

РАЗНОЕ

534.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВИБРАЦИОННОГО
СЕЙСМИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА*Канд. техн. наук, доц. А.А. ПЕВЗНЕР*

Приводятся результаты исследования вибрационного сейсмического источника на базе электродинамического преобразователя возвратно-поступательного движения. Приведено математическое описание выбранной трехмассовой модели источника. Проанализировано влияние основных параметров источника на его характеристики.

Results of research of a vibration seismic source on the basis of the electrodynamic converter of reciprocation are instanced. The mathematical formulation of the selected three-mass model of a source is obtained. Effect of a source's key parameters on its characteristics is analyzed.

Одним из наиболее оперативных методов неразрушающего исследования геологической среды является сейсмический. Источники сейсмической энергии излучают сигналы в глубь земли, где они отражаются или преломляются к поверхности от зон резкого изменения плотности и скорости распространения, обусловленных вариациями структуры горных пород. На поверхности отраженные сигналы регистрируются, обрабатываются с помощью ЭВМ, в результате чего получаются сейсмограммы, геологическая интерпретация которых позволяет определить возможность наличия и потенциальные запасы полезных ископаемых в данной области.

В настоящее время при сейсмических исследованиях в основном используются невзрывные импульсные или вибрационные сейсмические источники.

Глубинность и детальность исследования геологической среды в большой мере определяются качествами сейсмического источника (мощность излучения и спектральный состав излучаемых сейсмических сигналов). Поэтому исследование динамики сейсмических источников является важной задачей.

В настоящей работе рассматриваются вопросы исследования динамики электрических вибрационных сейсмических источников. А именно вибрационных сейсмических источников на базе электродинамических преобразователей возвратно-поступательного движения.

Вывод уравнений динамики механической части сейсмического источника

При выводе уравнений считается, что система линейна и одномерна, т.е. параметры системы сосредоточенные: силы параллельны, коэффициенты постоянны.

В качестве исходной принята схема замещения механической части сейсмического источника, приведенная на рис. 1.

Принятые обозначения: m_1 — масса транспортного средства; m — инерционная масса; m_1 — масса излучающей плиты; k — коэффициент упругости подвески инерционной массы; k_T — коэффициент упругости подвески транспортного средства;

k_1 — коэффициент упругости связи транспортного средства и инерционной массы; k_r — коэффициент упругости грунта; D_r — коэффициент демпфирования подвески транспортного средства; D — коэффициент демпфирования подвески инерционной массы; D_1 — коэффициент демпфирования связи транспортного средства и инерционной массы; D_2 — коэффициент демпфирования грунта.

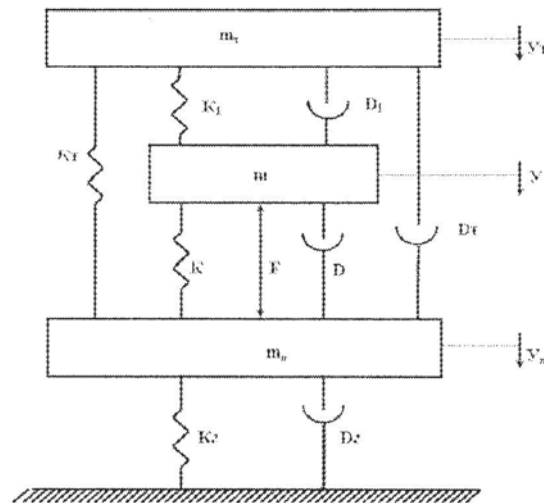


Рис. 1. Схема замещения механической части наземного сейсмического источника

Для вывода основных дифференциальных уравнений, описывающих динамику системы, воспользуемся уравнением Лагранжа [1]

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \mathcal{E}_k}{\partial \dot{y}_i} \right) - \frac{\partial \mathcal{E}_k}{\partial y_i} + \frac{\partial \mathcal{E}_n}{\partial y_i} + \frac{\partial F_R}{\partial \dot{y}_i} = F, \quad (1)$$

где y_i — обобщенная координата (ОК) перемещения системы: y_t — ОК транспортного средства, y — ОК инерционной массы и y_n — ОК излучающей плиты; F — обобщенная составляющая приложенной силы. Направление силы в сторону грунта берется со знаком «+»;

