

ГЛАВА III

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИХ АНАЛОГИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА НИЗКОЧАСТОТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДОВ

§ III.1. АКУСТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗВУКОПРОВОДОВ

Многие акустические устройства выполнены в виде труб с различными сочленениями: расширениями, камерами, отводными каналами и т. д. Общая теория распространения звука в таких устройствах сложна. Однако, если неоднородности звукопровода меньше длины волны, их можно рассматривать как элементы с сосредоточенными параметрами. Весь звукопровод в этом случае состоит из отрезков волноводов, имеющих участки с сосредоточенными параметрами.

Отрезки труб, сужения, расширения, заслонки, щели и другие части звукопроводов в приближенной теории называют *акустическими элементами*. Каждый акустический элемент можно сопоставить с электрическим аналогом в виде элемента электрической схемы.

Для отрезка трубы или акустического волновода применимы понятия, установившиеся в теории длинных линий. Расчет полного звукопровода ведут по методу входного акустического импеданса. В дальнейшем будем придерживаться следующих обозначений: p — комплексная амплитуда звукового давления; $\dot{\xi}$ — комплексная амплитуда колебательной скорости; \dot{X} — амплитуда объемной скорости; S , S' — площадь поперечного сечения звукопровода; m — механическая масса; c_m — механическая гибкость; c_a — акустическая гибкость; m_a — акустическая масса; ρ — средняя плотность жидкости; l — длина трубопровода; E — кинетическая энергия; Φ — потенциал скорости; K_a — акустическая проводимость; z — механический импеданс; z_a — акустический импеданс; V — объем; η — сдвиговая вязкость.

Согласно системе электроакустических аналогий, акустический импеданс определяют, как отношение комплексных амплитуд давления и объемной скорости:

$$z_a = \frac{p}{\dot{X}}. \quad (\text{III.1.1})$$

Между акустическими и механическими параметрами системы существуют соотношения:

$$z_a = \frac{F/S}{\dot{\xi}S} = \frac{F/\dot{\xi}}{S^2} = \frac{\tilde{z}}{S^2}; \quad m_a = \frac{m}{S^2}; \quad c_a = c_m S^2. \quad (\text{III.1.2})$$

Рассмотрим формулы, определяющие указанные параметры для некоторых частных случаев низкочастотных акустических систем.

§ III.2. АКУСТИЧЕСКИЕ МАССА И ПРОВОДИМОСТЬ

Акустическая масса и проводимость участка трубы. Допустим, что в трубе постоянного сечения распространяется плоская волна. Если рассматривать участок трубы длиной во много раз меньшей,