

где

$$C_1 = \frac{(1,50 + 0,20\beta) K}{5 + \beta} q, \quad C_2 = \frac{(3,50 + 0,60\beta) K}{5 + \beta} q, \quad D_0 = q,$$

$$D_1 = \frac{(56,50 + \beta) K}{41,80 + 1,20\beta + 0,13\beta^2} q, \quad D_2 = \frac{(1,25 + \beta) K}{41,80 + 1,20\beta + 0,03\beta^2} q,$$

$$\beta = \frac{\pi a}{2H}, \quad K = \frac{\pi(1 - 2\nu_0)}{4(1 - \nu_0)}, \quad a = a_1 + a_2,$$

q — интенсивность горизонтального давления

Анализ данных расчетных величин показывает, что учет упругого поворота основания диафрагмы существенно меняет картину напряженного состояния наиболее нагруженной нижней части здания и в случае, когда $\frac{F_0}{q} \geq 50$, практически податливость грунтового основания не влияет на распределение расчетных величин и их можно не учитывать при проектировании крупнопанельного здания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусельников В. М. Расчет вертикальных диафрагм с проемами крупнопанельных зданий повышенной этажности // Бетон и железобетон. — 1964. — № 10. — С. 96—115.
2. Дроздов П. Ф., Себикина Н. М. Проектирование крупнопанельных зданий. — М.: ЛИС, 1967. — 416 с.
3. Минасян Р. С. Рекомендации по расчету несущих стен крупнопанельных зданий. — Ереван, 1987. — 65 с.
4. Batas J., Szabo. Theoretical and Experimental Analysis of Bearing Walls Weakened by Rows of Holes. — Bratislava, 1965. — P. 87—106.

АрмСХИ

25 III. 1990

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIV, № 3, 1991, с. 106—112

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 534.832:725.055

Ю. А. ГАСПАРЯН, А. Г. МАНУЧАРЯН, Б. Ю. ГАСПАРЯН

РАСЧЕТ КОНЕЧНОГО ИМПЕДАНСА АКУСТИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

Рассматривается расчет импеданса и коэффициенты звукопоглощения (КЗП) акустического элемента звукопоглощающей конструкции, нагруженного локальным переменным сопротивлением. Определены величины резистанса и реактанса импеданса новых видов звукопоглощающих конструкций. Полученные выражения позволяют рассчитать импеданс и КЗП одно-двухсекционных звукопоглощающих конструкций при проектировании и изготовлении акустических строительных конструкций полной заводской готовности.

Табл. 1. Библиогр.: 4 изв.

Չիտարկվում է տեղական փոփոխական դիմադրությունը բեռնված ձայնակլանի: Կառուցվածքի ձայնադիտական տարրի իմպեդանսի և ձայնակլանման դործակցի հաշվարկը: Որոշված են նոր ձայնակլանի իմպեդանսի ակտիվ և ռեակտիվ բաղադրիչների մեծությունները: Ստացված արտահայտությունները նախադրություն են տալիս հաշվարկել մեկ և երկրորդ ձայնադիտական կառուցվածքների ձայնակլանման դործակցները չիտարարական կառուցվածքների վերջնական պատրաստի (դործարանային) արտադրանքի նախադրման և իրականացման համար:

В строительной акустике при решении задачи о колебаниях в области импедансными граничными условиями возможно рассмотрение метода возмущений при переменном импедансе акустического элемента звукопоглощающих конструкций. Коэффициент звукопоглощения (КЗП) при нормальном падении звуковой волны $\theta = 0^\circ - \alpha_0(f)$ и для диффузного звукового поля $\theta = 10...80^\circ$ могут быть вычислены по формулам

$$\alpha_n(f) = 4R \frac{|(R+1)^2 - \bar{Y}^2|}{(R+1)^2 + \bar{Y}^2}, \quad R = R(f)(\rho c S)^{-1}, \quad \bar{Y} = Y(f)(\rho c S)^{-1}, \quad (1)$$

$$\alpha_{\text{диф}}(f) = 4R(f)(\rho c S) \cos \theta [R(f) \cos \theta + \rho c S]^2 + [Y(f) \cos \theta]^2.$$