\mathcal{E}_k — кинетическая энергия системы

$$\mathcal{E}_k = m_t \dot{y}_t^2 / 2 + m \dot{y}^2 / 2 + m_r \dot{y}_n^2 / 2; \quad (2)$$

\mathcal{E}_n — потенциальная энергия системы

$$\mathcal{E}_n = k_r (y_t - y_n)^2 / 2 + k_1 (y_t - y)^2 / 2 + k (y - y_n)^2 / 2 + k_r y_n^2 / 2; \quad (3)$$

F_R — функция рассеивания Рэлея

$$F_R = D_r (\dot{y}_t - \dot{y}_n)^2 / 2 + D_1 (\dot{y}_t - \dot{y})^2 / 2 + D (\dot{y} - \dot{y}_n)^2 / 2 + D_r \dot{y}_n^2 / 2. \quad (4)$$

Совместное решение (2)–(4) дает уравнения динамики системы

для координаты y_t

$$m_t \ddot{y}_t + k_r (y_t - y_n) + k_1 (y_t - y) + D_1 (\dot{y}_t - \dot{y}_n) + D_1 (\dot{y}_t - \dot{y}) = 0; \quad (5)$$

для координаты y

$$m \ddot{y} + k (y - y_n) + k_1 (y - y_t) + D (\dot{y} - \dot{y}_t) + D_1 (\dot{y} - \dot{y}_t) = -F; \quad (6)$$

для координаты y_n

$$m_r \ddot{y}_n + k_r (y_n - y_t) + k (y_n - y) + k_r y_n + D_r (\dot{y}_n - \dot{y}_t) + D (\dot{y}_n - \dot{y}) + D_r \dot{y}_n = F. \quad (7)$$

Передаточные функции механической части сейсмического источника

Переходя в область изображений по Лапласу, для нулевых начальных условий, преобразуя уравнения (5)–(7), получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} (m_1 p^2 + D_1 p + k_1) y_{\tau(p)} - (D_1 p + k_1) y_{(p)} - (D_1 p + k_1) y_{11(p)} &= 0, \\ -(D_1 p + k_1) y_{\tau(p)} + (m p^2 + D p + k) y_{(p)} - (D p + k) y_{11(p)} &= -F_{(p)}. \end{aligned} \quad (8)$$

$$-(D_1 p + k_1) y_{\tau(p)} - (D p + k) y_{(p)} + (m_1 p^2 + (D_1 + D + D_1) p + k_1 + k + k_1) y_{11(p)} = F_{(p)}.$$

Обозначим: $a_{11} = m_1 p^2 + D_1 p + k_1$, $a_{22} = m p^2 + D p + k$, $a_{33} = m_1 p^2 + (D_1 + D + D_1) p + k_1 + k + k_1$, $a_{12} = a_{21} = D_1 p + k_1$, $a_{13} = a_{31} = D_1 p + k_1$, $a_{23} = a_{32} = D p + k$.

С учетом введенных обозначений система (8) примет вид

$$\begin{aligned} a_{11} y_{\tau(p)} - a_{12} y_{(p)} - a_{13} y_{11(p)} &= 0, \\ -a_{21} y_{\tau(p)} + a_{22} y_{(p)} - a_{23} y_{11(p)} &= -F_{(p)}, \\ -a_{31} y_{\tau(p)} - a_{32} y_{(p)} + a_{33} y_{11(p)} &= F_{(p)}. \end{aligned} \quad (9)$$

Интересующие нас передаточные функции можно получить, решая (9) относительно соответствующей координаты $y_{i(p)}$

