

# МОРСКАЯ РЕВЕРБЕРАЦИЯ В ГИДРОЛОКАТОРЕ С СИНТЕЗОМ АПЕРТУРЫ АНТЕННЫ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Асп. БГУИР  
Чан Тай Чонг

Руководитель:  
д.т.н., проф. Гейстер С.Р.

Рассматривается проблема реверберации и характеризуется снижение ее влияния в гидролокаторах с синтезом апертуры антенны (САА). Приведется математическая модель пространства, в котором содержатся отражатели реверберации.

Проблема мешающих отражений существует не только в радиолокационных, но и гидролокационных системах. При распространении акустической волны в воде происходит ее частичное рассеяние на различных неоднородностях в воде и границах сред «вода – дно», «вода – воздух». В результате с выхода приемной антенны в тракт обработки принятого сигнала поступают [1]:

сигналы, отраженные от дна и принятые по главному лепестку диаграммы направленности антенны (ДНА);

сигналы, отраженные от дна и принятые по боковым лепесткам ДНА;

сигналы, отраженные от поверхности воды и принятые по боковым лепесткам ДНА;

сигналы, отраженные от неоднородностей на пути распространения (например, мельчайших частиц и рыб) и принятые по главному и боковым лепесткам ДНА;

сигналы, многократно переотраженные от неровностей дна и поверхности воды и принятые по главному и боковым лепесткам ДНА.

В гидролокаторах (ГЛ) бокового обзора полезными сигналами являются сигналы, обусловленные отражениями от дна и объектов на нем при приеме по главному лепестку ДНА, а остальные отмеченные сигналы являются мешающими сигналами или реверберационными помехами. В соответствии с [2], морская реверберация – это процесс изменения во времени суммарного рассеянного акустического поля, наблюдаемого в точке приема, после излучения акустического поля.

В обычном ГЛ построение изображения дна выполняется на основе использования сравнительно большой антенны с узкой физической ДНА и сложного длиноимпульсного сигнала [1]. Защита от помех реверберации в таком ГЛ является сложной задачей, а качество ее решения ограничено и зависит от размеров антенны, уровня боковых лепестков ДНА, а также от того, движущийся ГЛ или неподвижный. При движении обычного ГЛ бокового обзора качество защиты от помех реверберации снижается.

Установлено, что ГЛ бокового обзора с САА обладает существенными преимуществами в защите от реверберационных помех. Это обусловлено использованием при САА специальной когерентной обработки принятого сигнала, учитывающей законы изменения задержек и фаз сигналов, отраженных от анализируемых элементов разрешения дна.

В приложении к САА зона обзора разбивается на трехмерные блоки в прямоугольной системе координат  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ , причем ось  $OX$  ориентирована вдоль прямой линии перемещения фазового центра физической антенны ГЛ, а ось  $OZ$  ориентирована вертикально. В ходе интервала САА длительностью  $T_{САА}$  строится один блок (см. рисунок 1), имеющий размеры  $X_{ОБЗ}$ ,  $Y_{ОБЗ}$ ,  $Z_{ОБЗ}$  и состоящий из разрешаемых объемов с размерами, соответствующими разрешающим способностям  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$ . Количество элементов разрешения в блоке по соответствующим осям координат обозначим  $N_X$ ,  $N_Y$ ,  $N_Z$ . Произвольный разрешаемый объем в блоке обозначим номером  $(j, g, h)$ , причем  $j = \overline{(1; N_X)}$ ,  $g = \overline{(1; N_Y)}$ ,  $h = \overline{(1; N_Z)}$ . Носитель ГЛ перемещается прямолинейно со скоростью  $V_N$ , причем  $x_N(t) = x_{0N} + V_N t$ .

В качестве примера полагаем, что ГЛ обрабатывает сигнал от отражателя, находящегося в центре  $(J_a, G_a, H_a)$ -го разрешаемого объема блока обзора. Для этого отражателя синтез апертуры антенны выполняется при движении ГЛ в интервале  $[x_{(J_a, G_a, H_a)} - x_0; x_{(J_a, G_a, H_a)} + x_0]$  по координате  $X$  с центром в точке с координатами  $(x_{(J_a, G_a, H_a)}; y_{(J_a, G_a, H_a)}; z_{(J_a, G_a, H_a)})$ , где  $x_0 = V_N T_{САА} / 2$  - половина пространственного интервала САА. В интервале САА ГЛ выпускает  $N_T$  зондирования. Время задержки отраженного сигнала при  $n$ -м зондировании ( $n = \overline{(1; N_T)}$ ) от центра  $(J_a, G_a, H_a)$ -го объема в соответствии с [3] определяется выражением:

$$t_{z,n,(J_a, G_a, H_a)} = \frac{2}{c_v^2 - V_N^2} \left( c_v r_{zs,n,(J_a, G_a, H_a)} + V_N^2 (n-1) T_r \right) - \frac{2V_N x_0}{c_v^2 - V_N^2}, \quad (1)$$

где  $r_{zs,n,(J_a, G_a, H_a)}$  - расстояние между ГЛ и центром  $(J_a, G_a, H_a)$ -го объема в момент начала излучения произвольного  $n$ -го зондирующего сигнала (ЗС), [м];  $T_r$  - период повторения ЗС, [с].

