DOI: 10.17117/nv.2015.03.108

Поступила (Received): 24.09.2015

<http://ucom.ru/doc/nv.2015.03.108.pdf>

gag@psati.ru

Глущенко А.Г., Глущенко Е.П.
Влияние движения среды на интерференционную
картину, формируемую двумя когерентными
источниками

Glushchenko A.G., Glushchenko E.P.
The influence of the motion of the medium to an interference
pattern formed by two coherent sources

Рассмотрено влияние движения среды на картину интерференции от двух когерентных источников, расположенных в изотропной среде для электромагнитных и для упругих волн. Движение среды приводит к асимметрии суммарной скорости движения волн и волновых чисел. Получены уравнения кривых максимумов и кривых минимумов интенсивности волнового процесса. Получены аналитические соотношения для расчета интенсивности волнового процесса, создаваемого когерентными источниками, во всех точках плоскости, проходящей линию, соединяющую источники. Приведены результаты расчета интерференционной картины в зависимости от скорости движения среды в направлении линии, соединяющей излучатели. Установлено, что движения среды приводит как к сдвигу интерференционных максимумов и минимумов в направлении движения среды. С ростом скорости движения среды величина смещения положения минимумов и максимумов возрастает. Кроме того увеличение скорости движения среды приводит к увеличению на единицу длины числа интерференционных максимумов и минимумов, стоячие волны «сжимаются» вплоть до срыва интерференционной картины между источниками

Ключевые слова: интерференция, когерентные источники, движение среды

The influence of motion of environment on the interference pattern from two coherent sources located in the isotropic medium for electromagnetic and elastic waves. The motion of the medium leads to asymmetry of the total velocity of the waves and of wave numbers. The equations of curves of maxima and minima of intensity of wave process. The obtained analytical relations for calculating the intensity of wave process generated by coherent sources, at all points in the plane the line connecting the sources. The results of calculation of the interference pattern depending on the velocity of the medium in the direction of the line connecting the emitters. It is established that the motion of the medium leads to the demolition of the interference maxima and minima in the direction of fluid flow. With increasing speed of motion of the medium, the amount of displacement of the position of the minima and maxima increases. Additionally, the increasing speed of the medium increases per unit length number of interference maxima and minima, standing waves are "compressed" up to the breakdown of interference patterns between the sources

Key words: interference, coherent sources, the movement of the medium

Глущенко Александр Григорьевич
Доктор физико-математических наук, профессор,
зав. кафедрой
Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики
г. Самара, Московское шоссе, 77

Glushchenko Alexander Grigoryevich
Doctor of Physico-mathematical Sciences, Professor,
Head of the Department
Povolzhskiy State University of Telecommunications
and Informatics
Samara, Moskovskoe shosse, 77

Глушченко Евгения Павловна

Кандидат физико-математических наук, доцент
Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики
г. Самара, Московское шоссе, 77

Glushchenko Evgenia Pavlovna

Candidate of Physico-mathematical Sciences,
associate Professor
Povolzhskiy State University of Telecommunications
and Informatics
Samara, Moskovskoe shosse, 77

Расчет картины интерференции волн от двух когерентных источников (модель опыта Юнга) является классической задачей акустических и электромагнитных источников. Наблюдается формирование в пространстве стационарного перераспределения интенсивности, возникающее за счет перераспределения в пространстве их энергии [1-3]. Движение среды существенно влияет на волновые процессы, что наиболее наглядно проявляется для упругих волн [3]. При этом скорость движения среды может быть сопоставима со скоростью распространения упругих волн в среде [4-5]. Рассмотрим здесь влияние движения среды вдоль оси Ox на интерференционную картину, создаваемую двумя когерентными источниками упругих волн s_1 и s_2 (рис.1) в среде, характеризуемой скоростью распространения волн c . Направление движения среды совпадает с осью Ox .

Рис.1. Интерференция волн от двух источников в подвижной среде.

В соответствии с принципом суперпозиции суммарное давление поля в любой точке пространства P определяется суммой давлений, создаваемых каждым источником: $p = p_1(t) + p_2(t + \tau)$, где $\tau = \frac{r_2}{v_2} - \frac{r_1}{v_1}$ – это время задержки волны, проходящей более длинный путь r_2 от второго источника по сравнению с расстоянием, проходимым волной, распространяющейся по пути r_1 . Скорости распространения для первой и второй волн от источников в направлении точки наблюдения P различаются:

$$v_1 = c + u \cos \alpha_1 \text{ и } v_2 = c + u \cos \alpha_2.$$

Разность фаз этих двух волн описывается формулой: $\Delta\Phi = k_2 r_2 - k_1 r_1$, где волновые числа для первой и второй волн

$$k_{1,2} = \frac{\omega}{v_{1,2}} = \frac{\omega}{c + u \cos \alpha_{1,2}} = \frac{k_0}{1 + \frac{u}{c} \cos \alpha_{1,2}}$$

