О ПРИБЛИЖЕННОМ ВЫЧИСЛЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТА КОНЦЕНТРАЦИИ НЕПРЕРЫВНЫХ КОМПЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ

М. Д. Смарышев

Пользуясь определением коэффициента концентрации акустической системы в режиме излучения, легко получить для этого коэффициента выражение:

$$K = \frac{\frac{4\pi}{\rho c}\left|\frac{p(\bar{u}_0)\, r}{\dot{\xi}_0}\right|^2}{r_s}, \tag{1}$$

где $p(\bar{u}_0)$ — давление, развиваемое акустической системой в дальнем поле в направлении $\bar{u}_0$ и на расстоянии r, если колебательная скорость произвольного ее элемента (для определенности совпадающего с началом координат) равна $\dot{\xi}_0$; r_s — активное сопротивление излучения системы относительно $\dot{\xi}_0$ $\left(\dot{\xi}_0 = \frac{2W}{r_s}\right)$.

Рассмотрим компенсированную непрерывную прозрачную линейную систему. В этом случае

$$p(\bar{u}_0) = \frac{k\rho c a\,\dot{\xi}_0}{2r}\int\limits_l a(\bar{\rho})\, dl \tag{2}$$

и

$$r_s = \pi k^2 \rho c a^2 \int\limits_l\int\limits_{l'} a(\bar{\rho})\, a(\bar{\rho}')\cos\left[k\bar{u}_0(\bar{\rho}-\bar{\rho}')\right]\frac{\sin k|\bar{\rho}-\bar{\rho}'|}{k|\bar{\rho}-\bar{\rho}'|}\, dl\, dl'. \tag{3}$$

Здесь a — радиус поперечного сечения системы, k — волновое число, $a(\bar{\rho})$ — амплитудное распределение по системе $[a(\bar{\rho}) = |\dot{\xi}(\bar{\rho})/\dot{\xi}_0|]$, $\sin k|\bar{\rho}-\bar{\rho}'|/k|\bar{\rho}-\bar{\rho}'|$ — нормированное взаимное активное сопротивление излучения элементов системы, положение которых определяется радиусами-векторами $\bar{\rho}$ и $\bar{\rho}'$, множитель $\cos[k\bar{u}_0(\bar{\rho}-\bar{\rho}')]$ в формуле (3) учитывает компенсацию системы в направлении $\bar{u}_0$.

Вычислим приближенно внутренний интеграл выражения (3). Будем предполагать, что длина волны настолько мала по сравнению с радиусами кривизны линейной системы, что на величину интеграла по l' оказывают влияние только такие близкие к dl элементы dl', которые можно считать лежащими на касательной к системе в некоторой точке элемента dl. Предполагая также, что амплитудное распределение изменяется на протяжении интересующего нас участка интегрирования по l' несущественно, и устремляя пределы внутреннего интеграла к бесконечности (на том основании, что вклад удаленных элементов в величину интеграла по l' мал), получим

$$r_s = k\rho c a^2 \pi^2 \int\limits_l I(\sin\alpha)\, a^2(\bar{\rho})\, dl, \tag{4}$$

где $I(\sin\alpha) = \begin{cases} 1 & \text{при } \sin\alpha < 1 \\ \frac{1}{2} & \text{при } \sin\alpha = 1 \end{cases}$ и α — угол между направлением компенсации и нормалью к поверхности элемента dl.

Подставляя выражения (2) и (4) в формулу (1), получим

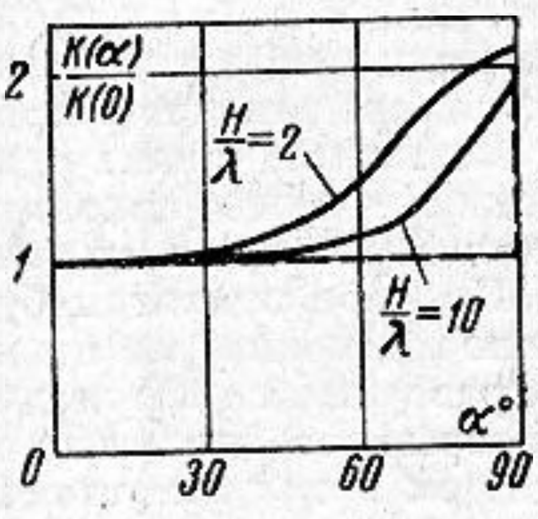
$$K = \frac{2}{\lambda}\,\frac{\left|\int\limits_l a(\bar{\rho})\, dl\right|^2}{\int\limits_l I(\sin\alpha)\, a^2(\bar{\rho})\, dl}. \tag{5}$$

Вычисляя приближенно аналогичным образом внутренний интеграл выражения, определяющего активное сопротивление излучения прозрачной непрерывной компенсированной поверхностной системы, получим

