

33/
8-30

42x

Министерство высшего и среднего специального образования
РСФСР

Ленинградский ордена Ленина электротехнический институт
имени В.И.Ульянова (Ленина)

Егоров Н.И., Харитонов А.В.

Методические указания
к курсовой работе по дисциплине
"КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ"

Ленинград
1964

Министерство высшего и среднего специального образования
РСФСР

Ленинградский ордена Ленина электротехнический институт
имени В.И.Ульянова (Ленина)

Методические указания
к курсовой работе по дисциплине
"КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ"

Составители: Н.Н.Егоров, А.В.Харитонов.

I. Цель и задачи курсовой работы

Курсовая работа по курсу "Колебания и волны" является одной из форм самостоятельной работы студентов и имеет своей целью:

1. Закрепить и углубить теоретические знания студентов специальностей 0610, 0653, полученные ими при изучении раздела "Механические колебательные системы с сосредоточенными параметрами" курса "Колебания и волны", а также при изучении ряда предшествующих и параллельных курсов, таких, как "Механика сплошных сред", "Теоретические основы электротехники" и др.

2. Подготовить студентов к изучению специальных курсов, посвященных расчету и проектированию электроакустической аппаратуры.

В процессе выполнения курсовой работы студенты должны:

а) приобрести практические навыки составления механических и акустических схем и их электрических аналогов для конкретных механических и акустических колебательных систем;

б) освоить методы расчета параметров и характеристик механических и акустических колебательных систем с помощью схем-аналогов.

Одной из задач курсовой работы является также углубление знаний студентов по вопросам стандартизации и ознакомление их с ГОСТами.

2. Исходные данные и содержание работы

Каждый студент выполняет курсовую работу по индивидуальному заданию, содержащему задачи по расчету как механических, так и акустических колебательных систем.

Задание по каждой задаче включает в себя исходные данные (эскиз колебательной системы, режим ее работы, геометрические параметры, материал, из которого выполнены элементы конструкции и др.), а также конечную цель (построение электрической схемы-аналога, определение параметров и расчет частотных характеристик колебательной системы).

Кроме того, в задании могут быть указаны некоторые



допущения и приближения, которые целесообразно принять при выполнении расчетов.

3. Рекомендации по выполнению работы

Курсовую работу необходимо выполнять, пользуясь методом электромеханоакустических аналогий. При этом можно рекомендовать следующую последовательность ее выполнения:

1. Внимательно ознакомиться с индивидуальным заданием и настоящими методическими указаниями.
2. Подобрать и изучить рекомендованную литературу.
3. Изучить устройство и принцип действия указанных в задании колебательных систем и определить их принадлежность к механическим, акустическим или механоакустическим системам.

4. Установить, какими сосредоточенными параметрами (массами, гибкостями, элементами трения) характеризуется рассматриваемая колебательная система, а также определить источники сил (или скоростей), возбуждающие колебания системы. Построить механическую модель (схему) системы, состоящую из механических двухполюсников.

Примечание. Для акустических и механоакустических систем рекомендуется использовать акустические параметры и переменные.

5. Построить электрическую схему-аналог исследуемой колебательной системы. С помощью схемы-аналога рассчитать указанные в задании параметры и характеристики системы. Рассчитанные зависимости изобразить в графической форме.

6. Оформить результаты курсовой работы в виде пояснительной записки.

4. Примеры расчета параметров и характеристик колебательных систем

Пример I. Расчет механической системы.

