

Е.В. Азаренко¹, Д.Г. Гончаренко¹, Ю.Ю. Гончаренко¹,
М.М. Дивизинюк¹, М.И. Ожиганова¹

¹Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Рассматриваются факторы, влияющие на дальность действия специальных акустических средств и предлагаются основные составляющие методологии, направленной на повышение эффективности их использования.

Ключевые слова: акустические средства, акустические волны, аномалии, полезный сигнал.

Введение

Сегодня человек оснащен огромным количеством типов специализированных акустических средств, которые принято разделять по характеру решаемых задач, по месту монтажа (установки), по используемому частотному диапазону, по виду излучающих и приемных систем и т.д. [1]. Эффективность использования этих акустических средств в общем случае зависит от четырех групп факторов [2].

В первую группу входят технические параметры самого акустического средства (его рабочая частота, полоса пропускания, коэффициент концентрации антенн и т.д.), конструкция носителей (или помещений), где они устанавливаются, а также данные об объектах наблюдения (их шумность, способность отражать и поглощать акустическую энергию и др.) [3]. Вторая группа факторов определяет способность оператора акустического средства раскодировать акустические образы, степень его обученности и натренированности, физическое и эмоциональное состояние, оборудование рабочего места, типы применяемых индикаторных устройств и т.д. [4]. Третья группа включает факторы, определяющие взаимное распределение акустических антенн и объекта наблюдения, характер их перемещения в пространстве, противодействие преднамеренным помехам [5]. Четвертая группа факторов характеризует среду, в которой распространяются акустические волны (атмосфера, водная среда, грунт, скала, металл и т.д.) [6].

Учет групп перечисленных выше факторов, который осуществляется посредством информационно-технологического сопровождения при использовании специальных акустических средств, является актуальной научно-практической задачей.

Постановка цели и задачи научного исследования

Целью данной работы является разработка основ методологии информационно-технологического сопровождения при использовании специальных акустических средств. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие научные задачи. Сначала проанализировать факторы, оказывающие доминирующее влияние на использование акустических средств, затем разработать перечень основных составляющих методологии информационно-технологического сопровождения при использовании специализированных акустических средств.

Факторы, оказывающие доминирующее влияние на использование акустических средств

Для определения факторов, оказывающих доминирующее влияние на использование специальных акустических средств, необходимо выбрать один главный критерий оценки эффективности использования этих средств.

Пусть этим критерием будет дальность действия акустического средства, тогда дальность действия будет зависеть от следующих параметров, как показано на рис. 1.

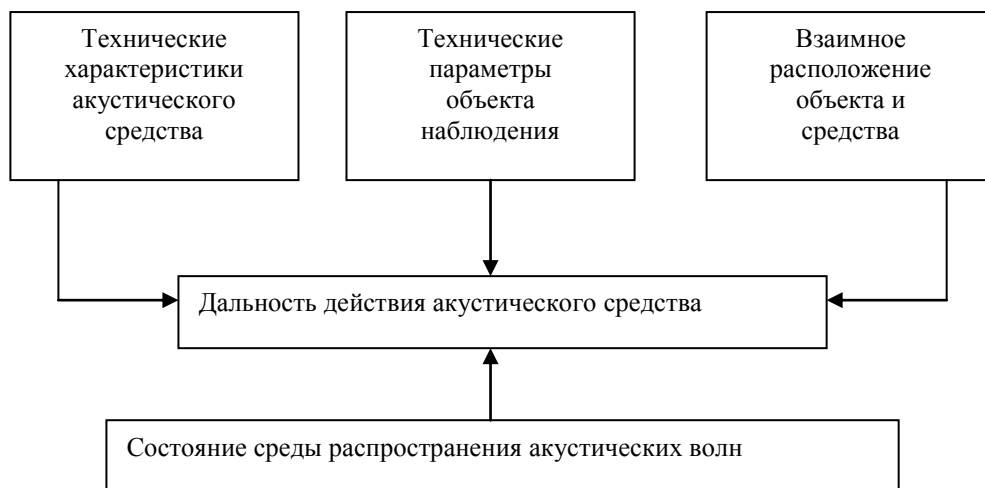


Рис. 1. Факторы, определяющие дальность действия акустического средства

В зависимости от использования первичного или вторичного акустического поля принято разделять акустические средства на пассивные и активные.

В первом случае главным фактором является интенсивность наблюдаемого источника звука I_u , которая определяется квадратом звукового давления, создаваемого источником. Излученная акустическая волна в воздушной или водной среде распространяется по сферическому закону. По мере ее распространения происходит расширение фронта акустической волны на величину $4\pi A^2$, где A – текущее значение дистанции, м. Необходимо также отметить, что за счет направленного действия приемной антенны распространяющийся акустический сигнал будет усилен на величину J_{np} , которая определяется как коэффициент концентрации акустической антенны.