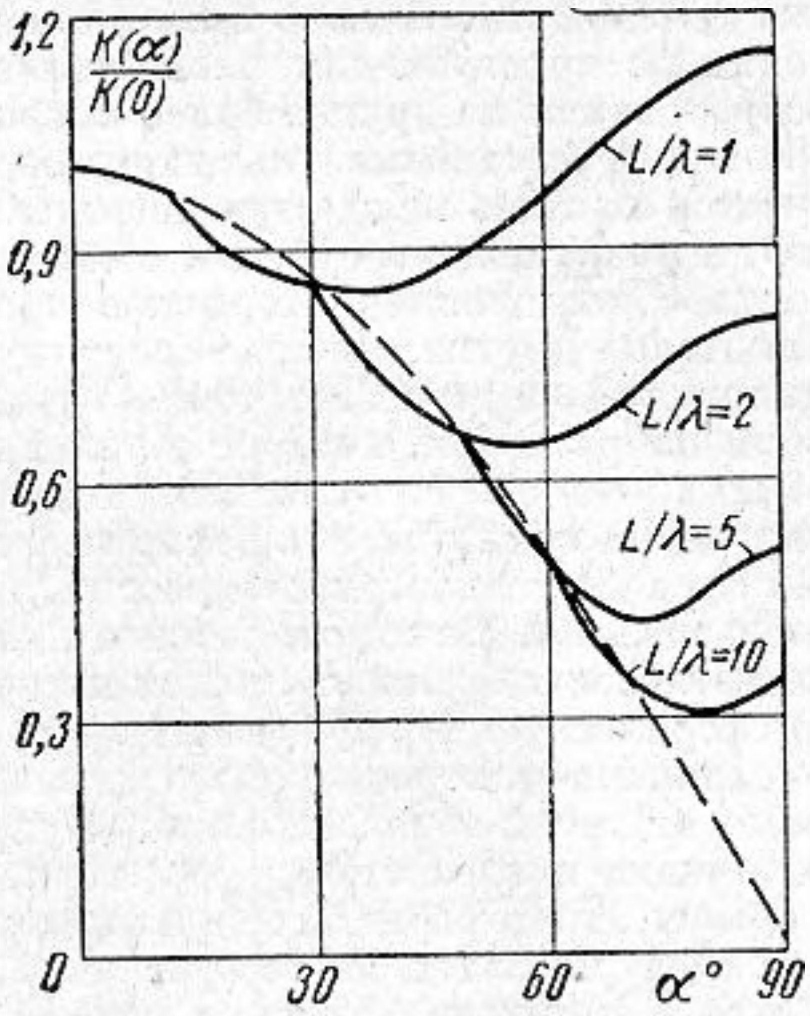
$$r_s = 2\rho c \int\limits_S \frac{a^2(\bar{\rho})\, dS}{|\cos\alpha|}, \qquad K = \frac{2\pi}{\lambda^2}\,\frac{\left|\int\limits_S a(\bar{\rho})\, dS\right|^2}{\int\limits_S \frac{a^2(\bar{\rho})\, dS}{|\cos\alpha|}}. \tag{6}$$

Если приближенно учитывать непрозрачность поверхностной системы тем предположением, что каждый ее элемент излучает равномерно в переднее полупространство и совсем не излучает в тыльное полупространство, то можно убедиться, что активное сопротивление излучения непрозрачной системы в два раза меньше, чем активное сопротивление излучения прозрачной системы. Коэффициент концентрации непрозрачной системы определится при этом предположении формулой

$$K = \frac{4\pi}{\lambda^2} \frac{\left|\int\limits_S a(\bar{\rho})\, dS\right|^2}{\int\limits_S \frac{a^2(\bar{\rho})\, dS}{|\cos\alpha|}}. \qquad (7)$$



Фиг. 1



Фиг. 2

Интегралы, входящие в выражения (5), (6) и (7), в случае системы простой конфигурации вычисляются сравнительно легко, поэтому формулы (5) — (7) можно использовать для приближенного определения коэффициента концентрации ряда линейных и поверхностных систем.

Для сравнения результатов расчетов по точным и приближенным формулам рассмотрим зависимость коэффициента концентрации отрезка прямой и плоского квадратного поршня от угла компенсации при равномерном амплитудном распределении. В соответствии с формулой (5) коэффициент концентрации отрезка прямой будет

$$K = 2H/\lambda \quad \text{при} \quad \alpha < 90^\circ, \qquad K = 4H/\lambda \quad \text{при} \quad \alpha = 90^\circ,$$

и коэффициент концентрации плоского поршня

$$K = \frac{4\pi S}{\lambda^2} |\cos\alpha|.$$

На фиг. 1 показана зависимость отношения $K(\alpha)/K(0)$ для отрезка прямой от угла компенсации α, полученная по точной формуле (сплошная линия) и по приближенной формуле (пунктирная линия) в случаях $H/\lambda = 2$; $H/\lambda = 10$.

На фиг. 2 показана та же зависимость в случае плоского квадратного поршня со стороной L. Сравнивая результаты расчетов по точным и приближенным формулам (в приведенных выше, а также в ряде других случаев), можно сделать вывод о том, что при больших относительных размерах систем, коэффициент их концентрации практически может определяться по приближенным формулам, если только для поверхностной системы $\alpha < 70 \div 80^\circ$.

В заключение автор выражает благодарность Д. А. Поповой за помощь в проведении некоторых расчетов, связанных с настоящей работой.

Ленинград

Поступило в редакцию 27 августа 1962 г.

О КИНЕТИКЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТУМАНООБРАЗОВАНИЯ

О. К. Экнадиосянц

Метод высокоскоростной киносъемки оказался весьма плодотворным при исследовании процесса распыления жидкостей ультразвуком. С помощью этого метода при исследовании распыления воды в ультразвуковом фонтане ($f = 2{,}0$ *мгги*) была выявлена структура ультразвукового фонтана, определена область туманообразования обнаружен импульсный характер тумановыделения, а также некоторые другие стороны кинетики этого процесса [1].

В результате этого исследования возникло много новых вопросов. Так, например, оказалось, что туманообразование в ультразвуковом фонтане связано с предварительным посветлением бусинок струи, причем выбрасывание тумана, происходящее вслед