В бытовых холодильниках (рис. I, а) компрессор I приводится в движение электродвигателем 2. Для уменьшения вибраций и шума, вызванных работой этих устройств используют спе-

- 4 -

циальные пружинные амортизаторы 3 и резиновые опоры 4 с механическими потерями. Параметры колебательной системы:

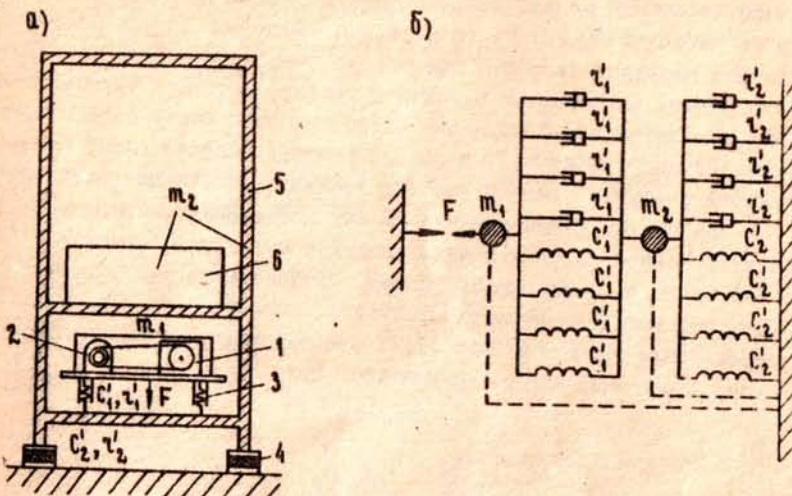


Рис. I

- суммарная масса электродвигателя и компрессора $m_1 = 6$ кг;
- суммарная масса корпуса 5 и содержимого 6 холодильника $m_2 = 70$ кг;
- гибкость каждого из четырех амортизаторов $C_1' = 2 \cdot 10^{-3}$ м/Н;
- механическое сопротивление каждого из четырех амортизаторов $\tau_1' = 10$ Н·с/м;
- гибкость каждой из четырех резиновых опор $C_2' = 4 \cdot 10^{-5}$ м/Н;
- механическое сопротивление каждой из четырех резиновых опор $\tau_2' = 30$ Н·с/м.

Необходимо: 1) построить механическую схему холодильника и ее электрический аналог; 2) определить модуль коэффициента передачи колебательной скорости от электродвигателя к корпусу холодильника при частоте вращения электродвигателя $f = 1500$ об/мин $= 30$ с $^{-1}$; 3) найти значение частоты, при которой вибрации корпуса холодильника будут максималь-

- 5 -

ны; 4) рассчитать и представить в графической форме частотную характеристику модуля коэффициента передачи скорости в диапазоне частот 0-40 Гц; 5) оценить, как изменится модуль коэффициента передачи скорости при той же частоте вращения электродвигателя, резонансная частота и график частотной зависимости модуля коэффициента передачи скорости, если массу содержимого холодильника увеличить на 30 кг. Считать частоту силы, вызывающей вибрацию, равной частоте вращения электродвигателя.

На первом этапе решения задачи представим элементы колебательной системы в виде механических двухполюсников, и составим ее механическую схему, изображенную на рис. I, б. Применяв метод электромеханоакустических аналогий и правила составления схем-аналогов [1, 2], преобразуем механическую схему в электрическую схему-аналог (рис. 2, а).

