



Диагностика подводных переходов. Гидролокаторы.

На протяжении нескольких последних десятилетий, наряду с эхолотами, для получения полной картины при производстве подводных работ широко используется гидролокационное оборудование.

Гидролокатор – это активное гидроакустическое устройство, предназначенное для получения информации о цели по отражённому от неё акустическому сигналу.

Гидролокаторы делятся на два принципиально различных типа: гидролокаторы бокового обзора (ГБО) и гидролокаторы кругового или секторного обзора (ГКО).

Для решения задач по обследованию подводных переходов трубопроводов целесообразно использовать гидролокаторы бокового обзора при работах на открытой акватории при достаточной глубине водной преграды и гидролокаторы кругового обзора на узких и мелководных участках, а также, в зимний период, при работах со льда.

Гидролокаторы бокового обзора имеют узкую диаграмму направленности антенны в горизонтальной плоскости ($0,1^\circ - 2^\circ$) и широкую диаграмму направленности в вертикальной плоскости ($40^\circ - 60^\circ$), что позволяет получить диаграмму направленности приёмо–передающей антенны «ножевидной» формы с направлением её перпендикулярно линии движения судна. Единичные посылки акустического сигнала образуют «строки» изображения, формирующие в результате движения непрерывную область акустического покрытия дна.

Если размеры искомого объекта превышают разрешающую способность гидролокатора, за ним образуется зона акустической тени. При регистрации сигналов вслед за яркой отметкой (зоной интенсивного отражения) от подводного объекта получается изображение его тени в виде зоны с пониженной интенсивностью акустического сигнала. Протяжённость зоны тени вдоль направления луча гидролокатора пропорциональна возвышению объекта над дном, а вдоль направления движения – длине этого объекта. При известном расстоянии буксируемого устройства от дна, измеренной наклонной дальности до объекта и протяжённости зоны акустической тени, можно определить высоту объекта над поверхностью дна и дистанцию до объекта.

Гидролокаторы бокового обзора делятся на аналоговые и цифровые. У аналоговых гидролокаторов сигнал от антенны передается по кабель–тросу, с увеличением длины которого растет уровень помех. Такие гидролокаторы, как правило, снабжены устройствами записи аналоговых сонограмм. Современные гидролокаторы – цифровые, аналогово–цифровой преобразователь сигнала у них совмещен с антенным блоком, в результате неискаженный цифровой сигнал может передаваться по кабель–тросу большой длины.

Существует линейная зависимость дальности излучения от рабочей частоты гидролокатора: с увеличением частоты уменьшается дальность и в результате, ширина полосы покрытия.

Диапазон рабочих частот гидролокаторов бокового обзора может составлять от 100 до 1600 кГц. Гидролокаторы, имеющие рабочую частоту от 100 до 300 кГц полезны для работ на больших глубинах, связанных с поиском крупных объектов, таких как затонувшие корабли и контейнеры, находящиеся на значительном удалении от антенны. В диапазоне частот от 300 до 900 кГц, можно выявлять более мелкие объекты, такие, как трубопроводы, якоря, цепи, тросы, сваи и металлические фермы, находящиеся на расстоянии нескольких сотен метров от антенны. Гидролокаторы работающие на сверхвысокой частоте, порядка 1000 кГц и выше, способны выявлять особо мелкие детали дна и предметы, но рабочая дальность их обычно не превышает нескольких метров.

Обычно гидролокаторы оснащаются одной или двумя фиксированными частотами. К примеру, гидролокатор SM2 компании C-Max (Великобритания) может поставляться в низкочастотном (DF) исполнении: 100/325 кГц, либо в высокочастотном (EDF): 325/780 кГц.

Некоторые гидролокаторы имеют возможность работы сразу на двух частотах одновременно, так, модель 4200-SP компании Edge Tech (США) позволяет одновременно работать на частотах 100/400 кГц, 300/600 кГц или 300/900 кГц, что представляет большое преимущество в полноте и качестве полученных данных.

Антенна ГБО может быть жёстко прикреплена к борту судна или располагаться на буксируемом носителе – «рыбе» (рисунок 1).



