

Система позиционирования модулей донного кабеля Marsh Line. Оптический датчик схода модулей

Гуров А.Ю., Шульга А.С., ООО «Донгеофизика», пгт. Тарасовский, Ростовская обл.

Для позиционирования сейсмических кос используются акустические системы типа "Sonardyne". При работе на мелководье и предельном мелководье в транзитных зонах возникают следующие проблемы с использованием гидроакустических навигационных систем:

- малая глубина транспондеров, расположенных на кабеле, приводит к большим переотражениям акустических сигналов, что, в свою очередь, приводит к увеличению ошибки определения местоположения;
- переосеченный рельеф и перепады глубин затеняют транспондеры от приемной антенны, в результате чего появляются «мертвые зоны»;
- необходимость закрепления транспондера на кабеле через 80-100 метров затрудняет или совсем отменяет возможность автоматической сборки и раскладки системы, сводя на нет преимущество систем Marsh Line.

В связи с этим была рассмотрена возможность определения положения донного кабеля системы Marsh Line с использованием оптического датчика схода модулей (ДСМ), для чего были выполнены соответствующие расчеты точности определения местоположения системы на дне.

Оптический датчик схода модулей состоит из двух блоков - излучателя и приемника (Рис.1). Для обеспечения высокой помехозащищенности лучи в системе модулируются кодированным сигналом.

Перекрытие модулем электроники системы Marsh Line лучей в датчике дает отметку момента на навигационный компьютер с программным обеспечением (ПО) HYDRO PRO. Для распознавания модуля используется статистический расчет и алгоритм нечеткой логики, который позволяет принять решение, считать ли объект, перекрывший лучи в

датчике, модулем косы или это помеха (инструмент, кабель, мусор и т.п.). Часть критериев распознавания, например - размеры модуля, шаг модулей, скорость размотки и т.п., задаются оператором донного кабеля при настройке системы через ПО ДСМ (Рис.2).

На рисунке 3 показана работа диагностического ПО ДСМ. Помимо проверки точности распознавания модуля в его функции входит детальная настройка прибора.

В месте расположения ДСМ находится антенна двухчастотного приемника GPS, а под днищем в геометрическом центре судна - эхолот/глубиномер (Рис.5). Все сигналы (поток координат RTK NMEA 5Гц, поток глубин NMEA 5Гц и сигнал срабатывания ДСМ) поступают на навигационный компьютер, где работает ПО HYDRO PRO. Перед раскладкой донной косы Marsh Line в ПО навигационного компьютера вводятся координаты профиля, по которому будет происходить раскладка. Во время раскладки ПО HYDRO PRO обеспечивает точное ведение судоводителем судна-раскладчика по профилю, записывает дан-

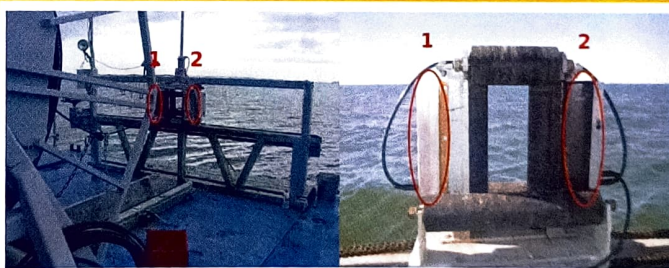


Рис. 1. Датчики схода модулей на раскладчике. Излучатели (1) приёмники (2)