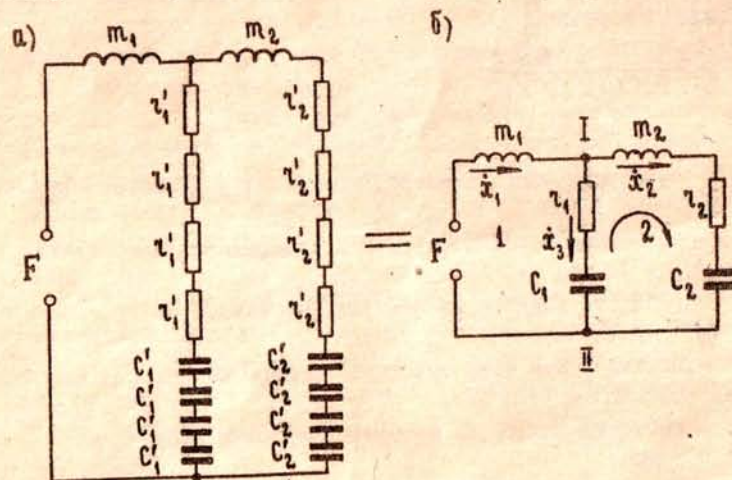


Рис. 2

Объединим соединения одинаковых элементов схемы в один элемент и введем обозначения $\tau_1 = 4\tau'_1$, $C_1 = C'_1/4$, $\tau_2 = 4\tau'_2$, $C_2 = C'_2/4$, тогда схема-аналог примет вид, представленный на рис. 2, б. На схеме токи $\dot{x}_1$ и $\dot{x}_2$ являются аналогами колебательных скоростей масс m_1 и m_2 соответственно.

Перейдем теперь к нахождению модуля коэффициента передачи колебательной скорости от электродвигателя к корпусу холодильника, который определяется как $|\alpha| = |\dot{x}_2/\dot{x}_1|$. Согласно первому закону Кирхгофа для узла I схемы-аналога (см. рис. 2, б) можно написать:

$$\dot{x}_3 = \dot{x}_1 - \dot{x}_2 \quad (1)$$

Используя второй закон Кирхгофа для контура 2 и обходя его по часовой стрелке, получим

$$\left(j\omega m_2 + \tau_2 + \frac{1}{j\omega C_2}\right)\dot{x}_2 - \left(\tau_1 + \frac{1}{j\omega C_1}\right)\dot{x}_3 = 0, \quad (2)$$

где ω - круговая частота. После подстановки (1) в (2) находим

$$\alpha = \frac{\dot{x}_2}{\dot{x}_1} = \frac{\tau_1 + \frac{1}{j\omega C_1}}{\tau_1 + \tau_2 + j\left[\omega m_2 - \frac{1}{\omega} \left(\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}\right)\right]}$$

откуда следует выражение для модуля коэффициента передачи скорости

$$|\alpha| = \left|\frac{\dot{x}_2}{\dot{x}_1}\right| = \sqrt{\frac{\tau_1^2 + \frac{1}{(\omega C_1)^2}}{(\tau_1 + \tau_2)^2 + \left[\omega m_2 - \frac{1}{\omega} \left(\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}\right)\right]^2}} \quad (3)$$

При частоте вращения электродвигателя $f = 1800$ об/мин = 30 Гц численное значение

$$|\alpha| = \sqrt{\frac{(4 \cdot 10)^2 + \frac{4^2}{(2\pi \cdot 30 \cdot 2 \cdot 10^{-3})^2}}{(4 \cdot 10 + 4 \cdot 30)^2 + \left[2\pi \cdot 30 \cdot 70 - \frac{16}{2\pi \cdot 30} \left(\frac{2 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-5}}\right)\right]^2}} = 3,27 \cdot 10^{-3}$$

Максимальной вибрации корпуса холодильника будет соответствовать максимум модуля коэффициента передачи скорости. Это произойдет в том случае, если выражение в квадратных скобках знаменателя (3) примет нулевое значение:

$$\omega m_2 - \frac{1}{\omega} \left(\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \right) = 0,$$

откуда получаем формулу для резонансной частоты

$$f_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{m_2 C_1 C_2}} \quad (4)$$

Численное значение

$$f_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{16(2 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^{-5})}{4 \cdot 70 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-5}}} = 6,07 \text{ Гц}.$$

Результаты расчета частотной зависимости модуля коэффициента передачи скорости по формуле (3) представлены в графической форме (сплошной линией) на рис.3.