Рисунок 1 – Буксируемый носитель ГБО SM2 компании C-Max Ltd

В первом случае мы имеем возможность точно координировать положение антенны, но такой вариант имеет несколько отрицательных сторон:

1) Низкое качество полученного акустического сигнала, так как вибрации, угловые и линейные перемещения судна, передаются в результате на антенну, и полученные гидролокационные изображения имеют низкое качество;

2) Отсутствие возможности приблизить антенну к объекту и получить необходимую детализацию;

3) В связи с тем, что антенна располагается высоко, отсутствует возможность получения достаточной акустической тени для объектов находящихся на дне вблизи от линии галса промерного судна, теряется эффект «бокового обзора», это обстоятельство ведет к увеличению числа промерных галсов.

Во втором случае, антенна ГБО располагается на гидродинамически стабильном снаряде, что позволяет получать качественные снимки с максимальной детализацией, но возникает проблема точной привязки носителя, как правило, расчет положения «рыбы» производится, исходя из длины вытравленного кабель–троса. Для точного позиционирования подводных объектов необходимо иметь информацию о взаимном положении судна – носителя и буксируемого устройства. Так как координаты судна известны достаточно точно, при использовании GPS (GNSS) – аппаратуры, работающей в дифференциальном либо RTK–режимах, нам необходимо знать глубину буксировки и отставание «рыбы» от судна (layback).

Для решения данной задачи многие производители гидролокаторов предлагают специализированную электрическую лебедку со счетчиком длины вытравленного кабель-троса.

Для выбора оптимального угла обзора объекта, необходимо учитывать альтитуду (высоту над поверхностью дна) антенны ГБО. При слишком большой высоте буксировки, как уже было сказано выше, акустические тени от объектов уменьшаются и теряется способность к их выявлению. При чрезмерно низкой высоте буксировки антенны ГБО, снижается эффективность его работы, в связи с уменьшением отражения на краях полосы обзора. Оптимальной является высота, близкая к 10 процентам от диапазона наклонной дальности. К примеру, при установленном диапазоне 50 метров, оптимальной высотой буксировки антенны является 5 м над поверхностью дна.

Существенное влияние на способность системы детектировать объекты, оказывает выбранная скорость буксировки антенны, чем меньше скорость буксировки, тем больше возможностей для обнаружения объектов на дне.

Из опыта многих отечественных и зарубежных компаний, выполняющих обследование подводных объектов, сформирован принцип «трех акустических контактов», при котором антенна ГБО должна буксироваться с такой скоростью, чтобы обнаруживаемый объект был облучен не менее чем тремя акустическими посылками.

При выявлении неисправных участков трубопроводов, гидролокационная съёмка не должна проводиться на скорости не превышающих 6 узлов или 3 м/с, что обеспечивает при частоте посылок 10 Гц не менее 3 акустических контакта на 1 м поверхности дна. На более высокой скорости малые неисправные участки трубопровода могут получить недостаточное акустическое освещение.

Теория ГБО базируется на предположении о плоском характере дна, поэтому использование ГБО на расчленённом рельефе вызывает дополнительные серьёзные затруднения при интерпретации материалов гидролокационной съёмки. Гидролокатор бокового обзора даёт возможность выявлять естественные и искусственные положительные формы подводного рельефа и ситуации. Выявление с помощью гидролокатора отрицательных форм – более трудная задача. Идеальные условия для эффективной работы гидролокатора – ровное дно с четко выраженными положительными формами, находящимися на нем.

Крайне трудно получить с помощью гидролокатора четкое изображение трубопровода, находящегося на дне узкой траншеи с крутыми откосами (рисунок 2).

