

УДК 681.883.22

## **ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В БОРЬБЕ С МОРСКИМИ МИНАМИ**

**© С.А.Смирнов, 2005**

ФГУП «ЦНИИ «Морфизприбор», г. Санкт-Петербург

Надано пропозиції по удосконаленню гідролокаторів, що застосовуються для пошуку морських мін на фоні неоднорідного дна.

Представлены предложения по усовершенствованию гидролокаторов, применяемых для поиска морских мин на фоне неоднородного дна.

Directions of upgrading of sonars used for the search of bottom mines mounted on rough and acoustically inhomogenous bottom are presented.

Борьба с морскими минами расценивается сегодня как одна из приоритетных задач для многих стран, где минная угроза существует либо в качестве наследия войны и локальных конфликтов, либо как средство терроризма.

Наилучшие современные противоминные системы, предназначенные для обнаружения и уничтожения морских мин, используют новейшие достижения гидроакустики в сочетании с оптическими средствами, магнитометрами и информационными технологиями. Облик современной противоминной системы это многоуровневый информационный комплекс, в котором верхний уровень принадлежит береговому информационному центру (БИЦ), а корабли-тральщики превратились в ее резидентов, выдвинутых в море для осуществления команд БИЦ.

Совсем недавно тральщик рассматривался как самостоятельная система, способная полностью решить все задачи по обнаружению и нейтрализации мин. Однако сперва контактные и неконтактные тралы утратили свою эффективность из-за повывисшейся тральной устойчивости морских мин, а затем все менее эффективными стали и гидроакустические станции миноискания (ГАСМ), как только на смену устаревшим якорным минам пришли донные мины с противогидролокационным покрытием и замаскированные под случайные неопасные объекты.

Эти причины вызвали переворот в области гидроакустических технологий, используемых в борьбе с морскими минами, который происходит в наши дни и пока не завершен.

Этот переворот можно охарактеризовать как переход от простого обнаружения мины как локальной гидролокационной цели на окружающем фоне к подробнейшему мониторингу подводной обстановки методом составления детальной гидролокационной карты интересующих участков морского дна с подробным обследованием каждой подозрительной цели и фиксацией всех локальных изменений. При этом, поскольку физические размеры современной морской мины имеют значения порядка 1 м, то и разрешающая способность и точность привязки гидролокационной карты должны быть не хуже этого значения. Именно эти требования послужили причиной повышения направленности и рабочей частоты подкильных гидролокаторов секторного и кругового обзора, а также включения гидролокаторов бокового обзора в состав гидроакустического вооружения тральщиков.

Таким образом, произошло объединение двух технологий: традиционной гидролокации и бокового обзора, которая первоначально применялась для обследования морского дна.

Использование «теневого» способа классификации донных мин и возможность улучшить выделение мины на окружающем фоне при малых углах скольжения стимулировали появление трактов ГАСМ с антеннами переменной глубины, например, в ГАСМ TSM 20022 Mk 3 и 2093. В этих двух ГАСМ наиболее полно воплощены идеи «теневого» классификации и выделения мин на окружающем фоне по признакам размера и формы цели на индикаторе гидролокатора.

Реализованная фирмой Thomson (Франция) идея составления гидролокационных карт путем сшивки данных бокового обзора оправдалась в случае, когда поверхность дна относительно ровная и однородная.

Как показали наши исследования, акустическая неоднородность и особенно неровность дна резко ухудшает качество гидролокационного изображения. Изображение неровности дна на экране любого гидролокатора резко меняется в зависимости от ракурса и отстояния от дна. Без специальных процедур невозможно сопоставить гидролокационное изображение одного и того же участка неровного дна на экранах разных гидролокаторов, либо на экране одного и того же гидролокатора, если изменилась геометрия обзора.

