

ESTUDIO DEL CAMPO ACÚSTICO EN CAVIDADES PARA PROCESOS DE AGLOMERACIÓN

L. Elvira Segura, E. Riera Franco de Sarabia y J.A. Gallego Juárez.

U.E.I. Ultrasonidos. Instituto de Acústica (C.S.I.C.). Serrano 144, Madrid 28006

INTRODUCCIÓN

El rápido desarrollo industrial experimentado por la sociedad durante el siglo XX, ha venido acompañado de una creciente emisión de residuos a la atmósfera, con el consiguiente deterioro de la misma. En los últimos años, los altos niveles de polución alcanzados han provocado una mayor sensibilización por parte de la opinión pública. Una gran cantidad de estos residuos se expulsa en forma de humos o aerosoles industriales, que están constituidos, por una suspensión de partículas sólidas y/o líquidas en un gas, las cuales, pueden permanecer en la atmósfera durante un tiempo más o menos largo, dependiendo de su tamaño y peso. Las partículas más pequeñas - menores de $5\mu\text{m}$ - son particularmente más dañinas para la salud al depositarse en los alvéolos pulmonares tras ser inhaladas.

Hasta el momento las restricciones sobre la expulsión de aerosoles tan sólo tenían en cuenta la cantidad másica de los mismos. Sin embargo la nueva normativa que se prevé entrará pronto en vigor en la CE, incluye también limitaciones en número para la expulsión de partículas micrónicas y submicrónicas. Por otro lado, los filtros convencionales (ciclones, precipitadores, filtros electrostáticos...), tienen escasa eficiencia para la retención de partículas de tamaños del orden de la micra, haciéndose necesario en este caso, la utilización de nuevas tecnologías.

En 1931 Patterson y Cawood comprobaron que al actuar un campo acústico sobre un aerosol, se producía un efecto de aglomeración de las partículas que lo forman, dando lugar a partículas mayores. Este fenómeno se conoce con el nombre de coagulación) o aglomeración acústica de aerosoles. Son numerosos los mecanismos que intervienen en dicho proceso: interacción hidrodinámica, mecanismo ortocinético, paracinético, etc. Esta complejidad es la causa de que, a pesar del esfuerzo teórico-experimental realizado desde su descubrimiento [1,2], aún no se haya podido enunciar una teoría global que explique el fenómeno de la aglomeración acústica. También se han venido haciendo repetidos intentos por aplicarlo a la industria; sin embargo la escasa eficiencia de los emisores acústicos en gases, ha supuesto una barrera infranqueable para la utilización comercial de dispositivos aglomeradores de partículas.

El desarrollo actual de transductores de alta eficiencia [3], hace posible pensar en la utilización industrial del proceso de aglomeración. Las líneas de futuro apuntan hacia el desarrollo combinado de filtros acústicos y electrostáticos. Estos nuevos dispositivos permitirían reducir la emisión de partículas de pequeño tamaño por debajo de los niveles actualmente vigentes (del orden de 50 mg/m^3).

EL CAMPO ACUSTICO EN EL PROCESO DE AGLOMERACION

Son numerosos los factores que intervienen en el proceso de la aglomeración acústica de aerosoles. Por un lado, se han de tener en cuenta las características propias del aerosol, como son la composición química, la concentración, la viscosidad, el tamaño medio de partículas, la desviación típica, el tipo de partícula (sólida o líquida), etc. Son también importantes las condiciones de presión y temperatura a las que se encuentra, y sobre todo, las características del campo acústico aplicado -en las que se centra este trabajo- y el tiempo de tratamiento.

Según los estudios realizados hasta la fecha, parece que tanto la frecuencia como la intensidad del campo son fundamentales en el proceso de aglomeración. El primero de estos parámetros, la frecuencia, debe estar íntimamente relacionada con el tamaño de las partículas del aerosol [2]. Podemos pensar, por tanto que, dado un aerosol con una determinada distribución del tamaño de partículas, existirá una frecuencia óptima para llevar a cabo su aglomeración. Por otra parte, a medida que avanza el proceso, la distribución de tamaños cambia y, por tanto, también lo hace dicha frecuencia óptima.