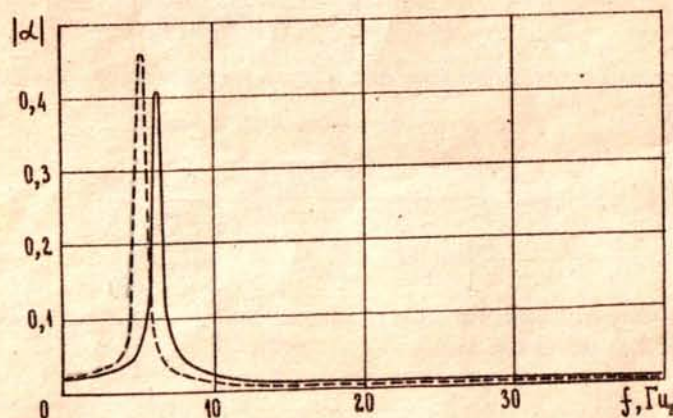


Рис.3

Если массу содержимого холодильника увеличить на 30 кг, то $m_2 = 70 + 30 = 100$ кг и модуль коэффициента передачи скорости при той же частоте вращения электродвигателя уменьшится согласно формуле (3) до значения $|K| = 2,26 \cdot 10^{-3}$.

Резонансная частота колебательной системы, рассчитанная по (4), станет ниже ($f_p = 5,08$ Гц). Изменится и частотная зависимость модуля коэффициента передачи скорости, изображенная на рис.3 штриховой линией.

Пример 2. Расчет механоакустической системы.

Фазоинвертор (рис.4,а) представляет собой закрытый ящик с громкоговорителем, причем на передней стенке ящика предусмотрено отверстие. Через отверстие происходит излучение акустической мощности низких частот тыльной стороной диффузора громкоговорителя. Излученная через отверстие волна должна быть согласована по фазе с волной, излученной фронтальной стороной диффузора. С помощью подбора объема ящика и размеров отверстия можно добиться более эффективного воспроизведения низких частот. Заданы:

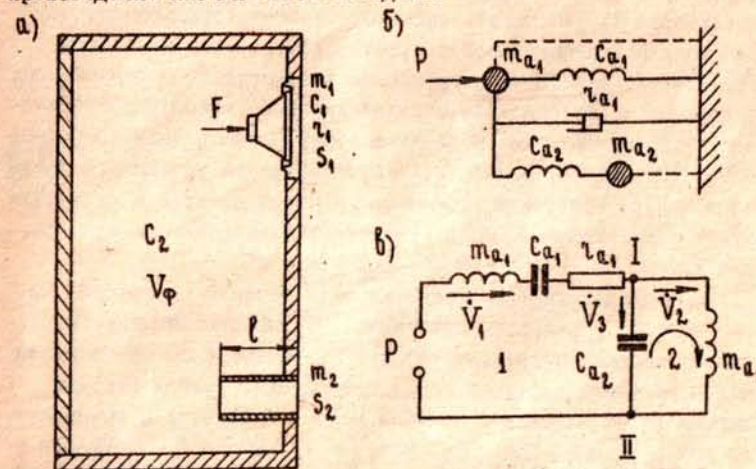


Рис.4

- суммарная масса диффузора и звуковой катушки громкоговорителя $m_1 = 0,015$ кг;
- гибкость подвеса диффузора $C_1 = 3 \cdot 10^{-3}$ м/Н;
- сопротивление механических потерь подвеса диффузора $r_1 = 3$ Н·с/м;
- диаметр диффузора $D = 0,3$ м;
- объем внутренней полости фазоинвертора без учета

объема отверстия $V_\phi = 0,3 \text{ м}^3$;

- диаметр отверстия фазоинвертора $d = 0,1 \text{ м}$;
- сила, действующая на диффузор, $F = F_0 e^{j\omega t}$, где
- ω - круговая частота; t - время; $F_0 = 0,6 \text{ Н}$;
- плотность воздуха (при температуре $T = 20^\circ\text{C}$) $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$;
- нормальное атмосферное давление $P_{\text{атм}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$;
- отношение удельных теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме $\gamma = C_p/C_v = 1,4$.