Отсюда следует, что для накопления гидролокационных изображений в банке данных БИЦ, они должны быть приведены к определенному стандарту. При дальнейшем использовании гидролокационных карт морского дна для мониторинга обнаружения любых изменений на поверхности дна, обследования появившихся миноподобных целей и управления операциями любая процедура сопоставления гидролокационной карты с реально наблюдаемой картиной на экранах ГАСМ должна предусматривать преобразование этой картины в стандартную гидролокационную карту (или наоборот). Такая процедура в современных ГАСМ пока отсутствует.

Стандартная гидролокационная карта должна содержать два информационных слоя. Первый информационный слой - распределение локальных значений коэффициента обратного рассеяния  $S(0)$ , т.е. для угла падения, нормального к поверхности. Локальные значения  $S(0)$  привязываются к горизонтальным координатам. Второй информационный слой - подобные данные о рельефе дна, на основании которых может быть определен наклон любой локальной площадки на поверхности дна.

Значения  $S(0)$  рассчитываются по величине сигнала донного рассеяния в предположении рассеяния звуковых волн по закону Ламберта, что соответствует экспериментальным данным по угловой зависимости коэффициента обратного рассеяния. Это предположение справедливо, когда обратное рассеяние формируется либо границей раздела грунт-вода, либо достаточно тонким поверхностным слоем, т.е. для относительно высоких частот для всех типов грунта. Для более низких частот это предположение оправдано для каменистого и песчаного грунта, а для илистого грунта, строго говоря, перестает быть справедливым, так как обратное рассеяние формируется не только границей раздела грунт-вода, но также и внутренними слоями осадочных пород, в некоторых случаях - подстилающей поверхностью. Однако илистые грунты, как правило, не имеют резких неровностей с крутыми склонами и возникающие погрешности в расчете  $S(0)$  не должны быть велики.

Из сказанного следует, что стандартная «гидролокационная карта» соответствует виду сверху на поверхность дна, на ней отражается вся акустическая неоднородность, включая различные цели. Слабая частотная зависимость обратного рассеяния звуковых волн морским дном и целями во всем частотном диапазоне ГАСМ делает гидролокационную карту универсальным инструментом, который дает возможности сопоставлять данные от различных ГАСМ, полученные на различных галсах, при различном заглублении антенн.

По гидролокационной карте могут быть для заданных условий обзора и параметров ГАСМ рассчитаны зоны акустической тени за выступами рельефа, определена априорная вероятность обнаружения мины в заданной акватории с учетом конкретных фоновых характеристик, а также разработаны рекомендации по маневрированию тральщика для беспропускного поиска мин.

В интересах классификации целей в банке данных должны быть сохранены исходные гидролокационные картины, полученные на экранах ГАСМ во всех предшествующих галсах. Это дает возможность прибегнуть к теневой классификации целей, а фиксация тени при заходе на цель с разных углов позволяет восстановить форму объекта по форме тени. Важную информацию дает оценка эквивалентного радиуса цели  $R_{\text{ЭКВ}}$ , поэтому «гидролокационная картина» должна давать значения  $R_{\text{ЭКВ}}$  для любой локальной цели по команде оператора.

Из сказанного следует, что поиск мин на морском дне означает резкое усложнение задачи миноискания, для решения которой современные ГАСМ не имеют необходимых технических и программных возможностей.

Во-первых, в состав гидроакустического комплекса, используемого в миноискании, должен быть включен тракт для подробного измерения рельефа, например, многоканальный или многолучевой эхолот.

Во-вторых, каждая ГАСМ перестает быть просто обнаружителем цели и становится измерительным трактом, пригодным для составления «гидролокационных карт» и пользования ими.

В-третьих, тральщик и его гидроакустическое вооружение перестают быть самостоятельным средством, а становятся резидентом БИЦ, где сосредотачивается вся обработка информации и происходит управление операцией по поиску и уничтожению мин.

В-четвертых, вся система, включая БИЦ и тральщик, должна быть объединена средствами телеметрии и связи, позволяющими производить обмен и обработку информации в реальном времени.

Наконец, навигационное обеспечение должно обеспечивать привязку к координатам неточностью порядка 1 м.

Выполнение этих условий означало бы завершение современного этапа развития гидроакустических технологий, применяемых в борьбе с морским минным оружием.