Рис. 2. Распределение интенсивности при интерференции от двух когерентных источников, расположенных в подвижной среде в зависимости от скорости движения среды

также различаются. Углы α_1, α_2 , которые определяют направление распространения первой и второй волн в точку P , определяются соотношениями (рис. 1):

$$\operatorname{tg} \alpha_{1,2} = \frac{y}{x \mp d/2}$$

Тогда волновые числа можно представить в виде:

$$k_1 = \frac{k_0}{1 + \frac{u}{c} \frac{x \mp d/2}{\sqrt{(x \mp d/2)^2 + y^2}}}$$

Расстояния от источников до точки наблюдения:

$$r_{1,2} = \sqrt{\left(x \mp \frac{d}{2}\right)^2 + y^2}$$

При наложении когерентных волн в точке P возникает результирующая волна с той же частотой, а амплитуда волны определяется из соотношения:

$$p^2 = p_1^2 + p_2^2 + 2p_1p_2 \cos \Delta\Phi.$$

Интенсивность волнового процесса в точке P представим в виде:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2} \cos \Delta\Phi = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2} \cos \Delta\Phi.$$

Максимальная интенсивность $I_{\max} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2}$ будет наблюдаться в тех точках, для которых $\cos \Delta\Phi = 1$, минимальная интенсивность $I_{\min} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 \cdot I_2}$ будет наблюдаться в точках, где $\cos \Delta\Phi = -1$. Кривые максимальной и минимальной интенсивности описываются уравнениями:

$$\frac{\sqrt{(x-d/2)^2 + y^2}}{1 + \frac{u}{c} \frac{x-d/2}{\sqrt{(x-d/2)^2 + y^2}}} + \frac{\sqrt{(x+d/2)^2 + y^2}}{1 + \frac{u}{c} \frac{x+d/2}{\sqrt{(x+d/2)^2 + y^2}}} = \begin{cases} 2m \frac{\lambda}{2} & - \max \\ (2m+1) \frac{\lambda}{2} & - \min \end{cases}$$

(где $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$ порядок интерференции). На рис. 2 показано влияние скорости движения среды на распределение интенсивности интерференционной картины. При равной интенсивности двух источников $I_1 = I_2 = I_0$ имеем:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2} \cos \Delta\Phi = 2I_0(1 + \cos \Delta\Phi)$$

Движение среды параллельно плоскости, в которой расположены источники, и формирует несимметрию интерференционной картины двух источников относительно оси Ox , проходящей через источники излучения. С ростом скорости растет «снос» интерференционной картины и растет число интерференционных максимумов между источниками на единицу поверхности со стороны движения среды.

Таким образом, движение среды существенно меняет интерференционную картину даже при малой скорости движения среды, что необходимо учитывать при расчете диаграммы направленности излучателей.

Список используемых источников:

1. Глущенко А.Г., Глущенко Е.П., Иванов В.В., Устинова Е.С. Интерференция волн в невязимных средах // В мире научных открытий. 2012. №1.1(25). С. 98-112.
2. Глущенко А.Г., Глущенко Е.П., Иванов В.В., Устинова Е.С. Особенности стоячих волн в невязимных средах // Естественные и технические науки. 2012. №1(57). С. 257-259.
3. Гринченко В.Т., Вовк И.В., Мацыпура В.Т. Основы акустики. Київ: Наукова думка, 2007. 640 с.
4. Осташев В. Е. Распространение звука в движущихся средах. М.: Наука, 1992. 208 с.
5. Шкундин С.З., Румянцев В.А. Повышение точности измерения скорости воздушного потока акустическим анемометром // Измерительная техника. 2001. №1. С. 54-57.

References:

1. Glushchenko A.G., Glushchenko E.P., Ivanov V.V., Ustinova E.S. Interference waves in non-reciprocal environments. In the world of scientific discoveries. 2012. №1.1(25). P. 98-112.
2. Glushchenko A.G., Glushchenko E.P., Ivanov V.V., Ustinova E.S. Peculiarities of standing waves in nonreciprocal media. Natural and technical Sciences. 2012. №1(57). P. 257-259.
3. Grinchenko V.T., Vovk I.V., Matsipura V.T. Fundamentals of acoustics. Kyiv: Naukova Dumka, 2007. 640 p
4. Ostashev V.E. sound Propagation in moving media. M.: Nauka, 1992. 208.
5. Shkundin Z.S., Rumyantsev V.A. Improving the accuracy of measurement of air velocity by anemometer acoustic. Measuring equipment. 2001. No. 1. C. 54-57.

© 2015, Глущенко А.Г., Глущенко Е.П.

Влияние движения среды на интерференционную картину, формируемую двумя когерентными источниками

© 2015, Glushchenko A.G., Glushchenko E.P.

The influence of the motion of the medium to an interference pattern formed by two coherent sources