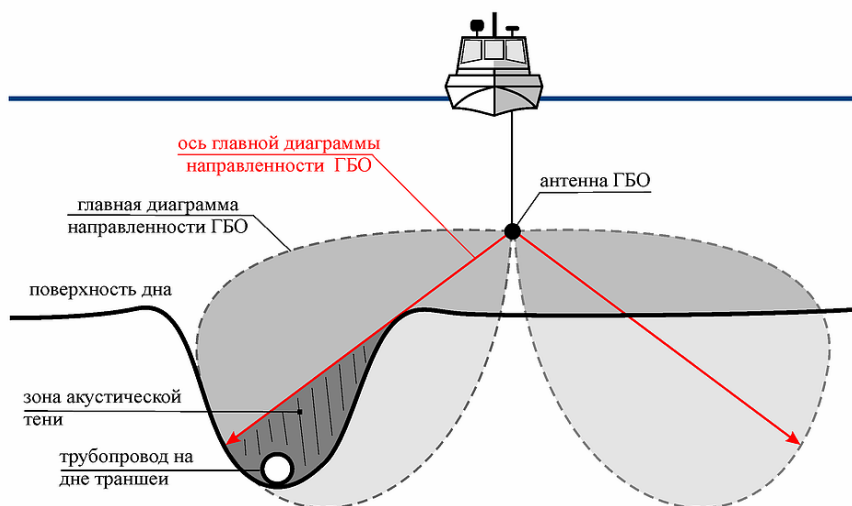


Рисунок 2 – Работы с гидролокатором на объектах с отрицательными формами рельефа

При выполнении работ, связанных с обнаружением и детальным фиксированием мест оголений и провисов трубопровода на подводных переходах, желательно использовать модели ГБО с буксируемым за судном блоком антенн – «рыбой», причём рабочая частота ГБО должна быть достаточно высока – более 500 кГц с малым угловым разрешением 0,2 – 0,5 градуса.

Преимуществом буксируемой конструкции является возможность проводить устройство в непосредственной близости от интересующего объекта, буквально в двух – трёх метрах. При этом мы добьёмся максимальной детализации гидролокационного изображения цели – почти фотографической чёткости снимка. На основании полученного изображения можно провести некоторые измерения:

а) получить координаты интересующего нас объекта (начала и конца оголённого участка);

б) измерить геометрические параметры (длину и ширину) цели;

в) измерить величину оголения трубопровода, высоту провисающего участка и даже определить диаметр трубопровода в месте его провиса по протяжённости зоны акустической тени.

При выявлении неисправного участка трубопровода или постороннего предмета в зоне подводного перехода, необходимо, во-первых, добиться максимальной детализации объекта и, во-вторых, попытаться «рассмотреть» его с разных ракурсов путём прохождения несколькими галсами. Для получения наиболее полного представления об интересующем нас объекте, целесообразно выполнить обследование на различных частотах, с различными диапазонами наклонной дальности (рисунок 3).

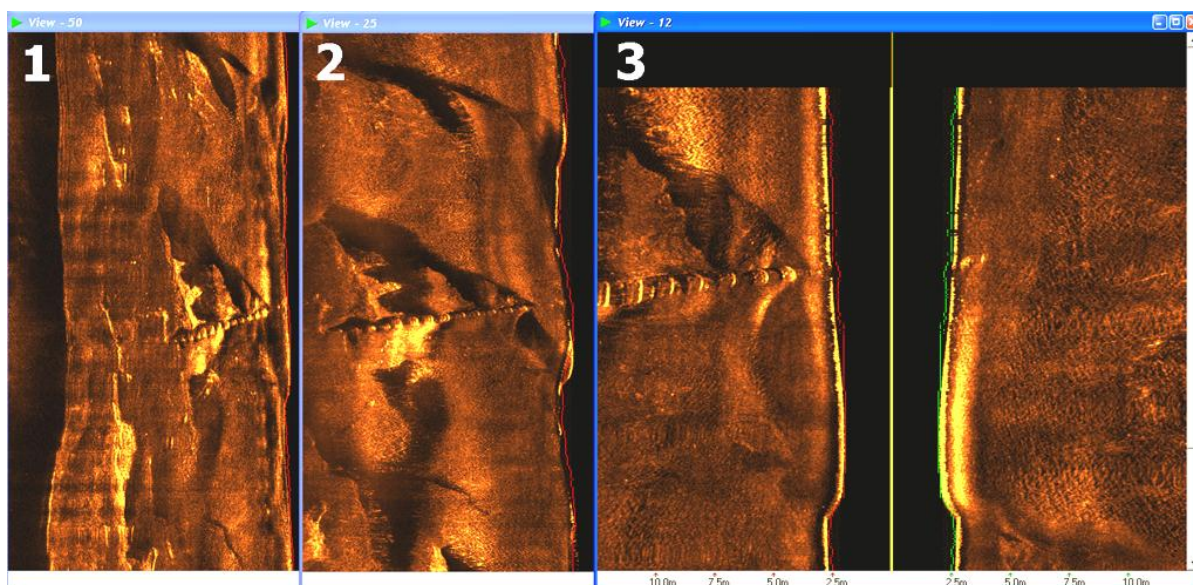


Рисунок 3 – Гидроакустические изображения подводного перехода трубопровода с диапазонами наклонной дальности 50, 25 и 12,5 м.

Из фрагмента 3 рисунка 3 видно, что гидролокационное изображение имеет «мёртвую зону» в центре снимка. Это обусловлено тем, что первичное акустическое изображение сформировано наклонными дальностями, и ещё не исправлены искажения, вызванные наклонным распространением импульсов и неравномерным движением антенны.