La amplitud del campo acústico juega asimismo un papel muy importante, ya que por debajo de 140 dB de nivel de presión sonora (NPS), la aglomeración es muy débil. En la práctica, una aglomeración eficiente requiere sobrepasar un umbral de 150 dB. A estos niveles de presión, aparecen fenómenos no-lineales (distorsión de la onda, turbulencia, viento acústico, etc.), lo cual dificulta el tratamiento teórico a la hora de predecir la distribución del campo acústico y sus características.

Este trabajo tiene como objetivo optimizar la geometría de las cámaras de aglomeración mediante la obtención de una distribución uniforme del campo acústico dentro de la cámara, cuando se trabaja a frecuencias útiles para aglomerar aerosoles micrónicos y submicrónicos (5-30kHz).

SISTEMA EXPERIMENTAL

El procedimiento seguido para el estudio del campo acústico, se basa en la medida del NPS en el interior de diferentes cámaras (ver figura 1). El emisor empleado para establecer dicho campo es un transductor ultrasónico de placa escalonada. Consta de un excitador piezoeléctrico tipo sandwich y un amplificador mecánico que transmite la vibración a una placa circular escalonada. Estos escalones permitirán que el campo acústico interfiera de forma constructiva, logrando una radiación coherente y buena directividad. En particular, el transductor con el que se ha trabajado resuena aproximadamente a unos 20 kHz y su placa, de 335 mm. de diámetro, vibra en un modo axisimétrico con 5 círculos nodales.

La presión se mide por medio de un micrófono Brüel & Kjær de 1/8 " que describe barridos tipo "raster" en dos dimensiones. Este movimiento se controla por medio de un PC, a través de un programa diseñado específicamente para ello. El programa también gestiona la adquisición de los datos que llegan del voltímetro al que está conectado el micrófono.