$$\begin{aligned} \Delta &= \begin{vmatrix} a_{11} & -a_{12} & -a_{13} \\ -a_{21} & a_{22} & -a_{23} \\ -a_{31} & -a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = \\ &= a_{11} (a_{22} a_{33} - a_{23} a_{32}) - a_{12} (a_{23} a_{31} + a_{21} a_{33}) - a_{13} (a_{21} a_{32} + a_{31} a_{22}) \\ \Delta_1 &= \begin{vmatrix} 0 & -a_{12} & -a_{13} \\ -F & a_{22} & -a_{23} \\ F & -a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = F (a_{12} (a_{23} - a_{33}) + a_{13} (a_{22} - a_{32})) \\ \Delta_2 &= \begin{vmatrix} a_{11} & 0 & -a_{13} \\ -a_{21} & -F & -a_{23} \\ -a_{31} & F & a_{33} \end{vmatrix} = F (a_{11} (a_{23} - a_{33}) + a_{13} (a_{21} + a_{31})) \\ \Delta_3 &= \begin{vmatrix} a_{11} & -a_{12} & 0 \\ -a_{21} & a_{22} & -F \\ -a_{31} & -a_{32} & F \end{vmatrix} = F (a_{11} (a_{22} - a_{32}) - a_{12} (a_{31} + a_{21})) \end{aligned}$$

Отсюда передаточная функция виброперемещения излучающей плиты $y_{11(p)}$ по возбуждающему усилию $F_{(p)}$ определится так:

$$W_1 = \frac{y_{11(p)}}{F_{(p)}} = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{a_{11} (a_{22} - a_{32}) - a_{12} (a_{31} + a_{21})}{a_{11} (a_{22} a_{33} - a_{23} a_{32}) - a_{12} (a_{23} a_{31} + a_{21} a_{33}) - a_{13} (a_{21} a_{32} + a_{31} a_{22})}. \quad (10)$$

Передаточная функция виброперемещения инерционной массы $y(p)$ по возбуждающему усилию $F(p)$ определится как

$$W_1 = \frac{y(p)}{F(p)} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{a_{11} (a_{23} - a_{33}) - a_{13} (a_{21} + a_{31})}{a_{11} (a_{22} a_{33} - a_{23} a_{32}) - a_{12} (a_{23} a_{31} + a_{21} a_{33}) - a_{13} (a_{21} a_{32} + a_{31} a_{22})}. \quad (11)$$

Соответственно, передаточная функция виброперемещения прижимающего груза (транспортного средства) $y_1(p)$ относительно возбуждающего усилия $F(p)$ определится таким образом:

$$W_3 = \frac{y_1(p)}{F(p)} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{a_{12}(a_{23} - a_{33}) + a_{13}(a_{22} - a_{32})}{a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{23}a_{31} + a_{21}a_{33}) - a_{13}(a_{21}a_{32} + a_{31}a_{22})}. \quad (12)$$

Подставив в (10)–(12) значения коэффициентов, окончательно получим передаточную функцию виброперемещения излучающей плиты $y_{11(p)}$ по возбуждающему усилию $F_{(p)}$

$$W_1(p) = \frac{(m p^2 + D p + k) \cdot}{(m p^2 + D p + k) \cdot ((m p^2 + D_r p + D p + D p + k_r + k + k) \times \\ \cdot m p^2 - \\ \times (m p^2 + D p + k) - (D p + k)^2) - (D_1 p + k_1) \cdot ((D p + k) \cdot (D p + k) + \\ - (D_1 p + k_1) \cdot \\ + (D_1 p + k_1) \cdot (m p^2 + D_r p + D p + D p + k_r + k + k)) - \\ \cdot ((D p + k) + (D_1 p + k_1)) \\ - (D p + k) \cdot ((D p + k) \cdot (D_1 p + k_1) + (m p^2 + D p + k) \cdot (D p + k))}. \quad (13)$$

Соответственно, передаточная функция виброперемещения инерционной массы $y(p)$ относительно возбуждающего усилия $F(p)$ будет иметь вид

$$W_2(p) = \frac{(m p^2 + D p + k) \cdot}{(m p^2 + D p + k) \cdot ((m p^2 + D_r p + D p + D p + k_r + k + k) \times \\ \cdot m p^2 + \\ \times (m p^2 + D p + k) - (D p + k)^2) - (D_1 p + k_1) \cdot ((D p + k) \cdot (D p + k) + \\ + (D p + k) \cdot \\ (D_1 p + k_1) \cdot (m p^2 + D_r p + D p + D p + k_r + k + k)) - \\ \cdot ((D p + k) + (D_1 p + k_1)) \\ - (D p + k) \cdot ((D p + k) \cdot (D_1 p + k_1) + (m p^2 + D p + k) \cdot (D p + k))}. \quad (14)$$