Как видно из вышеуказанных значений, для определения КЗП необходимо рассчитать активные $R(f)$ и реактивные $Y(f)$ компоненты входного импеданса $Z^*(f) = A_P/V$ акустического элемента звукопоглощающих конструкций, который характеризуется амплитудой силы A_P и скорости V , решая задачу о волновом процессе в многорезонансной колебательной системе (рис.), изложенной в [1]. Воспользовавшись электроакустической аналогией, имеем

$$Z_{\text{вх}}(f) = A_{11} + \frac{A_{12}(A_{23}A_{31} - A_{21}A_{33}) + A_{13}(A_{21}A_{32} - A_{22}A_{31})}{A_{22}A_{32} - A_{23}A_{32}}. \quad (2)$$

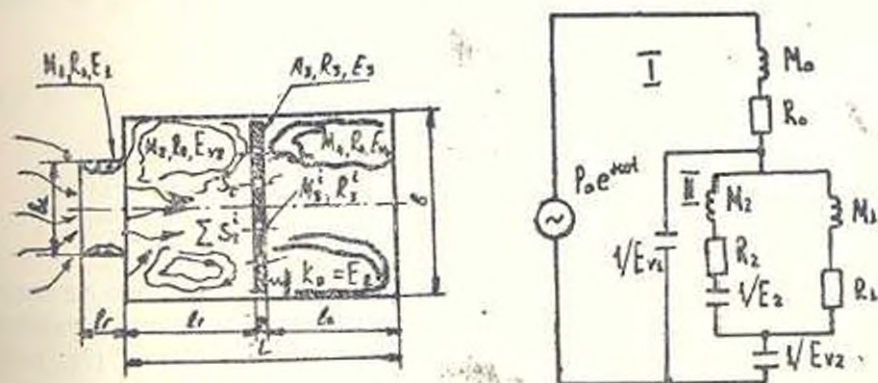


Рис. Схема и электроакустическая аналогия резонансного звукопоглотителя с внутренней податливой микроперфорированной панелью на упругих связях-пружинах.

Между акустическими и механическими параметрами системы существует следующая связь:

$$\begin{aligned} A_{11} &= Z_0 - j(\rho c/S) \operatorname{ctg} kl_1, & A_{12(33)} &= Z_{12} - j(\rho c/S) (\operatorname{ctg} kl_1 + \operatorname{ctg} kl_2), \\ A_{12(21)} &= -j(\rho c/S) \operatorname{cosec} kl_1, & A_{13(11)} &= -j(\rho c/S) \operatorname{cosec} kl_1, \\ A_{23(33)} &= -j(\rho c/S) (\operatorname{ctg} kl_1 + \operatorname{ctg} kl_2). \end{aligned} \quad (3)$$

Подставляя значения (3) в выражение (2), после некоторых преобразований получим, что входной импеданс равен

$$\begin{aligned} Z_{\text{вх}}(f) &= Z_0 + \frac{\rho c}{S} \cdot \frac{\rho c/S + Z_1 \operatorname{ctg} kl_1}{(\rho c/S) \operatorname{ctg} kl_1 + jZ_1}, \\ Z_1 &= \frac{Z_1 Z_2 + Z_1 Z_0 + Z_2 Z_0}{Z_1 + Z_0}, \end{aligned} \quad (4)$$

здесь $Z_1 = R_1 + j\omega M_1$, $Z_2 = R_2 + j\omega M_2 - jE_2/\omega$, $Z_0 = R_0 + j\omega M_0$,

$Z_0 = -j(\rho c/S) \operatorname{ctg} kl_2$ при $kl_2 \ll 1$, $k = \omega/c$, $Z_0 = -j\rho c/\omega S l_2$.