После получения набора гидролокационных снимков необходимо выполнить их обработку в специализированной программе, одним из этапов которой является трансформирование изображения. Наклонные дальности необходимо пересчитать в горизонтальные проложения, и внести корректировки за скорость судна и отставание антенны. В этом случае продольный и поперечный масштабы изображения становятся одинаковыми.

Контроль точности определения положения объекта осуществляется путём наложения координат цели, полученных по нескольким взаимно противоположным галсам.

После обработки гидролокационных снимков возможно построение гидролокационной «мозаики» по всей поверхности подводного перехода, на которой будут совмещены все необходимые снимки.

Правильное использование гидролокатора бокового обзора, который иногда еще называют «обзорно-поисковым», позволяет дополнять съёмку информацией о положении подводных объектов, но переоценивать возможности его не следует: гидролокатор является полезным прибором для быстрого определения очертаний и неровностей дна, но не является прибором для точной топографической съёмки. Справедливость этого мнения можно подтвердить тем, что гидролокатор даёт лишь изображение поверхности дна, и говорить о построении цифровой модели рельефа по данным гидролокатора, нельзя.

Обследование с помощью гидролокатора бокового обзора следует выполнять последовательно и тщательно, поиск необходимо осуществлять в прямом и обратном направлении, вдоль и поперек, относительно искомого объекта.

При работах по приборному обследованию подводных переходов трубопроводов однолучевые промерные эхолоты необходимо использовать совместно с гидролокаторами бокового обзора, в результате мы получаем полную гидролокационную картину подводного перехода и сетку промеров эхолотом по запроектированным съёмочным галсам для построения ЦМР. После построения «мозаики» ГБО полученное в результате растровое изображение (в формате TIFF) возможно преобразовать в географически привязанное растровое изображение – GeoTIFF, а затем объединить его с цифровой моделью рельефа подводной части перехода и сформировать необходимые отчётные материалы.

Гидролокатор кругового обзора или «сканирующий сонар», в отличие от гидролокатора бокового обзора статичен, движется не сам прибор, а только его рабочая часть, расположенная на торце цилиндрического корпуса. Прибор опускается на кабель–тросе под воду с берега, судна или шлюпки в летний период или под лёд, при работе в зимний период времени (рисунок 4).



Рисунок 4 – Гидролокатор кругового обзора Mesotech MS1000 в защитной раме

Рабочая частота гидролокаторов кругового обзора в основном находится в пределах от 200 до 1000 кГц. Как и в случае с ГБО, производители оборудования нередко устанавливают две рабочие частоты, к примеру ГКО Mesotech MS1000 (Канада) может поставляться с частотами 330 и 675 кГц. Частотный диапазон 600 – 1000 кГц позволяет выявлять на дне достаточно мелкие предметы, а также фиксировать незначительные дефекты подводных сооружений.

Гидролокаторы кругового обзора могут быть достаточно компактными, с размерами цилиндрического корпуса порядка 200 x 100 мм, и весом 0,2 – 0,3 кг, что позволяет легко устанавливать их на подводные телеуправляемые аппараты малого класса (рисунок 5). Вращающаяся рабочая часть таких приборов закрыта защитным колпаком.



Рисунок 5 – ГКО Trittech, установленный на ROV малого класса VideoRay.

С помощью ГКО эффективно производить работы по диагностике подводных переходов, а также выполнять обследование причальных стенок, мостовых опор, свай, контролировать подводную укладку трубопроводов и решать задачи, связанные с производством многих других подводно-технических работ.

ГКО может применяться в условиях, где невозможно применение ГБО по причинам малой глубины, стеснённых условий, не позволяющих движение или маневрирование судна, а также, в зимних условиях – наиболее благоприятном периоде для строительства подводных трубопроводов в условиях Севера.

Контроль укладки трубопровода на подводном переходе с помощью ГКО может быть организован в режиме реального времени. В поле зрения прибора должна попадать интересующая оператора область – траншея, трос, протаскиваемый трубопровод и т.д.

Геометрия лучей и диаграмма направленности ГКО схожи с гидролокатором бокового обзора, отличие в том, что акустический сигнал излучается антенной, вращающейся вокруг своей оси, и в результате, захватывает пятно, ограниченное концентрической окружностью (рисунок 5). Размер концентрической окружности обусловлен диапазоном наклонной дальности и может быть изменяться в пределах от сотен метров до одного метра. На качество получаемого изображения влияет скорость сканирования: чем ниже скорость, тем качественнее изображение.