И передаточная функция виброперемещения прижимающего груза (транспортного средства) $y_1(p)$ относительно возбуждающего усилия $F(p)$ будет

$$W_3(p) = \frac{(D_1 p + k_1) \cdot ((D p + k) - \\ (m_T p^2 + D_T p + k_T) \cdot ((m_{II} p^2 + D_c p + D p + D_T p + k_c + k + k_T) \times \\ - (m_{II} p^2 + D_c p + D p + D_T p + k_c + k + k_T)) + \\ \times (m p^2 + D p + k) - (D p + k)^2) - (D_1 p + k_1) \cdot ((D p + k) \cdot (D_T p + k_T) + \\ + (D_T p + k_T) \cdot \\ + (D_1 p + k_1) \cdot (m_{II} p^2 + D_c p + D p + D_T p + k_c + k + k_T)) - \\ \cdot m p^2 \\ - (D_T p + k_T) \cdot ((D p + k) \cdot (D_1 p + k_1) + (m p^2 + D p + k) \cdot (D_T p + k_T))}. \quad (15)$$

Так как виброскорость i -ой координаты равняется первой производной от виброперемещения, передаточные функции для виброскорости определяются умножением передаточных функций для виброперемещения на оператор p .

Передаточная функция скорости виброперемещения излучающей плиты относительно возбуждающего усилия будет

$$W_4(p) = p \frac{(m p^2 + D p + k)}{(m p^2 + D p + k)((m p^2 + D_1 p + D p + D p + k_1 + k + k) \times mp^2 - \times(m p^2 + D p + k) - (D p + k)^2) - (D_1 p + k_1)((D p + k)(D p + k) + - (D_1 p + k_1) \cdot (D_1 p + k_1)(m p^2 + D_1 p + D p + D p + k_1 + k + k) - \cdot((D p + k) + (D_1 p + k_1)) - (D p + k)((D p + k)(D_1 p + k_1) + (m p^2 + D p + k)(D p + k))} \quad (16)$$

Передаточная функция скорости виброперемещения инерционной массы относительно возбуждающего усилия

$$W_5(p) = \frac{(m p^2 + D p + k)}{(m p^2 + D p + k)((m p^2 + D_1 p + D p + D p + k_1 + k + k) \times mp^2 + \times(m p^2 + D p + k) - (D p + k)^2) - (D_1 p + k_1)((D p + k)(D p + k) + + (D p + k) \cdot (D_1 p + k_1)(m p^2 + D_1 p + D p + D p + k_1 + k + k) - \cdot((D p + k) + (D_1 p + k_1)) - (D p + k)((D p + k)(D_1 p + k_1) + (m p^2 + D p + k)(D p + k))} p. \quad (17)$$

Передаточная функция скорости виброперемещения транспортного средства относительно возбуждающего усилия

$$W_6(p) = \frac{p(D_1 p + k_1)((D p + k) - (m p^2 + D p + k)((m p^2 + D_1 p + D p + D p + k_1 + k + k) \times - (m p^2 + D_1 p + D p + D p + k_1 + k + k)) + \times(m p^2 + D p + k) - (D p + k)^2) - (D_1 p + k_1)((D p + k)(D p + k) + + (D p + k) \cdot (D_1 p + k_1)(m p^2 + D_1 p + D p + D p + k_1 + k + k) - \cdot mp^2 - (D p + k)((D p + k) \cdot (D_1 p + k_1) + (m p^2 + D p + k)(D p + k))} \quad (18)$$