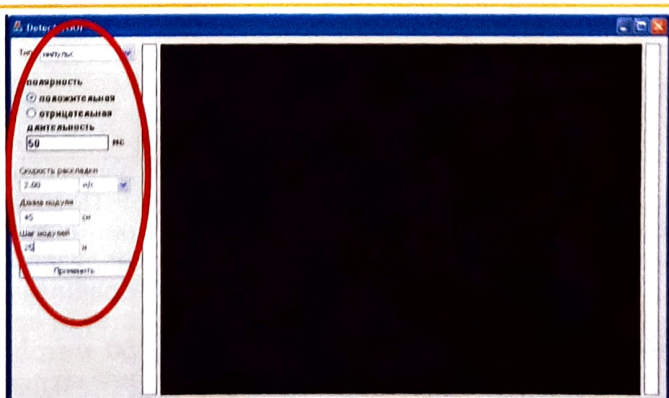


Рис. 2. Окно настройки и диагностики ПО ДСМ

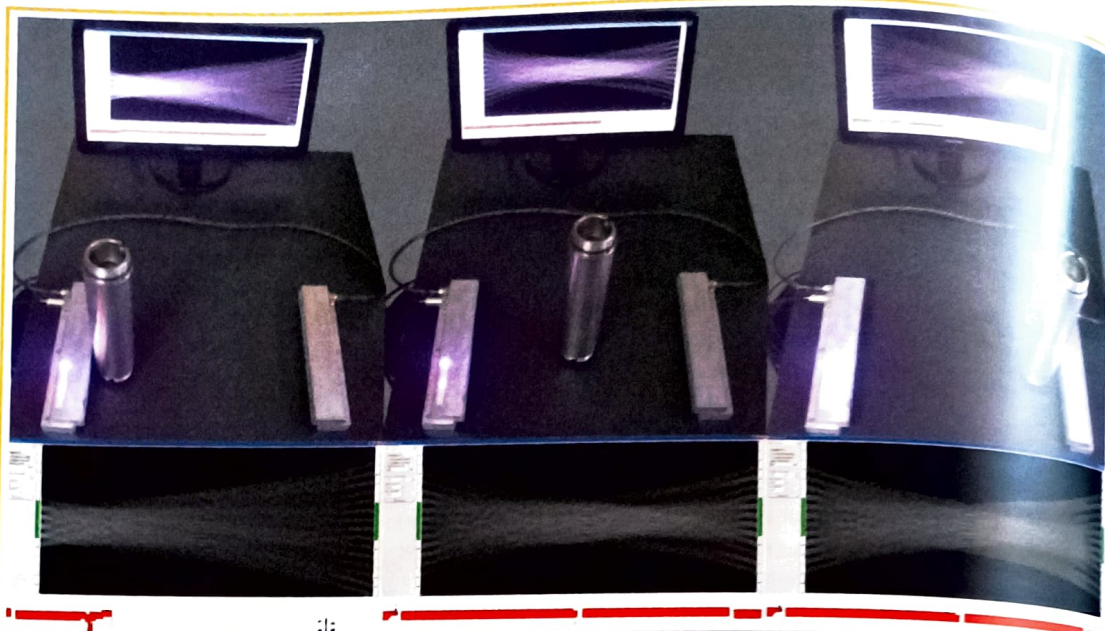


Рис. 3. Определение наличия модуля при разном пространственном положении во время отладки ПО ДСМ

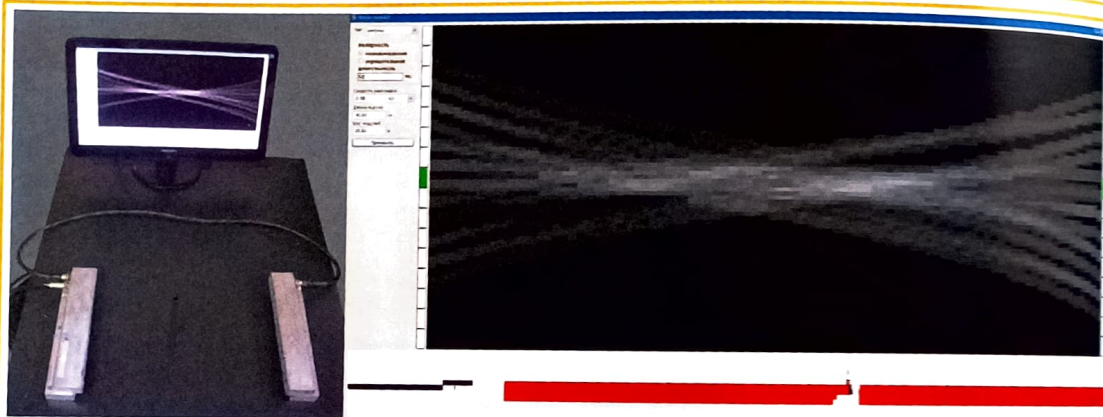


Рис. 4. Реакция датчика на перекрытие одного луча кабелем сейсмокосы

ные местоположения судна на профиле, глубины вдоль профиля и в точках момента схода модулей. Накопленный массив координат точек схода и глубин, с учетом рассчитываемых поправок, представляет собой фактические координаты приемных модулей на дне.