Причем при подстановке значений Z_1 , Z_2 , Z_0 для Z_1 получаем

$$Z_1 = \frac{(R_1 + j\omega M_1)(R_2 + j(\omega M_2 - E_2/\omega))}{R_1 + R_2 + j[\omega(M_1 + M_2) - E_2/\omega]} - j(\rho c/S) \operatorname{ctg} kl_2. \quad (5)$$

После преобразования имеем

$$\begin{aligned} Z_1 &= \frac{(R_1 R_2 - \omega^2 M_1 M_2 - E_2 M_1) \omega + j[(R_2 M_1 + R_1 M_2) \omega - R_1 E_2]}{\omega(R_1 + R_2) + j[\omega^2(M_1 + M_2) - E_2]} - \\ &\quad - j \frac{\rho c^2}{\omega S l_2}. \end{aligned} \quad (6)$$

Освобождаясь от комплексного знаменателя, умножим на сопряженную величину и получим

$$Z_1 = \frac{AC + BD + j(BC - AD)}{C^2 + D^2} - jE_2/\omega, \quad (7)$$

где

$$\begin{aligned} A &= R_1 R_2 - \omega^2 M_1 M_2 - E_2 M_1, & B &= \omega^2 (M_1 R_2 + R_1 M_2) - R_1 E_2, \\ C &= \omega (R_1 + R_2), & D &= \omega^2 (M_1 + M_2) - E_2. \end{aligned}$$

Полный входной локальный импеданс двухсекционного резонансного звукопоглотителя с внутренней податливой микроперфорированной панелью на упругих связях-пружинах, согласно (3) и (7), равен

$$\begin{aligned} Z_{\text{вх}}(f) &= Z_0 + \frac{(\rho c/S)^2 (Z_1 - Z_2) \operatorname{cosec}^2 kl_1}{Z_1 Z_2 - j(\rho c/S) (Z_1 - Z_2) (\operatorname{ctg} kl_1 + \operatorname{ctg} kl_2)} - \\ &\quad - j(\rho c/S) \operatorname{ctg} kl_1. \end{aligned} \quad (8)$$

Освободившись от комплексного знаменателя, получим выражение для входного локального импеданса системы

$$Z_{\text{вх}}(f) = R_0 + j\omega M_0 + \left(\frac{\rho c}{S}\right)^2 \operatorname{cosec}^2 kl_1 \times \\ \times \frac{[R_1 + R_2 + j\omega(M_1 + M_2 - E_2/\omega)] |A_1 - jB_1|}{A_1^2 + B_1^2} - j \frac{\rho c}{S} \operatorname{ctg} kl_1, \quad (9)$$

где

$$A_1 = R_1 R_2 - \omega^2 M_1 M_2 + M_1 E_2 + (\rho c/S) (\operatorname{ctg} kl_1 + \\ + \operatorname{ctg} kl_2) (\omega M_1 + \omega M_2 - E_2/\omega^2),$$

$$B_1 = \omega (R_1 M_2 + R_2 M_1 - R_1 E_2/\omega^2) - (\rho c/S) (R_1 + R_2) (\operatorname{ctg} kl_1 + \operatorname{ctg} kl_2).$$

Из (9) активные $R(f)$ и реактивные $Y(f)$ компоненты входного импеданса равны

$$R(f) = R_0 + \left(\frac{\rho c}{S} \operatorname{cosec} kl_1\right)^2 \frac{A_1 (R_1 + R_2) + \omega B_1 (M_1 + M_2 - E_2/\omega^2)}{A_1^2 + B_1^2}, \quad (10)$$

$$Y(f) = \omega M_0 + \left(\frac{\rho c}{S} \operatorname{cosec} kl_1\right)^2 \times \\ \times \frac{\omega A_1 (M_1 + M_2 - E_2/\omega^2) - B_1 (R_1 + R_2)}{A_1^2 + B_1^2} - \frac{\rho c}{S} \operatorname{ctg} kl_1.$$