Передаточная функция развиваемого виброисточником усилия, приложенного к грунту, определится произведением передаточной функции виброперемещения излучающей плиты на импеданс грунта (операторное выражение входного сопротивления грунта)

$$Z_r(p) = D_1 p + k_r \quad (19)$$

$$\begin{aligned}
 W_7(p) = & \frac{(m p^2 + D p + k) \cdot}{(m p^2 + D p + k) \cdot ((m p^2 + D_1 p + D p + D p + k_1 + k + k) \times} \\
 & \frac{\cdot m p^2 -}{\times (m p^2 + D p + k) - (D p + k)^2) - (D_1 p + k_1) \cdot ((D p + k) \cdot (D p + k) +} \\
 & \frac{-(D_1 p + k_1) \cdot}{+(D_1 p + k_1) \cdot (m p^2 + D_1 p + D p + D p + k_1 + k + k)) -} \\
 & \frac{\cdot ((D p + k) + (D_1 p + k_1)) \cdot (D_1 p + k_1)}{-(D p + k) \cdot ((D p + k) \cdot (D_1 p + k_1) + (m p^2 + D p + k) \cdot (D p + k))}.
 \end{aligned} \tag{20}$$

Основные уравнения динамики электродинамического преобразователя возвратно-поступательного движения

При выводе уравнений динамики электродинамического преобразователя возвратно-поступательного движения (ЭДПВПД) допускается, что индукция магнитного поля в зазоре магнитопровода постоянна; длина проводника подвижной катушки, расположенного в магнитном поле, неизменна; перемещение обмотки подвижной катушки происходит перпендикулярно силовым линиям магнитного поля; плотность магнитного поля, пронизывающего обмотку подвижной катушки на всем ее пути, неизменна.

При указанных допущениях развиваемое ЭДПВПД усилие $F(t)$ определяется выражением

$$F(t) = Bli(t), \tag{21}$$

где B — индукция магнитного поля в зазоре магнитопровода; l — общая длина проводника активной части подвижной катушки; $i(t)$ — ток подвижной катушки.

При движении подвижной катушки относительно магнитопровода со скоростью $v(t)$ в ней будет наводиться ЭДС движения

$$e_d(t) = -Blv(t). \tag{22}$$

Система уравнений для цепи подвижной катушки с учетом влияния электромагнитных экранов полюсов магнитопровода имеет вид [2]

$$u_1(t) = i_1(t) R_1 - e_1(t) - e_{21}(t) - e_d(t), \tag{23}$$

$$0 = i_2(t) R_2 - e_2(t) - e_{12}(t),$$

где $e_{12}(t)$ — ЭДС взаимной индукции, наведенная в короткозамкнутом витке частью магнитного потока, образуемого током подвижной катушки $i_1(t)$;

$$e_{12}(t) = -M \frac{di_1(t)}{dt}; \tag{24}$$

$e_{21}(t)$ — ЭДС взаимной индукции, наведенная в подвижной катушке частью магнитного потока, образуемого током $i_2(t)$ короткозамкнутого витка

$$e_{21}(t) = -M \frac{di_2(t)}{dt}; \tag{25}$$

M — взаимная индуктивность обмотки подвижной катушки и короткозамкнутого витка;

$e_1(t)$ — ЭДС самоиндукции подвижной катушки

$$e_1(t) = -L_1 \frac{di_1(t)}{dt} \quad (26)$$

где L_1 — индуктивность подвижной катушки;

$e_2(t)$ — ЭДС самоиндукции короткозамкнутого витка

$$e_2(t) = -L_2 \frac{di_2(t)}{dt}, \quad (27)$$

L_2 — индуктивность короткозамкнутого витка.

С учетом (22), (25)—(27) система (23) примет вид:

$$u_1(t) = i_1(t)R_1 + L_1 \frac{di_1(t)}{dt} + M \frac{di_2(t)}{dt} + Blv(t), \quad (28)$$

$$0 = i_2(t)R_2 + L_2 \frac{di_2(t)}{dt} + M \frac{di_1(t)}{dt}. \quad (29)$$

Передаточные функции сейсмического источника на базе ЭДПВПД по току подвижной катушки

Так как развиваемое ЭДПВПД усилие согласно (21) пропорционально току подвижной катушки, где коэффициент пропорциональности Bl — постоянная величина, передаточные функции сейсмического источника на базе ЭДПВПД получаются из передаточных функций механической части (13)—(20) умножением на коэффициент Bl .