Условие выделения полезного сигнала на фоне действующих помех, интенсивность которых $I_{ном}$, является определенное превышение этого уровня полезным сигналом. Степень этого превышения представляет собой технический параметр акустического средства δ – коэффициент распознавания, который показывает, во сколько раз полезный сигнал должен превышать помеху при заданных вероятностях правильного обнаружения и ложной тревоги. Распространяясь в воздушной или водной среде вследствие релаксационных процессов, акустическая волна затухает на величину $10^{-\beta A}$. Исходя из выше изложенного, получаем трансцендентное неравенство

$$\frac{I_u \cdot j_{np}}{4 \cdot \pi \cdot D^2} \cdot 10^{-\beta D} \geq \delta I_{ном}. \quad (1)$$

Выполнив преобразование, получим выражение (1) в следующем виде:

$$-20 \lg D - \beta D - 10 \lg 4\pi \leq 10 \lg \delta + 10 \lg I_{ном} - 10 \lg I_u - 10 \lg j_{np}. \quad (2)$$

Левая часть этого неравенства описывает спад интенсивности акустического поля в однородной безграничной среде, а правую часть принято называть энергетическим потенциалом акустического средства по определенному шумящему объекту.

При использовании активных акустических средств интенсивность зондирующего сигнала будет определяться как I_u . Достигнув объекта наблюдения, акустическая волна отразится от него. Степень отражения определяется площадью отражающей поверхности объекта наблюдения. Параметр, оценивающий эту площадь, называется радиусом эквивалентной отражающей поверхности $R_э$. Акустическая волна в этом случае проходит двойное расстояние D : первоначально до объекта наблюдения, а затем к приемной антенне. Акустический сигнал при этом претерпевает двойное затухание за счет релаксационных процессов и за счет расширения фронта распространяющейся волны. В то же время происходит усиление сигнала за счет направленных свойств излучающей и приемной антенны, которые учитываются соответствующими коэффициентами осевой концентрации антенн $j_{узл}$ и $j_{пр}$. Трансцендентное неравенство, определяющее дальность действия активного акустического средства, в этом случае будет иметь вид:

$$\frac{I_u \cdot j_{np} \cdot j_{узл} \cdot \left(\frac{R_э}{2}\right)}{(4\pi D^2)^2} \cdot 10^{-2\beta D} \geq \delta I_{ном}. \quad (3)$$

В результате логарифмирования и последующего преобразования выражения (3) получим:

$$-20 \lg D - \beta D - 10 \lg 4\pi \leq \frac{1}{2} \left[10 \lg \delta + 10 \lg I_{ном} - 10 \lg \left(\frac{R_э}{2}\right) - 10 \lg I_u - 10 \lg j_{np} - 10 \lg j_{узл} \right]. \quad (4)$$

Здесь левая часть также описывает спад интенсивности акустического поля в однородной безграничной среде, а правая – энергетический потенциал активного акустического средства по объекту с радиусом эквивалентной отражающей поверхности $R_э$.

Закономерность спада акустического поля зависит от частоты акустических колебаний f , которая, в свою очередь, определяет степень затухания акустических волн β . Значение D , при котором достигается равенство правых и левых частей выражения (2) и (4), является наибольшим значением дистанции, которое принято называть энергетической дальностью акустического средства. Графическое определение энергетических дальностей действия представлено на рис. 2. По оси ординат откладываются значения спада акустического поля в децибелах. Разрыв оси ординат необходим потому, что здесь оперирование происходит отрицательными величинами. Показанное значение энергетического потенциала $\Pi_{э2}$ является большим по сравнению с $\Pi_{э1}$ (по абсолютной величине $\Pi_{э2} > \Pi_{э1}$). Соответственно, большему значению энергетического потенциала соответствует большее значение энергетической дальности акустического средства.