Присоединенные и взаимоприсоединенные массы $M_{11(22)(33)}$ в формулах (4)–(10) с учетом активных компонент приобретают следующий вид:

$$M_{11(22)(33)} = M_{0,1,2,3} + 2 \frac{\rho}{S} \sum_{m+n \neq 0} \sum_{p} \frac{[I_{mn}^{(1)(2)}]^2}{k_p},$$

$$M_{0,1,2} = \frac{\bar{m}_{0,1,2} + \bar{r}_{0,1,2}^{(10)}}{S_{0,1,2}}, \quad M_3 = \bar{m}_3 / (S - S_2), \quad (11)$$

$$\bar{m}_0 = \rho S_0 (L + 2\delta_s), \quad \bar{m}_1 = \rho S (L + \delta_r), \quad \bar{m}_2 = \rho S (\tau + 2\delta_c),$$

$$E_2 = E_0/S^2, \quad \bar{m}_3 = \rho \delta_s (S - S_2), \quad R_{0,1,2,\tau} = \bar{r}_{0,1,2,\tau} / S_{0,1,\tau}^2.$$

Величины $I_{mn}^{(1)}$ вычисляются по формуле

$$I_{mn}^{(1)} = \frac{\bar{r}_{mn}^{(1)}}{S} \int_0^L \int_0^L \cos k_m x \cos k_n y dS; \quad (12)$$

$$I_{mn}^{(2)} = \frac{\bar{r}_{mn}^{(2)}}{S} \int_{(S-S_2)}^L \int_0^L \cos k_m x \cos k_n y dS.$$

Для квадратного отверстия ($\rho_0 x a_0$) в горловине резонатора имеем

$$I_{mn}^{(1)} = \frac{\bar{r}_{mn}^{(1)}}{S} S_0 \left| \frac{\sin k_m a_m}{k_m a_m} \cdot \frac{\sin k_n a_n}{k_n a_n} \right|, \quad (13)$$

а для круглого отверстия и горловине резонатора радиусом r_0

$$I_{ms}^{(0)} = \frac{\varepsilon_m \varepsilon_n}{S} \int_0^{r_0} \int_0^{2\pi} \cos(k_m r \cos \varphi) \cos(k_n r \sin \varphi) r dr d\varphi =$$

$$= \frac{\varepsilon_m \varepsilon_n}{S} S_0 \frac{2J_1(r_0 \sqrt{k_m^2 + k_n^2})}{r_0 \sqrt{k_m^2 + k_n^2}} \quad (14)$$

Аналогично для круглых r_0 или квадратичных $(a_1 \times a_1)$ отверстий в перфорациях панели соответственно получим

$$I_{ms}^{(0)} = \frac{\varepsilon_m \varepsilon_n}{S} \sum_i S_i \left[\frac{\sin k_m a_1}{k_m a_1} \frac{\sin k_n a_1}{k_n a_1} \right] \frac{2J_1(r_0 \sqrt{k_m^2 + k_n^2})}{r_0 \sqrt{k_m^2 + k_n^2}} \quad (15)$$

Величины сопротивления $\widehat{r}_{0r}$ значений (11) определяются по формулам

$$\widehat{r}_{0r} = 8\pi\rho(l_0 + 2\delta_0) \frac{4S_0}{\pi d_0^2} \varphi_r \left(\frac{d_0}{2} \sqrt{\frac{\omega}{2\nu}} \right),$$

$$\widehat{r}_{1r} = 8\pi\rho(\tau + 2\delta_1) \frac{S_1}{\pi a_0^2} \varphi_r \left(a_1 \sqrt{\frac{\omega}{2\nu}} \right), \quad (16)$$

$$d_0 = \frac{4S_0}{\Pi_0}, \quad \delta_0 = 0,85d_0, \quad a_1 = 4T_1/\Pi_1.$$

Функция $\varphi(x)$ универсальна и результаты численных расчетов можно представить в виде таблицы,