Необходимо: 1) построить акустическую схему фазоинвертора и ее электрический аналог; 2) определить глубину отверстия фазоинвертора; 3) найти аналитические выражения для частотных характеристик модулей линейной колебательной скорости диффузора громкоговорителя и массы воздуха в отверстии фазоинвертора; 4) рассчитать частоты, соответствующие экстремумам модуля колебательной скорости диффузора; 5) изобразить графически, используя логарифмический масштаб по оси абсцисс, частотные характеристики модулей линейной колебательной скорости диффузора и массы воздуха в отверстии в диапазоне частот 1-1000 Гц; 6) показать, в какой области указанного диапазона частот колебания диффузора и массы воздуха в отверстии будут согласованы по фазе относительно направления излучения звука.

Предварительно вычислим площади сечений отверстий, через которые передаются колебания. Первая из них S_1 равна площади поршня, которым в низкочастотном приближении можно заменить диффузор громкоговорителя. Причем площадь поршня равна площади основания конуса диффузора и вычисляется как $S_1 = \pi D^2/4 = \pi(0,3)^2/4 = 7,07 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$. Вторая - S_2 является площадью сечения отверстия фазоинвертора и вычисляется $S_2 = \pi d^2/4 = \pi(0,1)^2/4 = 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Наличие разных площадей сечений отверстий говорит о том, что колебательная система содержит трансформатор сил и линейных колебательных скоростей. Для упрощения электрической схемы-аналога и численных расчетов целесообразно исключить трансформатор из дальнейшего рассмотрения. С этой целью перейдем от использования приведенных в задании механических параметров и переменных величин к использованию акустических

параметров и переменных величин [1,2].

Последние определяются формулами

$$m_a = \frac{m}{S^2}; \quad C_a = C S^2; \quad \gamma_a = \frac{\gamma}{S^2}; \quad p = \frac{F}{S}; \quad \dot{V} = \dot{x} S, \quad (5)$$

где m, C, γ - механические масса, гибкость и активное сопротивление соответственно; m_a, C_a, γ_a - акустические масса, гибкость и активное сопротивление соответственно; F - сила; p - звуковое давление; $\dot{x}$ - линейная колебательная скорость; $\dot{V}$ - объемная колебательная скорость; S - площадь, для которой определяются параметры и переменные величины. Пересчитаем приведенные в задании механические величины в акустические, используя формулы (5),

$$m_{a1} = \frac{m_1}{S_1^2} = \frac{0,015}{(7,07 \cdot 10^{-2})^2} = 3 \text{ кг/м}^4; \quad C_{a1} = C_1 S_1^2 = 3 \cdot 10^{-3} (7,07 \cdot 10^{-2})^2 = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^5/\text{Н};$$

$$\gamma_{a1} = \frac{\gamma_1}{S_1^2} = \frac{3}{(7,07 \cdot 10^{-2})^2} = 6 \cdot 10^2 \text{ Н} \cdot \text{с/м}^5; \quad p_0 = \frac{F_0}{S_1} = \frac{0,6}{7,07 \cdot 10^{-2}} = 8,49 \text{ Н/м}^2.$$

Механическая гибкость объема внутренней полости фазоинвертора определяется по формуле [1] $C_2 = V_\phi / (\gamma P_{\text{атм}} S_2^2)$, откуда

$$C_{a2} = C_2 S_2^2 = \frac{V_\phi}{\gamma P_{\text{атм}}} = \frac{0,3}{1,4 \cdot 1,013 \cdot 10^5} = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^5/\text{Н}.$$