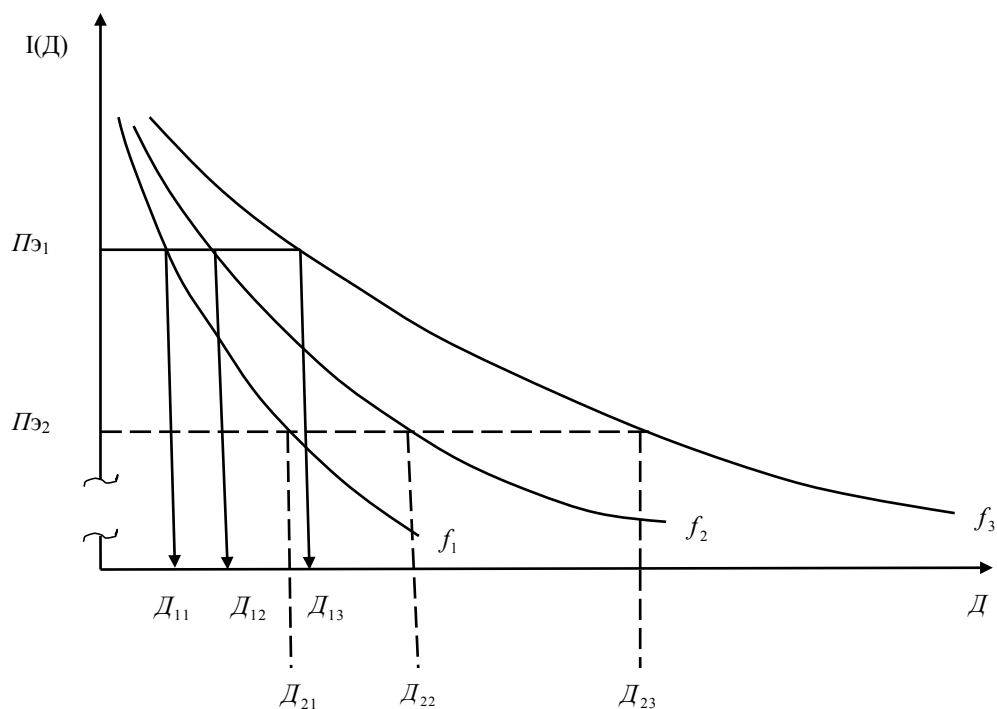


Рис.2. Определение энергетической дальности действия акустических средств

В зависимости от рельефа местности, его застройки, наличия и вида растительности появляется новое понятие – геометрическая дальность действия, которая определяется, как правило, прямой видимостью. Поэтому геометрическая дальность действия может быть больше энергетической, то есть объект наблюдения находится в зоне видимости, но акустически не достижим. Возможны и другие ситуации, когда геометрическая дальность действия меньше энергетической, например, когда объект наблюдения закрыт препятствием, например, здание или какое-либо другое сооружение. Разрешить это противоречие можно при использовании ситуационного плана, который позволяет выбирать позиции для наблюдения таким образом, чтобы объект постоянно был в зоне акустического контакта.

Среда, в которой распространяются акустические волны, воздействует на них самым разнообразным образом. Аналитически ее влияние учитывается добавлением в левую часть функционала $A(D)$ – аномалии распространения акустической энергии. Наиболее простой учет аномалии иллюстрируется на рис. 3. Здесь показана рефракция акустических лучей в зависимости от распространения скорости звука в пространстве (в данном случае, в атмосфере). Если скорость распространения звука с высотой не изменяется, то акустические лучи распространяются прямолинейно. Коэффициент аномалии A будет равен единице. В случае, когда скорость звука с высотой возрастает, то акустические лучи рефрагируют, искривляясь вниз, и огибают поверхность Земли. Здесь коэффициент аномалии будет больше единицы. Наоборот, если скорость звука с высотой убывает, то акустические лучи будут искривляться вверх.