Таблица

x	10^{-2}	10^{-1}	0,3	1	2	3	5	10	30	50
$\varphi_r(x)$	1	1	1	1	1,05	1,2	1,67	2,9	7,9	12,9
$\varphi_i(x)$	$8 \cdot 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-2}$	0,08	0,032	0,63	1,19	2,05	7,5	12,5

где $x = a(0,5\rho^{-1}\omega)^{0,5}$; $\nu = \eta/\rho$ — кинематическая вязкость ($\nu = 0,14 \text{ см}^2/\text{с}$); $\rho = 1,81 \cdot 10^{-1} \text{ дин-с/см}$; $\rho = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$, а S_0 , S_1 , S — соответственно площади входных сечений горловины, отверстий перфораций и сечения резонансного звукопоглотителя; m_r , m_1 , $m_{1,2}$, m_n и M_r , M_0 , $M_{1,2}$, M_n — невозмущенные и возмущенные массы воздуха в отверстиях горловины, перфорациях, сечениях резонирующей панели и масса внутренней податливой панели на упругих связях, присоединенные и взаимоприсоединенные массы, содержащие соколеблющиеся

массы окружающей среды на концевую поправку входных отверстий резонансного звукопоглотителя.

Величинами r_{01}^{ω} и r_{12}^{ω} в выражениях (11) по сравнению с m_1 , m_2 можно пренебречь, тогда при $S \gg S_0$, $I_{m2} \rightarrow 0$ и $M_2 \rightarrow 0$, $M_{12} \rightarrow 0$ и приближении по функции Фока имеем

$$M_{0,1} = \frac{2}{S_0} (l_0 + 0.82d_0), \quad M_2 = 0. \quad (17)$$

Комплексность выражения (10), а также сложность вычисления суммарного импеданса собственных мод с различными значениями индексов значений (11) — (16) затрудняют практическое использование теоретических формул. Для системы резонансных звукопоглотителей, состоящих из последовательно соединенных резонаторов, согласно упрощенной физико-математической модели и на основе сравнительного анализа экспериментальных данных для установления эмпирических выражений в зависимости от физико-технических параметров РЗП с учетом рекомендаций Маа-Дах-Ю и Н. Н. Ворониной [2, 3] входной импеданс $Z_{p0} = R_{p0} + jY_{p0}$ вычисляют согласно выражению

$$Z_{p0} = (R_{p0} + R) + j(Y_{p0} + Y), \quad R = R_{p0} (Y_{p0} - Y_{\text{вх}})^2 E, \quad (18)$$

$$E = R_{p0}^2 + (Y_{p0} - Y_{p1} - Y_{\text{вх}})^2, \quad Y = -(Y_{p0} + Y_{p1} - Y_{\text{вх}})(Y_{p0} - Y_{\text{вх}})^2 E.$$

При наклонном падении звуковой волны под углом θ на резонансный звуковой поглотитель, в воздушной полости которого имеются перегородки с шагом $b < \lambda_p/4$, инерционный локальный импеданс вычисляют согласно формуле: $Y_1^{\text{в}} = (Y + Y_{p1}) \cos \theta$, а при отсутствии перегородок — $Y_1^{\text{в}} = Y \cos \theta + X^{\text{в}}$. В диффузном звуковом поле: $\theta = 0^\circ, 10^\circ, \dots, 80^\circ$, но обычно принимают $\theta = 45^\circ$ и вычисление КЗП производят по формуле (18), в которой $R_{p1,2}$, $Y_{p1,2}$ — действительные и мнимые компоненты импеданса, и согласно (10) вычисляют

$$Y_{\text{вх}} = k(l_r + 2\delta_0)/\gamma_0, \quad Y_2 = k(\tau + 2\delta_1)/\gamma_p, \quad Y_{\text{вх},2} = -\text{ctg} k l_{1,2}, \quad (19)$$

$$Y_{p1} = Y_{\text{вх}} + Y_{\text{вх},1} + Y_2, \quad Y_{p2} = Y_{\text{вх},2} + Y_1 + Y_2, \quad Y_1 = 0.2[Y_1 + (2Y_1)^{0.5}].$$