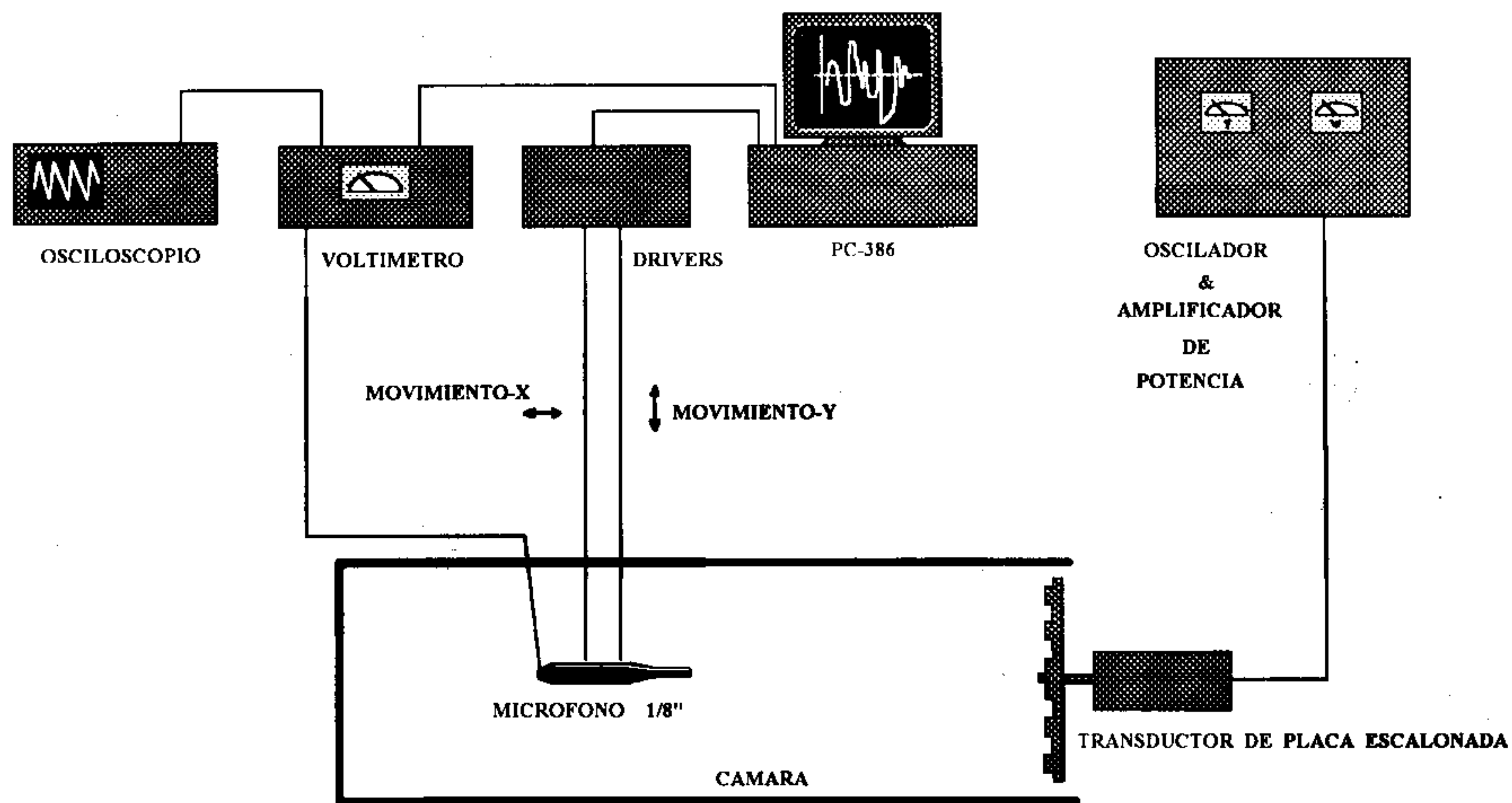


Figura 1. Esquema del sistema experimental de medida.

ESTUDIO DEL CAMPO ACÚSTICO

Cámara cilíndrica

La teoría de modos normales, nos da una primera aproximación acerca del campo en un tubo de geometría cilíndrica. Para el caso general de una cámara resonante de geometría cualquiera, la presión viene dada por la siguiente ecuación [4]:

$$p(\bar{x}) = \rho \omega \sum_{n,m} \frac{\Psi_{n,m}(\bar{x})}{\Gamma_{n,m}} \frac{I_{n,m}}{(k_{n,m}^2 - k_0^2)}$$

donde,

p es la presión en un punto del medio, que en nuestro caso es aire.

ρ es la densidad del aire.

ω es la velocidad angular de la onda acústica.

Ψ es cada una de las autofunciones de nuestro problema de contorno,

Γ es la normalización de estas autofunciones.

I recoge la contribución de la vibración del transductor a cada autofunción.

k es el vector de onda para cada autofunción.

k_0 es el vector de onda en espacio libre.

Las autofunciones para el caso de una cámara cilíndrica de paredes reflectantes son de la forma : $\Psi = \cos(k_z z) J_0(\alpha r)$. Estas funciones se obtienen suponiendo que se mantiene una perfecta simetría radial, y que por tanto no se excitan modos que no tengan esta simetría. La función de Bessel de orden cero tiene una característica importante: alcanza su máxima amplitud cuando el argumento es nulo. Esto da lugar a que el campo se concentre en el eje de la cavidad, y por tanto, excepto que se establezca sólo el modo fundamental, para el que $\alpha=0$, y por tanto J_0 es igual para todo r ; es imposible conseguir una distribución uniforme del campo. Este es precisamente nuestro caso (ver figura 2.a), al ser la longitud de onda pequeña ($\lambda=16\text{mm}$), comparada con las dimensiones de la cámara (longitud=1000mm, $\varnothing=340\text{mm}$).

Cámara de sección cuadrada

En este otro caso, la expresión general para la presión sigue siendo válida, pero cambian las autofunciones: $\Psi = \cos(k_x x) \cos(k_y y) \cos(k_z z)$.

A la vista de estas funciones se puede esperar que no aparezca el efecto de concentración axial del caso anterior. Efectivamente, aunque el transductor, al tener geometría radial, da lugar a una mayor intensidad de campo en el eje, se observa que la energía acústica está más distribuida (ver figura 2.b).

