

Список литературы:

- [1] Беленов А.Ф. Астрофизика в задачах и оценках. Интерактивные лекции по астрофизике. Издательство LAP Publishing, Германия, ISBN 978-3-8473-7346-9, 2012 г.
[2] Короновский Н.В. Магнитное поле геологического прошлого Земли. Соросовский образовательный журнал, №5, 1996, с. 56–63.

Е.Я. Бубнов
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

**АКУСТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ДВИЖУЩЕЙСЯ ЛИНЕЙНОЙ
АНТЕННОЙ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КВАДРУПОЛЕЙ
СО СЛУЧАЙНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ
ДИПОЛЬНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ**

Исследования настоящей работы предполагается использовать для уточнения акустического излучения газовых струй. Акустика струй представляет собой сложный раздел как в физической формулировке, так и в разработке адекватной математической модели. Автор в работах [1–2] предложил рассматривать квадруполь, которые являются основными источниками шумоизлучения свободной струи, в виде дискретных источников, а именно в виде двух точечных диполей или четырех монополей соответствующей полярности. Для модели распределенных движущихся источников в решении для акустического поля излучения появляются дополнительные фазовые набег, которые существенно изменяют характеристики излучения. Природа дополнительных фазовых набегов связана с анизотропным характером упругой среды.

Такую физическую модель автор применил к газовым струям [3], в которых согласно [4] содержатся когерентные излучающие структуры, характерный размер которых много меньше длины звуковой волны. В расчетах предполагалось, что расстояние между излучающими элементами антенны является неизменным.

В настоящей работе автор провел исследование излучения линейной антенной, в которой расстояния между излучающими элементами антенны могут меняться случайным образом.

Геометрия задачи для случая четного числа распределенных квадруполь в антенне приведена на рис. 1. Поперечные квадруполь расположены вдоль прямой линии, при этом два соседних противофазных гармонических диполя, образующие квадруполь, расположены на расстоянии l друг от друга. Расстояние между соседними квадрупольями равно L . Предположим, что указанные расстояния между источниками меняются случайным образом по закону равномерного распределения. Линия, соединяющая квадруполь, имеет угол α с положительным направлением оси x , вдоль которой происходит движение антенны и наблюдателя. Направление силового действия квадруполь изображается на рис. 1 стрелками, которые перпендикулярны линии, соединяющей диполи. Расстояние между началом координат и точкой наблюдения $M(x, y)$, находящейся в дальней зоне ($r \gg S_{\text{макс}}^2 / 4\lambda$) в плоскости x, y определяется через полярные координаты r и φ .

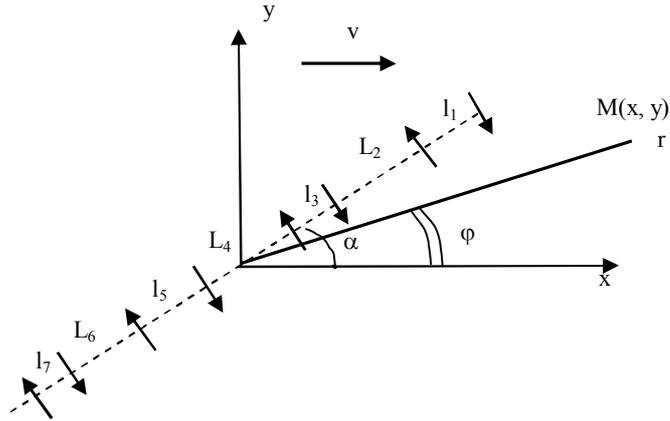


Рис. 1. Расположение движущихся диполей со случайным расположением вдоль линии в плоскости x, y декартовой системе координат. Число квадруполей в антенне четное