Далее необходимо определить акустическую массу воздуха в отверстии фазоинвертора:

$$m_{a2} = \frac{m_2}{S_2^2} = \frac{\rho l}{S_2}, \quad (6)$$

где l - неизвестная глубина отверстия. Воспользуемся тем фактом [3], что для фазоинверторов резонансную частоту объемного резонатора (образованного объемом внутренней полости и массой воздуха в отверстии) $\omega_\phi = 1/\sqrt{m_{a2} C_{a2}}$ выбирают равной резонансной частоте громкоговорителя $\omega_r = 1/\sqrt{m_{a1} C_{a1}}$. Это позволяет составить уравнение

$$m_{a2} C_{a2} = m_{a1} C_{a1},$$

подставив в которое (6), получим

- II -

$$l = \frac{m_{a_1} c_{a_1} s_2}{\rho c_{a_2}} = \frac{3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot 7,85 \cdot 10^{-3}}{1,2 \cdot 2,1 \cdot 10^{-6}} = 0,14 \text{ м.}$$

По формуле (6) вычисляем

$$m_{a_2} = \frac{1,2 \cdot 0,14}{7,85 \cdot 10^{-3}} = 21,4 \text{ кг/м}^4.$$

Соединение акустических элементов можно представить в виде акустической схемы (рис. 4, б). Используя систему электроакустических аналогий и правила составления схем-аналогов, преобразуем акустическую схему в электрическую, изображенную на рис. 4, в. Перейдем теперь к нахождению модуля линейной колебательной скорости диффузора $|\dot{x}_1|$. Для этого, используя закон Ома, из схемы-аналога определим ток $\dot{V}_1$ в индуктивности m_{a_1}

$$\dot{V}_1 = \frac{P}{\tau_{a_1} + j \left[\omega m_{a_1} - \frac{1}{\omega c_{a_1}} - \frac{m_{a_2}/c_{a_2}}{(\omega m_{a_2} - 1/\omega c_{a_2})} \right]} \quad (7)$$

Используя связь (5) объемной скорости с линейной и интересуясь лишь абсолютной величиной линейной скорости диффузора, получаем формулу для численного расчета

$$|\dot{x}_1| = \frac{|\dot{V}_1|}{s_1} = \frac{P_0}{s_1 \sqrt{\tau_{a_1}^2 + \left[\omega m_{a_1} - \frac{1}{\omega c_{a_1}} - \frac{m_{a_2}/c_{a_2}}{(\omega m_{a_2} - 1/\omega c_{a_2})} \right]^2}} \quad (8)$$

Анализ схемы-аналога и выражения (8) показывает, что объемный резонатор с параметрами m_{a_2} , c_{a_2} представляет собой фильтр-пробку на собственной резонансной частоте

$$f_{\Phi} = \frac{\omega_{\Phi}}{2\pi} = \frac{1}{2\pi \sqrt{m_{a_2} c_{a_2}}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{21,4 \cdot 2,1 \cdot 10^{-6}}} = 23,7 \text{ Гц.}$$

Поэтому на этой частоте частотная характеристика $|\dot{x}_1|$ будет иметь провал до нуля. В реальных фазоинверторах такой глубокий провал отсутствует из-за наличия в отверстиях механических потерь на трение. Максимумы функции $|\dot{x}_1|$ достигаются в случае, если выражение в квадратных

- 12 -

скобках знаменателя формулы (8) равно нулю:

$$\omega m_{a_1} - \frac{1}{\omega c_{a_1}} - \frac{m_{a_2}/c_{a_2}}{(\omega m_{a_2} - 1/\omega c_{a_2})} = 0.$$

После преобразований получаем биквадратное уравнение

$$\omega^4 - \omega^2 \left(\frac{1}{m_{a_1} c_{a_1}} + \frac{1}{m_{a_2} c_{a_2}} + \frac{1}{m_{a_1} c_{a_2}} \right) + \frac{1}{m_{a_1} m_{a_2} c_{a_1} c_{a_2}} = 0,$$