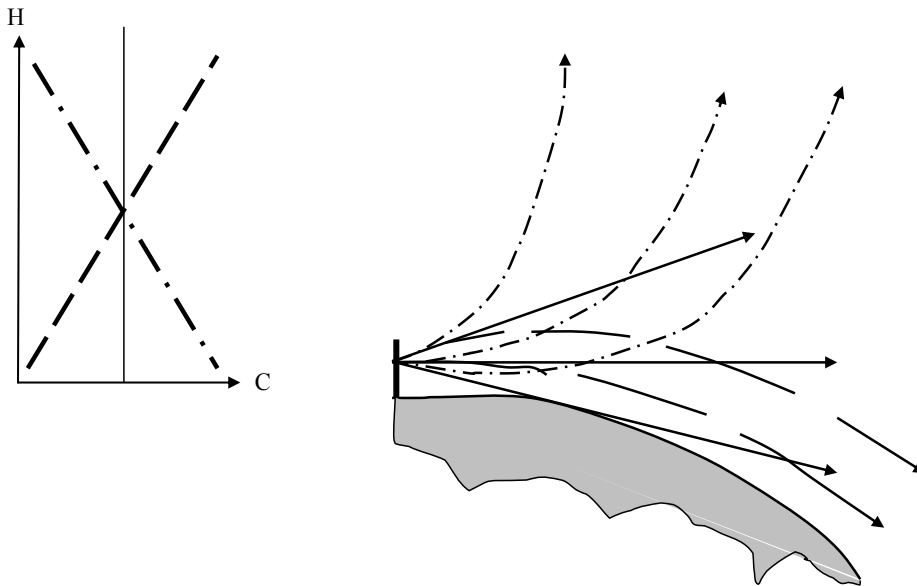


Рис.3. Рефракция акустических лучей

Коэффициент аномалии будет меньше единицы. Энергетическая дальность действия, исправленная функционалом аномалии (в частном случае, коэффициентом аномалии), является ожидаемой дальностью действия. Для расчета функционала аномалии распространения звука необходимо не только знание всех закономерностей поля скорости звука в районе решения прикладной задачи, но и его сезонной, внутри сезонной и суточной изменчивости, а также наличие ситуационного плана. Рассчитанная закономерность спада акустического поля зависит также от ориентации акустических трасс в пространстве. На рис. 4. представлен один из вариантов закономерности спада акустического поля с учетом аномалии распространения звука. Здесь показано, что в зависимости от ориентации узко направленной антенны, рефракции акустических волн, действия фокусирующих свойств приземных слоев атмосферы появляются зоны акустической тени и зоны сверхдальнего распространения звука. Ближняя зона акустической освещенности располагается в непосредственной близости от акустического средства. От D_1 до D_2 находится первая зона акустической тени, а следом за ней первая дальняя зона акустической освещенности от D_2 до D_3 . Она, в свою очередь, сменяется второй зоной акустической тени от D_3 до D_4 , после чего следует вторая дальняя зона акустической освещенности.

Таким образом, основными факторами, оказывающими доминирующее воздействие на дальность действия специального акустического средства, являются его технические параметры, акустические свойства объекта наблюдения, ситуационный план и акустические свойства среды распространения с учетом их сезонной, внутрисезонной, суточной изменчивости.

Основные составляющие методологии информационно-технологического сопровождения

Главная задача информационно-технологического сопровождения специальных акустических средств состоит в своевременном прогнозировании ожидаемой дальности их действия.

Как было рассмотрено ранее, энергетическая дальность действия определяется исходя из технических параметров средства и объема наблюдения. На этом этапе должен решаться главный вопрос о помеховой обстановке, определяемый, в основном, акустическим фоном района решения той или иной прикладной задачи.

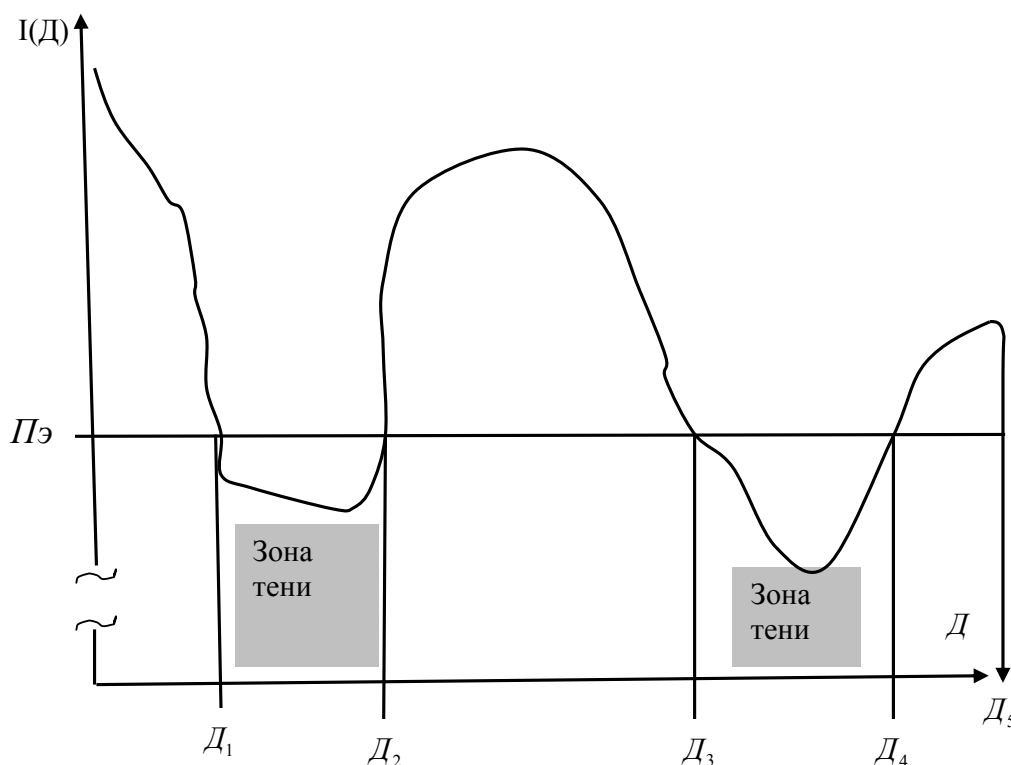


Рис. 4. Пример реальной закономерности спада акустического поля

Район решения задачи также определяется ситуационным планом, который должен выполняться в трехмерном формате, тогда можно моделировать наличие и отсутствие геометрических зон освещенности и зон тени.