При расчете акустического излучения, создаваемого такой антенной, воспользуемся методом, изложенным в работе [3]. В этом случае исходную антенну разобьем на две дополнительные антенны. Каждая из этих антенн представляет собой совокупность противофазных равноудаленных относительно начала координат диполей. Расстояния между этими диполями для первой и второй дополнительных антенн вычисляются по формулам:

$$S_{1n} = 2l + L; \quad 4l + 3L, \dots = \sum_{n=1}^{N1} [2nl + (2n-1)L] \quad (1)$$

$$S_{2n} = L; \quad 2l + 3L, \dots = \sum_{n=1}^{N1} [(2n-2)l + (2n-1)L] \quad (2)$$

и меняются по случайному закону равномерного распределения. ($N1 = N/2$, N – число квадруполей в исходной антенне).

Тогда для первой и второй дополнительных антенн давления, создаваемые n -ой парой равноудаленных противофазных диполей, определяются формулами

$$p_{1n} = \frac{F\alpha\epsilon}{2\pi cr\sqrt{1-M^2\sin^2\varphi}} \times \left(-\frac{M\sin\alpha}{\beta^2} - \frac{\cos\varphi\sin\alpha - \beta^2\sin\varphi\cos\alpha}{\beta^2\sqrt{1-M^2\sin^2\varphi}} \right) \times \sin\left[\frac{\omega[2nl + (2n-1)L]}{2c} \left(\frac{M\cos\alpha}{\beta^2} + \frac{\cos\varphi\cos\alpha + \beta^2\sin\varphi\sin\alpha}{\beta^2\sqrt{1-M^2\sin^2\varphi}} \right) \right] \quad (3)$$

$$p_{2n} = -\frac{F\alpha\epsilon}{2\pi cr\sqrt{1-M^2\sin^2\varphi}} \times \left(-\frac{M\sin\alpha}{\beta^2} - \frac{\cos\varphi\sin\alpha - \beta^2\sin\varphi\cos\alpha}{\beta^2\sqrt{1-M^2\sin^2\varphi}} \right) \times \sin\left[\frac{\omega[(2n-2)l + (2n-1)L]}{2c} \left(\frac{M\cos\alpha}{\beta^2} + \frac{\cos\varphi\cos\alpha + \beta^2\sin\varphi\sin\alpha}{\beta^2\sqrt{1-M^2\sin^2\varphi}} \right) \right] \quad (4)$$

где индексы 1 и 2 относятся соответственно к первой и второй антеннам. Суммарное давление, создаваемое исходной антенной, представляется в виде

$$p = \sum_{n=1}^{N1} p_{1n} + \sum_{n=1}^{N1} p_{2n} , \quad (5)$$

Полученные выражения (3), (4), (5) позволяют провести расчет акустического поля движущейся линейной антенной со случайным распределением излучателей. На рис. 2 приведены кривые углового распределения амплитуд давления для случаев детерминированного и случайного расположения движущихся излучателей, а на рис. 3 аналогичные кривые для неподвижных излучателей .

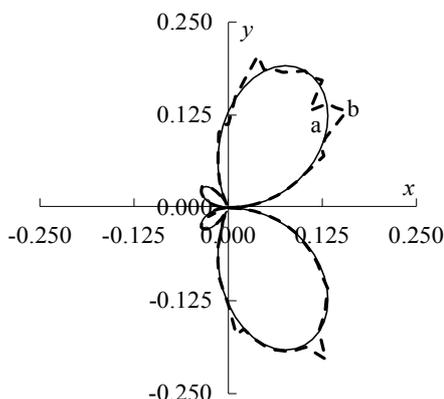


Рис. 2. Угловое распределение амплитуды акустического давления, создаваемого движущейся антенной при эквидистантном расположении диполей (кривая *a*) и случайном расположении диполей (кривая *b*). Скорость движения антенны $M = 0.5$. Число квадруполь в антенне $N = 20$, частота излучения $\omega = 1000$ рад/с, $\alpha = 0$. Относительная ошибка местоположения элементов $\delta l = 0.1$