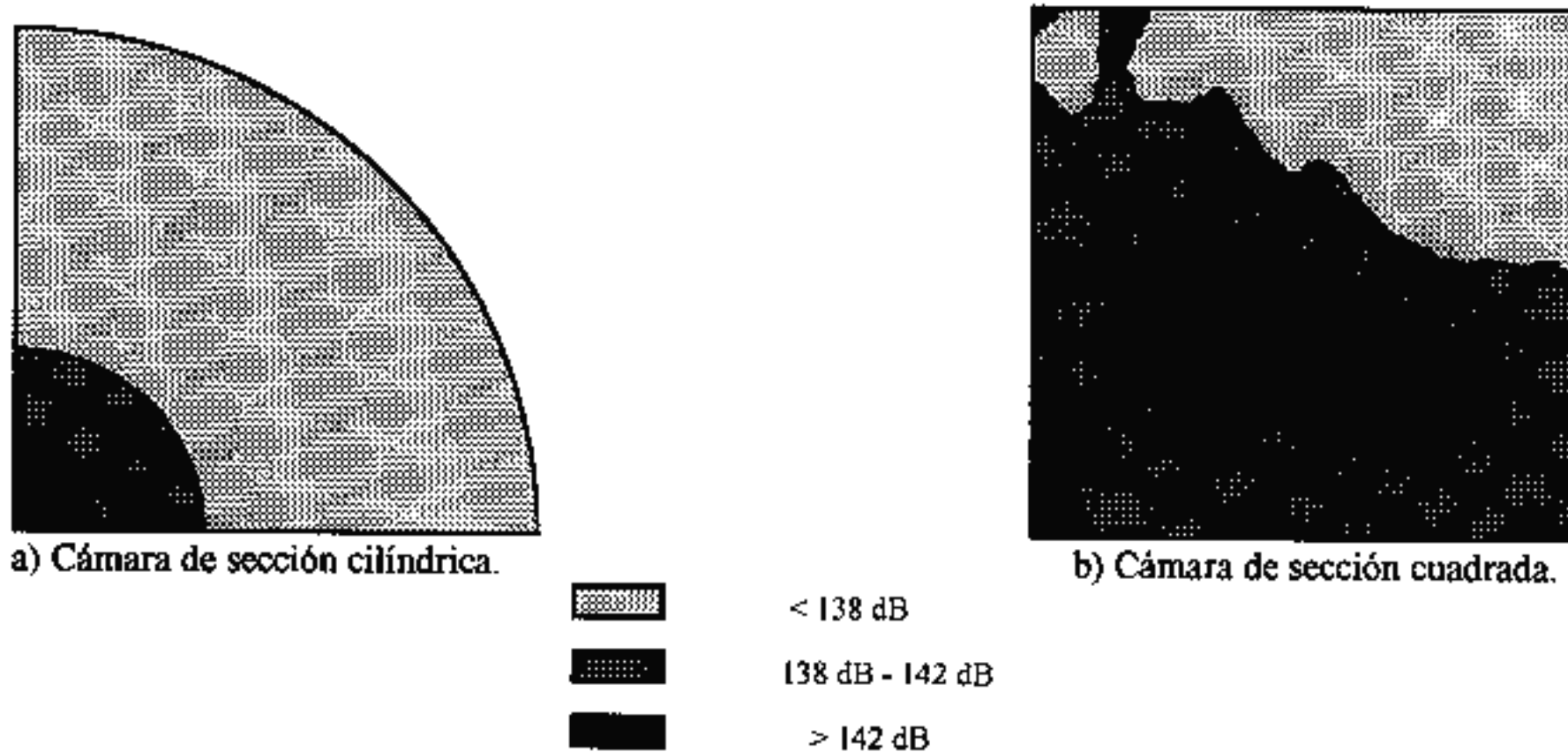


Figura 2. Distribución media de presión en un cuarto de sección de las cámaras descritas. Potencia eléctrica consumida: 10W.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se inscribe en el marco del Proyecto de Investigación del Plan Nacional TAP93-0230 y en conexión con un contrato de investigación con la empresa ENDESA.

BIBLIOGRAFIA

- 1.E.Riera-Franco de Sarabia & J.A.Gallego-Juárez. "Ultrasonic agglomeration of micron aerosols under standing wave conditions". J. of Sound and Vibr.(1986) 110(3),pp 413-427.
- 2.E.P. Mednikov. "Acoustic coagulation and precipitation of Aerosols".Consultants Bureau, New York.1965.
- 3.J.A.Gallego-Juárez, G.Rodríguez-Corral & L.Gaete-Garretón. "An ultrasonic transducer for high power applications in gases". Ultrasonics. Nov. 1978.Vol 16(6),pp 267-271.
- 4.P.M. Morse & K.U.Ingard."Theoretical acoustics".Mc.Graw-Hill Book Company. 1968.