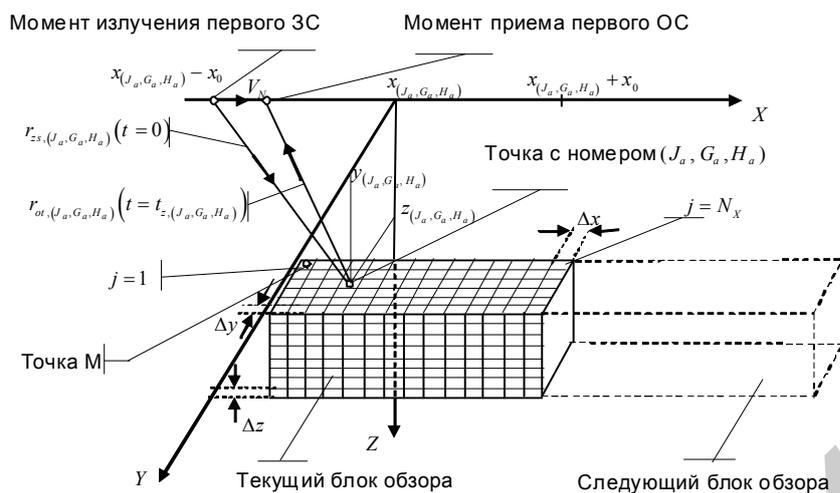


Рис. 1. Геометрическое представление САА в ГЛ

На качество формирования изображения в полосе размером  $\Delta r$  влияют отражения, которые имеют задержку, одинаковую с задержкой от  $(J_a, G_a, H_a)$ -го объема. Отражатели, формирующие такие отражения, находятся в пределах 2-х поверхностей, форма которых близка к форме сферы: первая с радиусом  $r_{n_s}(J_a, G_a, H_a)$  и вторая с радиусом  $r_{n_s}(J_a, G_a, H_a) + \Delta r$ . Заметим, что эти поверхности, во-первых, ограничиваются поверхностями воды и дна и, во-вторых, имеют отличия от сфер из-за того, что скорость распространения волны в воде сопоставима со скоростью движения носителя ГЛ.

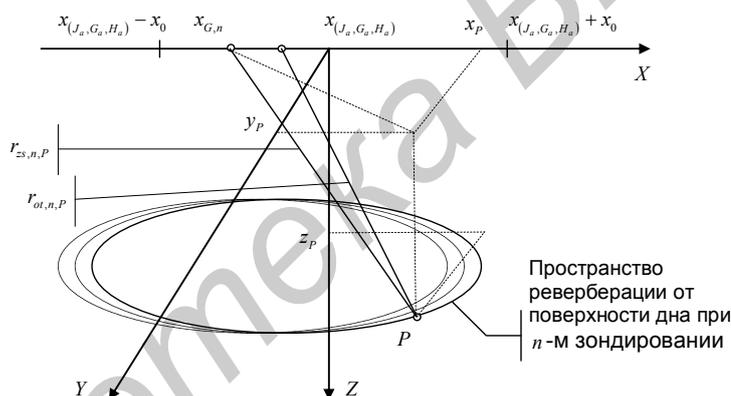


Рис. 2. Пояснение пространства реверберации от поверхности дна при  $n$ -м зондировании

При  $n$ -ом зондировании (рисунок 2) расстояние, которое проходит ЗС от передающей антенны ГЛ до отражателя, и расстояние, которое проходит отраженный сигнал от отражателя до движущейся антенны, описываются следующими общими выражениями:

$$r_{zs,n,P} = \sqrt{z_P^2 + y_P^2 + (x_{(J_a, G_a, H_a)} - x_0 + (n-1)V_N T_r - x_P)^2}, 0 \leq (n-1)V_N T_r \leq T_{SAA}; \quad (2)$$

$$r_{ot,n,P} = \sqrt{z_P^2 + y_P^2 + (x_{(J_a, G_a, H_a)} - x_0 + (n-1)V_N T_r + V_N t_{z,n,(J_a, G_a, H_a)} - x_P)^2}, 0 \leq (n-1)V_N T_r \leq T_{SAA}. \quad (3)$$

Решая систему уравнения, состоящую из выражений (2), (3) с учетом  $r_{zs,n,P} + r_{ot,n,P} = c_v t_{z,n,(J_a, G_a, H_a)}$ , получим уравнение, описывающее первую границу пространства, в котором содержат отражатели:

$$\left(1 - \left(\frac{V_N}{c_v}\right)^2\right) \left(x_{(J_a, G_a, H_a)} - x_0 + (n-1)V_N T_r - x\right)^2 + y^2 + z^2 - \left(\frac{V_N (c_v^2 - V_N^2) t_{z,n,(J_a, G_a, H_a)}}{c_v^2}\right) \times \\ \times \left(x_{(J_a, G_a, H_a)} - x_0 + (n-1)V_N T_r - x\right) - \left(\frac{c_v^2 - V_N^2}{2c_v}\right)^2 t_{z,n,(J_a, G_a, H_a)}^2 = 0.$$

Список использованных источников:

1. Чан Тай Чонг, Гейстер С.Р. Анализ возможностей защиты от сигналов реверберации при гидроакустическом синтезе апертуры антенны//Технические средства защиты информации: материалы XI Белорусско-российская науч.-тех. конф. 5-6 июня 2013, Минск, Респ. Беларусь. – С. 27.
2. Ольшевский В.В. Статистические свойства морской реверберации. – М.: Наука, 1966. – 198с.
3. Чан Тай Чонг, Гейстер С.Р. Модель гидроакустического сигнала, отраженного от точечного объекта, при синтезе апертуры антенны// Современные средства связи: материалы XVII междунар. науч.-тех. конф., 16-18 окт. 2012 г., Минск, Респ. Беларусь. с.79.