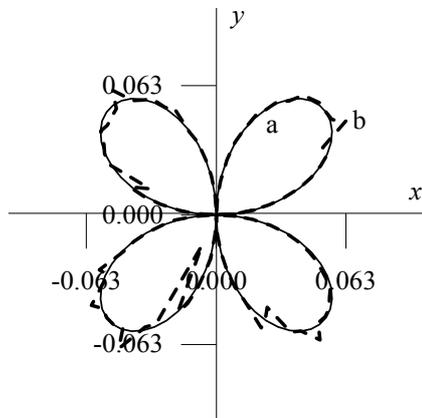


Рис. 3. Угловое распределение амплитуды акустического давления, создаваемого неподвижной антенной при эквидистантном расположении диполей (кривая *a*) и случайном расположении диполей (кривая *b*). Скорость движения антенн $M = 0$. Число квадруполь в антенне $N = 20$, частота излучения $\omega = 1000$ рад/с, $\alpha = 0$. Относительная ошибка местоположения элементов $\delta l = 0.1$

Сравнение кривых a и b как для движущейся, так и неподвижной антенн показывает несущественное влияние флюктуации расстояния между излучателями на амплитуду давления, что объясняется усредняющим действием элементов антенны.

Разработанная теоретическая модель излучения движущейся антенной, состоящей из статистически распределенных квадрупольей, может быть использована для объяснения акустических явлений в газовой струе.

Список литературы:

- [1] Бубнов Е.Я. Акустическое излучение дискретных источников в анизотропной среде // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Сер. Радиофизика. 2010. Вып. 9 (45). С. 23–26.
- [2] Бубнов Е.Я. Акустическое излучение движущихся синфазных и противофазных диполей // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, сер. Радиофизика. 2011. Вып. 6 (1). С. 99–103.
- [3] Бубнов Е.Я. Акустическое излучение движущейся линейной антенной продольных распределенных квадрупольей // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, сер. Радиофизика. 2012. Вып. 2 (1). С. 51–54.
- [4] Авиационная акустика. В 2-х ч. Ч. 1. /А.Г. Муни, Б.М. Ефимцев, Л.Я. Кудисова и др.// Под ред. А.Г. Мунина. М.: Машиностроение, 1986, 448 с.

В.С. Добровольский, Е.Н. Мясников

ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

А.В. Кузнецов

ОАО ФНПЦ «ННИИРТ»

С.П. Тараканков

ФБГНУ НИРФИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУХКАНАЛЬНОЙ СУДОВОЙ РЛС ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ЗНАКОВ

В условиях ограниченной видимости часто возникает необходимость определения места положения судна по береговым ориентирам и навигационным знакам (НЗ). Однако их обнаружение по сигналу радиолокационной станции (РЛС), затруднено при наличии засветок от водной поверхности, береговой линии и др. Опознавание НЗ затруднено при наличии большого количества посторонних объектов, имеющих сравнимые и ним поперечники рассеяния. Увеличение площади отражающей поверхности НЗ ограничено их габаритными размерами.

В настоящее время для решения задачи опознавания НЗ по отметкам на экране РЛС используются буи с активным ответом, образующие совместно с РЛС средства вторичной радиолокации (СВРЛ), которые после приема импульсов от судовой РЛС излучают ответные сигналы [1]. Активный ответ позволяет значительно увеличить дальность радиолокационного обнаружения объектов с малой отражающей поверхностью, так как мощность сигналов запроса и ответа убывает обратно пропорционально квадрату расстояния до объекта, в то время как при приеме отраженных сигналов от пассивных отражателей она обратно пропорциональна четвертой степени расстояния.

СВРЛ, используемые в настоящее время, разделяются на судовые запросчики - ответчики (СЗО) и получившие широкое распространение радиолокационные маяки-ответчики (РМО), которые устанавливаются на НЗ, маяках или в условных точках, координаты которых точно известны. РМО представляет собой приемопередающее