Рис. 5. Пример схемы расположения навигационного оборудования на судне-раскладке

Точность определения положений модулей (датчиков) донной косы обусловлена свойствами кабеля системы Marsh Line:

- высокая жесткость и прочность, большой вес соединительного кабеля секций, благодаря чему он стремится сохранять прямую форму и не способен образовывать петли и сгибы малого радиуса;

- малая растяжимость – упругое удлинение составляет менее 0,5 мм на метр длины при нагрузке 3 тонны, что составляет 0,5 метра на километр. Причем, при уменьшении или снятии нагрузки удлинение сокращается вплоть до нуля.

При раскладке системы Marsh Line стандартная технология предусматривает надежную фиксацию начала кабеля на дне, исключающую стаскивание кабеля с расчетного пикета в процессе раскладки.

Перечисленные свойства в сочетании с высокой точностью размещения модулей вдоль длины кабеля с фиксированным заданным шагом (существуют версии с шагом 1, 2,5, 5, 10, 25 и 50 метров) делают размещение модулей на дне предсказуемым, что и позволяет применять данный метод позиционирования. Такой метод совершенно

неприменим для косы с гибким кабелем.

Чтобы оценить точность позиционирования раскладки косы, следует принять во внимание, что:

- ошибки определения положения приемных модулей добавляются к абсолютной базовой ошибке измерения координат, вычисляемых по данным GPS-приемника и глубиномера;
- ошибка измерения в поперечном направлении профиля очень мала и сопоставима с расстоянием между излучателем и приемником (сантиметры);

- ошибка в продольном направлении профиля имеет две составляющие – геометрическую и ошибку по времени.

Ошибка по времени связана с задержкой выдачи сигнала схода модуля и периодичностью получения координат (5 раз в сек). Чем выше скорость раскладки, тем сильнее влияние ошибки времени. При типичной скорости раскладки 1ч2 м/с максимальная составляющая ошибки времени вдоль профиля будет:

$$(Время\ Задержки) + (Период\ получения\ координат) * (Скорость) = (0,05 + 0,2) * (1 \div 2) = 0,25 \div 0,5 \text{ метра.}$$

Это соответствует наилучшему случаю. В среднем такая погрешность составляет половину максимальной.

Геометрическая составляющая целиком определяется принципом работы датчика схода. На нее влияют также и эксплуатационные составляющие, такие как глубина на профиле, натяжение косы при раскладке. Практически же определение такой ошибки сводится к вычислению разницы между катетом и гипотенузой.

Раскладка (размотка)



Рис. 5. Пример схемы расположения навигационного оборудования на судне-раскладчике

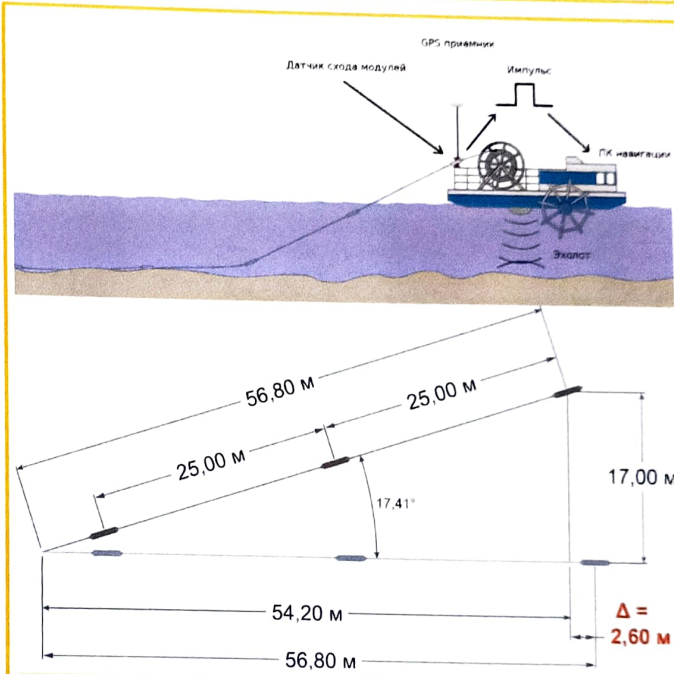


Рис. 6. Схема начала раскладки (сверху) и расчет погрешности (снизу) при натяжении косы 50 м