положительные корни которого являются частотами резонансов

$$f_{p1,2} = \frac{\omega_{p1,2}}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1}{m_{a_1} c_{a_1}} + \frac{1}{m_{a_2} c_{a_2}} + \frac{1}{m_{a_1} c_{a_2}} \right) \pm \sqrt{\frac{1}{4} \left(\frac{1}{m_{a_1} c_{a_1}} + \frac{1}{m_{a_2} c_{a_2}} + \frac{1}{m_{a_1} c_{a_2}} \right)^2 - \frac{1}{m_{a_1} m_{a_2} c_{a_1} c_{a_2}}} \right]^{1/2} \quad (9)$$

Вычисления по формуле (9) дают $f_{p1} = 7,9$ Гц; $f_{p2} = 71,3$ Гц. Из выражения (8) видно, что максимальные значения, соответствующие резонансным частотам,

$$|\dot{x}_1|_{\max} = \frac{P_0}{s_1 \tau_{a_1}} = \frac{8,49}{7,07 \cdot 10^{-2} \cdot 6 \cdot 10^2} = 0,2 \text{ м/с.}$$

Результаты численного расчета модуля колебательной скорости диффузора по формуле (8) изображены на рис. 5 кривой I.

Определяем модуль линейной колебательной скорости массы воздуха в отверстии фазоинвертора. Применив первый закон Кирхгофа для узла I электрической схемы-аналога (см. рис. 4, в) и второй закон Кирхгофа для контура 2, можно написать;

$$\dot{V}_3 = \dot{V}_1 - \dot{V}_2, \quad (10)$$

$$\omega m_{a_2} \dot{V}_2 + \frac{1}{\omega c_{a_2}} \dot{V}_3 = 0. \quad (11)$$

Подставив (10) и (7) в (11), получим

$$\dot{V}_2 = \frac{P}{(1 - \omega^2 m_{a_2} c_{a_2}) \left\{ \tau_{a_1} + j \left[\omega m_{a_1} - \frac{1}{\omega c_{a_1}} - \frac{m_{a_2}/c_{a_2}}{(\omega m_{a_2} - 1/\omega c_{a_2})} \right] \right\}} \quad (12)$$

- 13 -

Отсюда, используя формулы (5), определяем модуль линейной колебательной скорости массы воздуха в отверстии фазоинвертора:

$$|\dot{x}_2| = \frac{|\dot{V}_2|}{S_2} = \frac{p_0}{S_2 \left| 1 - \omega^2 m_{a2} c_{a2} \right| \sqrt{\tau_{a1}^2 + \left[\omega m_{a1} - \frac{1}{\omega c_{a1}} - \frac{m_{a2}/c_{a2}}{(\omega m_{a2} - 1/\omega c_{a2})} \right]^2}}$$

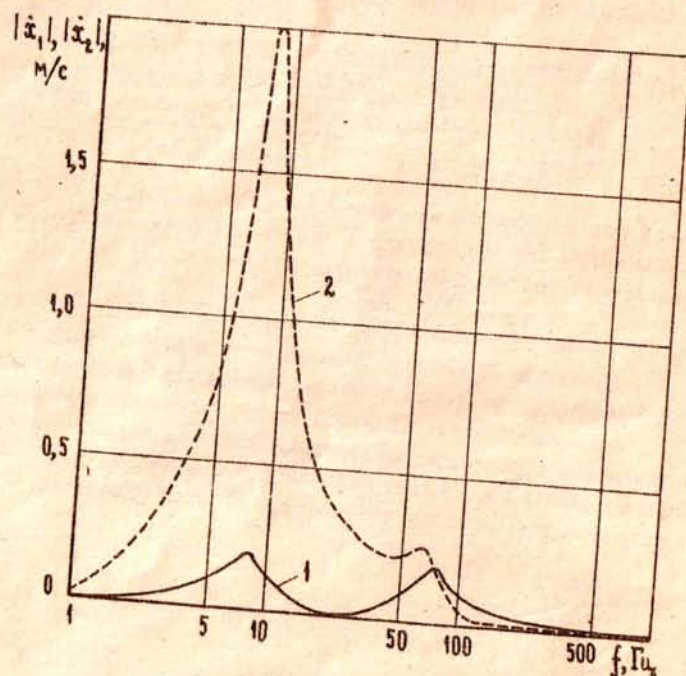


Рис.5

Частотная характеристика $|\dot{x}_2|$ представлена на рис.5 кривой 2.