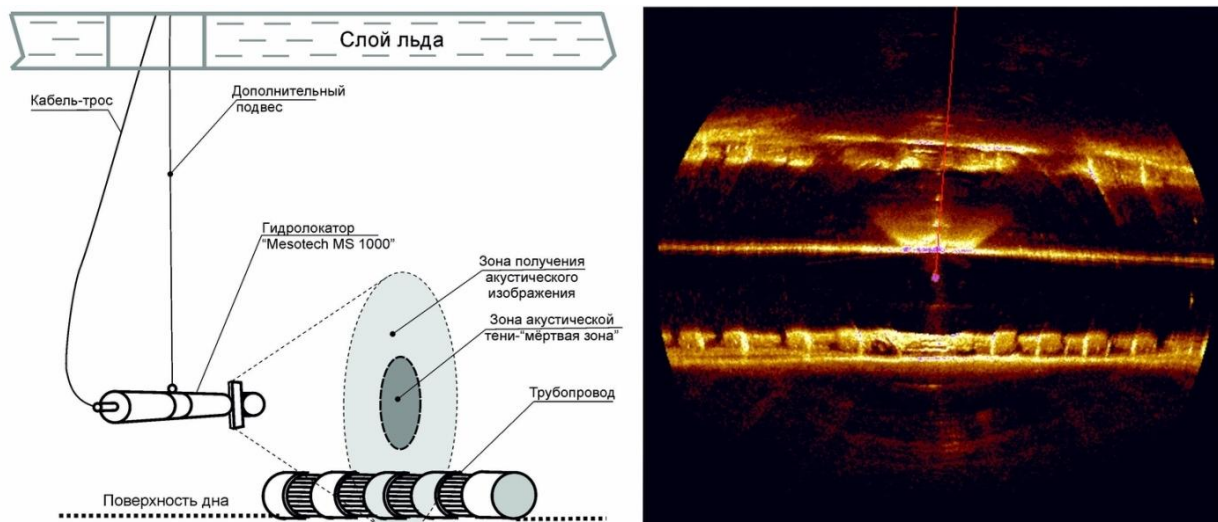


Рисунок 5 – Схема работы гидролокатора кругового обзора MS 1000 и пример полученного изображения.

Наиболее эффективно применение данного прибора при работах по обследованию подводных переходов трубопроводов в зимних условиях, когда работы производятся со льда. Пространственное положение прибора определяется при помощи GPS (GNSS) – аппаратуры, записывающей координаты точек наблюдения в режимах статики для последующей обработки и вычисления координат с требуемой точностью. Возможно также получение координат в реальном времени, используя режимы DGPS, для субметрового уровня точности или RTK, если необходима точность привязки в пределах нескольких сантиметров.

Главным условием получения хорошего результата является методичное и тщательное выполнение работы. Для получения качественного изображения при работах с ГКО нужно свести к минимуму перемещения промерного судна во время записи, зафиксировать положение кабель–троса, избегая «подёргивания» антенны – все эти факторы негативно сказываются на качестве полученного материала и затрудняют обработку. Для неподвижной фиксации прибора при работе на течении, целесообразно использовать металлические пирамиды с устройствами для подвеса антенны, а также балластные грузы – компенсаторы весом до нескольких килограммов.

Гидролокатор бокового обзора больше подходит для решения задач поискового характера, где необходимо выявить нахождение интересующего объекта на обширной территории. Областью эффективного использования гидролокатора кругового обзора является детальное обследование состояния локальных участков подводных объектов.

Автор статьи:

Гринь Григорий Анатольевич, заместитель директора ПТФ «Возрождение»

Список источников:

- 1 Баландин, В.Н. Средства и методы топографической съемки шельфа [Текст] / В.Н. Баландин, Л.А. Борисов, Р.Д. Володарский. – М.: Недра, 1979. – 295 с.
- 2 Фирсов, Ю.Г. Основы гидроакустики и использования гидрографических сонаров [Текст] / Ю.Г. Фирсов. – СПб.: Нестор–История, 2010. – 303 с.
- 3 ИНО Manual on Hydrography [Текст] / International Hydrographic Bureau, Publication M–13, 1–st Edition Monaco, 2005. – 511 pp.