Для этого же района необходимо знать его акустические характеристики, которые определяются термическими и динамическими параметрами среды распространения звука. Это позволит производить расчеты ожидаемой дальности действия акустического средства в зависимости от ориентации акустических трасс и взаимного расположения объекта наблюдения и акустического средства.

Реализация подобного информационно-технологического сопровождения в программном продукте позволит заблаговременно планировать использование акустических средств с одной стороны, а с другой – организовывать эффективную защиту от съема речевой информации.

Таким образом, в основу методологии информационно-технологического сопровождения при использовании специальных акустических средств положено создание программного продукта, позволяющего производить расчет ожидаемой дальности действия этих средств на основе их технических параметров, трехмерного ситуационного плана и акустических свойств среды.

Выводы

1. Основными факторами, оказывающими доминирующее воздействие на дальность действия специального акустического средства, являются его технические параметры, акустические свойства объекта наблюдения, ситуационный план и акустические свойства среды распространения с учетом их сезонной, внутрисезонной, суточной изменчивости.

2. В основу методологии информационно-технологического сопровождения при использовании специальных акустических средств положено создание программного продукта, позволяющего производить расчет ожидаемой дальности действия этих средств на основе их технических параметров, трехмерного ситуационного плана и акустических свойств среды.

Литература

1. Дивизинюк М.М. Классификация средств и систем акустического мониторинга водной среды / М.М. Дивизинюк, В.А. Назаренко, Е.Е. Смычков и др. // «Системы контроля окружающей среды». – Севастополь: МГИ НАНУ, 2011. – Вып. 15. – С. 61 – 64.
2. Дивизинюк М.М. Акустические поля Черного моря. – Севастополь: Гос. океанариум, 1998. – 352 с.
3. Дивизинюк М.М. Контроль параметров водной среды вдоль трасс измерительного комплекса / М.М. Дивизинюк, Л.В. Третьякова, И.П. Шумейко // «Системы контроля окружающей среды». – Севастополь: МГИ НАНУ, 2009. – Вып. 10. – С. 70 – 73.
4. Дивизинюк М.М. Физиологические аспекты воздействия информационного излучения на организм работающих // Сб. науч. тр. СКУЯЭиП. – Севастополь: СКУЯЭиП, 2009. – Вып. 13. – С. 85 – 91
5. Дивизинюк М.М. Функциональная модель рассеяния звука в Черном море / М.М. Дивизинюк, Е.В. Азаренко, Л.В. Третьякова // Сб. науч. тр. СКУЯЭиП. – Севастополь: СКУЯЭиП, 2009. – Вып. 2(30). – С. 204 – 209
6. Азаренко Е.В. Акустические свойства водной среды / Е.В. Азаренко, М.М. Дивизинюк, Л.В. Третьякова // Сб. науч. тр. СКУЯЭиП. – Севастополь: СКУЯЭиП, 2009. – Вып. 1(29). – С. 216 – 219.

Надійшла до редколегії 12.01.2013 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Петров А.С.

Є.В. Азаренко, Д.Г. Гончаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дівізінюк, М.І. Ожиганова

ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ СУПРОВІД ПРИ ВИКОРИСТАННІ СПЕЦІАЛЬНИХ АКУСТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Розглядаються чинники, що впливають на дальність дії спеціальних акустичних засобів і пропонуються основні складові методології, спрямованої на підвищення ефективності їх використання.

Ключові слова: акустичні засоби, акустичні хвилі, аномалії, корисний сигнал.

E.V. Azarenka, D.G. Goncharenko, Yu.Yu. Goncharenko, M.M. Divizinyuk, M.I. Ozhiganova

INFORMATION-TECHNOLOGICAL SUPPORT OF USING SPECIAL ACOUSTIC MEANS

Factors influencing the range of special acoustic means and proposes the main components of the methodology aimed at increasing the efficiency of their use.

Keywords: acoustic facilities, acoustic waves, anomalies, the useful signal.