Для оценки фазовых соотношений колебаний диффузора и массы воздуха в отверстии удобно воспользоваться отношением

$\dot{V}_2/\dot{V}_1$. Используя выражения (7) и (12), а также учитывая, что $\omega^2 m_{a2} c_{a2} = \omega^2/\omega_f^2 = f^2/f_f^2$, находим

$$\frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1} = \frac{1}{1 - \left(\frac{f}{f_f}\right)^2} \quad (13)$$

При выбранных на схеме-аналоге (см. рис. 4в) направлениях токов $\dot{V}_1$ и $\dot{V}_2$ синфазным колебаниям диффузора и массы воздуха в отверстии относительно направления излучения звука должны соответствовать отрицательные значения отношения (13). Это возможно при условии, если $f > f_f$, т.е. фазоинвертор наиболее эффективно воспроизводит звуковые сигналы лишь в области частот выше резонансной частоты объемного резонатора (или резонансной частоты громкоговорителя).

5. Оформление и защита курсовой работы

Результаты курсовой работы оформляются в виде пояснительной записки объемом не более 25 страниц. Пояснительная записка должна содержать:

1. Титульный лист.
2. Перечень разделов записки (содержание).
3. Исходные данные для курсовой работы (задание).
4. Краткое изложение основных вопросов теории; вывод и обоснование необходимых расчетных соотношений.
5. Расчетную часть с таблицами результатов.
6. Графическое построение результатов расчета.
7. Анализ результатов расчета и выводы.
8. Список использованной литературы.

Содержание пояснительной записки должно удовлетворять требованиям четкости построения и логической последовательности изложения материала.

Формулы, таблицы, графики и др., заимствованные из литературных источников, должны приводиться в записке со ссылкой на соответствующую литературу.

При оформлении записки необходимо соблюдать правила, изложенные в [4,5].

Защита курсовой работы происходит на заседании комиссии, назначаемой заведующим кафедрой. Допуск к защите осуществляется руководителем курсовой работы.

В ходе защиты проверяются знания студентом теоретических основ, необходимых для выполнения курсовой работы, степень овладения методиками расчетов, правильность полученных результатов, качество оформления пояснительной записки и соответствие оформления требованиям государственных стандартов.

Список литературы

1. Фурдуев В.В. Электроакустика. - М.-Л.: Гостехиздат, 1948.
2. Лепендин Л.Ф. Акустика. - М.: Высшая школа, 1978.
3. Сапожков М.А. Электроакустика. - М.: Связь, 1978.
4. Положение об организации курсового проектирования в институте/Под ред.В.И.Тимохина. - Л.: ЛЭТИ, 1979.
5. Методические указания по выполнению основных учебных документов/Под ред.В.И.Тимохина. - Л.:ЛЭТИ, 1980-1981. Ч. I, II.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Цель и задачи курсовой работы	3
2. Исходные данные и содержание работы	3
3. Рекомендации по выполнению работы	4
4. Примеры расчета параметров и характеристик колебательных систем.	4
5. Оформление и защита курсовой работы	15
Список литературы	16

Редактор Ю.В.Шарова

Подп.к печ.12.04.84. Формат 60х84 1/16. Бумага оберточная.
Офсетная печать. Печ.л. I, O; уч.-изд. л. I, O. Тираж 125 экз.
План 1984 г. Изд. № II. Зак. № 43. Бесплатно.

Редакционно-издательский отдел ЛЭТИ
им. В.И.Ульянова (Ленина)

Ротапринт ЛЭТИ .
197022 Ленинград, ул. Проф. Попова, д. 5.