в противном случае это может привести к сдвигам целей на сонограммах на расстояние 1-2 метра. Соответственно, если предполагается off-line обработка навигации, она должна регистрироваться в «сыром» виде. Если off-line обработка навигации не предполагается, необходимо средствами QINSy обработать данные on-line так, чтобы стало возможным использование нулевого значения “Time constant for course smoothing”.

Для наиболее качественного редактирования навигации offline, желательно использовать данные всех возможных датчиков (данные USBL, MRU, Гуго, GPS-антенн и иные), записанные с оригинальными отметками времени и специальные алгоритмы обработки (фактически – алгоритмы повторного вычисления координат USBL-транспондера с использованием откорректированных данных). Такой подход позволит идентифицировать и устранить максимальное количество «типов погрешностей» при определении положения SSS.