Рассмотрены зависимость соотношения резистанса $Y_{\text{вх}}/Y_p$ входной горловины и внутренней панели резонатора в функции $l_{1,2}$, L , реактанса $R(kl)$ от волнового параметра kl и количественная оценка влияния физико-технических параметров r_0 , l , $\gamma_0 = (r_0/r)^n = a_1 b_1 / ab = 64/625$ на величины инерционного импеданса, концевой поправки δ и присоединенной массы $M_{\text{пл}}$. Эксперимент показал, что дополнительная инерционность перфорированной внутренней панели, обусловленная влиянием ближнего поля, будет проявляться тем сильнее, чем больше концевая поправка, радиус отверстия горловины, глубина резонирующей полости и чем меньше коэффициент перфорации η .

Расчет импедансных характеристик дает хорошее приближение, пока площадь S_r входного отверстия мала по сравнению с площадью поперечного сечения S резонатора и длина-глубина горловины значительно меньше величины падающей длины звуковой волны, т. е. $S_{pr} \ll S$ и $S_{pr} \ll \lambda$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиспарян Ю. А. и др. Волновой процесс в многорезонансной колебательной системе звукопоглощающих строительных конструкций // ДАН АрмССР.—1990.— Т. 90, № 4.—С. 172—179.
2. Воронина Н. Н. Пособие по расчету и проектированию многослойных звукопоглощающих систем.—М.: Стройиздат, 1987.—23 с.
3. Maa D.-H. Y.-L. Theory and design of microperforated panel sound-absorbing constructions // Scientica Sinica — 1975. — V. 18, № 1. — P. 55—71.

ЕрПИ

20. XII. 89

Изв. АН Армении (сер. ГН), т. XLIV, № 3, 1991, с. 112—116

ЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.311.1.001.24

Р. А. АМИРКЯН, Р. Э. МАРИОСЯН, И. П. ШАРАБХАНИЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПО РЕЖИМАМ ЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАПОНОВ

На основе разработанных в АрмНИИЭ алгоритма, методических положений и программы определения УР ЭС по частям предлагается управление режимами Армянской ЭС осуществлять по режимам ее ЭР. Такой подход решения электроэнергетических задач Армянской ЭС на ЭВМ позволит существенно повысить размеры решаемых задач и сократить время их решения. Исследование режимов ЭС по режимам ее ЭР позволит наиболее полно и наглядно представить картину потоко-распределения и структуру потерь мощности по ЭР и их связям.

Ил. 1. Библиогр.: 2 назв.

Էներգետիկայի Հայկական գիտահետազոտական ինստիտուտում մշակված ալգորիթմի, մեթոդական դրույթների և էլեկտրական համակարգի (ԷՀ) կառուցված ուժերի հաշվարկի ծրագրի իման համապարկվում է Հայկական էՀ ուժերների կառավարումը իրագործելու համար նրա էլեկտրական շրջանների (ԷՇ) ուժերների Ալգորիթմի մոտեցմամբ Հայկական էՀ էլեկտրա-էներգետիկական խնդիրների լուծումը ԷՀՄ-ի վրա նախադրություն կտա զգալիորեն բարձրացնել լուծվող խնդիրների քանակը և կրճատել նրանց լուծման ժամանակը ԷՀ-ի ուժերների ուղղակիությունը ըստ նրա էլե-ի նախադրություն կտա ավելի լրիվ և տեսանելի կերպով ենթակայանների տարաբաշխման պատկերը և հզորության կորուստների տարաբաշխումը ըստ էՀ-ի և նրանց կապերի:

Анализ функционирования и управления сложных электрических систем (ЭС) связан с необходимостью выполнения большого объема вычислительных работ по расчету установившегося режима (УР), который в комплексе задач управления режимами является основой многих электроэнергетических расчетов.