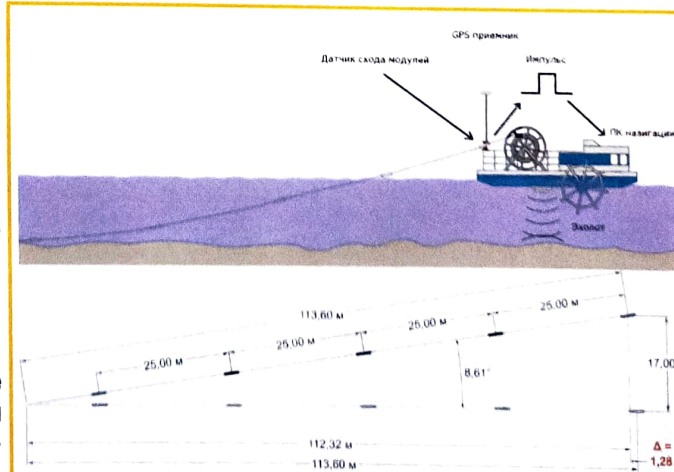


Рис. 7. Схема раскладки (вверху) и расчет погрешности (внизу) при натяге косы более 100 м

Натяжение кабеля, кгс			100		200	
Вес кабеля в воде, кг/км			440		440	
Высота ДСМ над уровнем воды, м	Глубина, м	Высота ДСМ от дна, м	Длина натяга косы, м	Погрешность позиционирования, м	Длина натяга косы, м	Погрешность позиционирования, м
1,5	0,5	2	56,8	0,04	113,6	0,02
1,5	1,5	3	56,8	0,08	113,6	0,04
1,5	2,5	4	56,8	0,14	113,6	0,07
1,5	3,5	5	56,8	0,22	113,6	0,11
1,5	4,5	6	56,8	0,32	113,6	0,16
1,5	5,5	7	56,8	0,43	113,6	0,22
1,5	6,5	8	56,8	0,57	113,6	0,28
1,5	7,5	9	56,8	0,72	113,6	0,36
1,5	8,5	10	56,8	0,89	113,6	0,44
1,5	9,5	11	56,8	1,08	113,6	0,53
1,5	10,5	12	56,8	1,28	113,6	0,64
1,5	11,5	13	56,8	1,51	113,6	0,75
1,5	12,5	14	56,8	1,75	113,6	0,87
1,5	13,5	15	56,8	2,02	113,6	0,99
1,5	14,5	16	56,8	2,3	113,6	1,13
1,5	15,5	17	56,8	2,6	113,6	1,28
1,5	16,5	18	56,8	2,93	113,6	1,44
1,5	17,5	19	56,8	3,27	113,6	1,6
1,5	18,5	20	56,8	3,64	113,6	1,77
1,5	19,5	21	56,8	4,02	113,6	1,96

косы может производиться либо свободно (без натяжения косы), либо с натяжением косы. Из иллюстраций 6 и 7 видно, что геометрическая погрешность растет с глубиной, но уменьшается при более длинном провисе косы при укладке, т.е. при росте натяжения косы. Натяжение косы необходимо также и для обеспечения продольной прямолинейности раскладки. Специализированные суда-раскладчики с колесным приводом класса «Тортуга» в состоянии обеспечить статическое натяжение до 1200 кг, а также весьма точно поддерживать его при раскладке. Натяжение менее 100 кг не применяется на практике из-за малой стабильности судна при небольшой тяге. Чаще всего, даже для неглубоких профилей, используется натяжение от 200 кг. На предельном мелководье (менее метра) целесообразно использовать минимальное натяжение с целью снижения расхода топлива и повышения производительности. Электропривод лебедки спускоподъемного устройства управляется микропроцессорным частотным пре-

образователем, имеющим режим принудительного регулируемого торможения постоянным током, что позволяет надежно стабилизировать натяжение косы при ее размотке с минимальным участием персонала.

В таблице 1 представлены расчетные значения погрешности позиционирования приемных модулей на разных глубинах при разном натяжении.

Данные, приведенные в табл. 1, демонстрируют зависимость ошибки от глубины раскладки и натяжения косы.

Для глубин до 10 метров ошибка никогда не превышает 2 метра в продольном и 20 см в поперечном направлениях. Это существенно меньше ошибки, присущей распространенным системам акустического позиционирования (типа Sonardyne).

На глубинах до 6 метров погрешность настолько мала, что становится нецелесообразным использование дорогостоящих гидроакустических систем позиционирования даже для целей контроля раскладки.