Передаточные функции сейсмического источника на базе ЭДПВПД по напряжению питания подвижной катушки

Переходя в область изображений по Лапласу, при нулевых начальных условиях, из (29) получим выражения преобразования электрической энергии в ЭДПВПД области изображений при питании ПК ЭДПВПД от источника напряжения

$$\begin{cases} U_1(p) = (R_1 + L_1 p) I_1(p) + M p I_2(p) + Bl(y_{11} - y) \\ 0 = I_2(p)(R_2 + L_2 p) + M p I_1(p) \end{cases} \quad (30)$$

Решая систему (30), получим

$$U_1(p) = \left[(R_1 + L_1 p) - \frac{M^2 p^2}{R_2 + L_2 p} \right] I_1(p) + Blp (y_{11} - y). \quad (31)$$

Подставив в (31) значения $y_{11}(p)$ и $y(p)$ из (13) и (14), получим

$$U_1(p) = \left[(R_1 + L_1 p) - \frac{M^2 p^2}{R_2 + L_2 p} \right] I_1(p) + (Bl)^2 p [W_1(p) - W_2(p)] I_1(p). \quad (32)$$

Из (32) определим выражение передаточной функции напряжения питания подвижной катушки к току, т.е. выражение входного сопротивления ПК ЭДПВПД в операторной форме

$$Z_{\text{вх}}(p) = \frac{U_1(p)}{I_1(p)} = (R_1 + L_1 p) - \frac{M^2 p^2}{R_2 + L_2 p} + (Bl)^2 p [W_1(p) - W_2(p)]. \quad (33)$$

Решая совместно (33) и (31—36) получаем передаточные функции сейсмического источника на базе ЭДПВПД по напряжению.

Передаточная функция виброперемещения излучающей плиты $y_{11}(p)$ по напряжению питания подвижной катушки $U_1(p)$

$$W_{12}(p) = \frac{W_1(p)Bl}{(R_1 + L_1 p) - \frac{M^2 p^2}{R_2 + L_2 p} + (Bl)^2 p [W_1(p) - W_2(p)]}. \quad (34)$$

Передаточная функция виброперемещения транспортного средства $y_T(p)$ по напряжению $U_1(p)$

$$W_{32}(p) = \frac{y(p)}{U_1(p)} = \frac{W_3(p)Bl}{Z_{11K}(p)}. \quad (35)$$

Передаточная функция виброперемещения инерционной массы $y(p)$ по напряжению $U_1(p)$

$$W_{22}(p) = \frac{y(p)}{U_1(p)} = \frac{W_2(p)Bl}{Z_{\kappa}(p)}. \quad (36)$$

Передаточная функция скорости виброперемещения излучающей плиты к напряжению питания ПК ЭДПВПД

$$W_{42}(p) = \frac{W_1(p)Blp}{(R_1 + L_1 p) - \frac{M^2 p^2}{R_2 + L_2 p} + (Bl)^2 p [W_1(p) - W_2(p)]}. \quad (37)$$

Передаточная функция скорости виброперемещения транспортного средства к напряжению питания ПК ЭДПВПД

$$W_{62}(p) = \frac{W_3(p)Blp}{(R_1 + L_1 p) - \frac{M^2 p^2}{R_2 + L_2 p} + (Bl)^2 p [W_1(p) - W_2(p)]}. \quad (38)$$

Передаточная функция скорости виброперемещения инерционной массы к напряжению питания ПК ЭДПВПД

$$W_{52}(p) = \frac{W_2(p)Blp}{(R_1 + L_1 p) - \frac{M^2 p^2}{R_2 + L_2 p} + (Bl)^2 p [W_1(p) - W_2(p)]}. \quad (39)$$

Передаточная функция усилия воздействия на грунт к напряжению питания ПК ЭДВ

$$W_{72}(p) = \frac{W_{71}(p)}{(R_1 + L_1 p) - \frac{M^2 p^2}{R_2 + L_2 p} + (Bl)^2 p [W_1(p) - W_2(p)]}. \quad (40)$$

Для исследования влияния параметров вибрационных сейсмических источников на их свойства воспользуемся частотными характеристиками. Которые получаются из выведенных передаточных функций заменой оператора p на оператор $j\omega$.

На рис. 2 приведены амплитудно-частотные характеристики скорости виброперемещения излучающей плиты в диапазоне от 0 до 1000 Гц для различных значений ее массы в пределах от 10^{-2} до 10^2 от номинального.

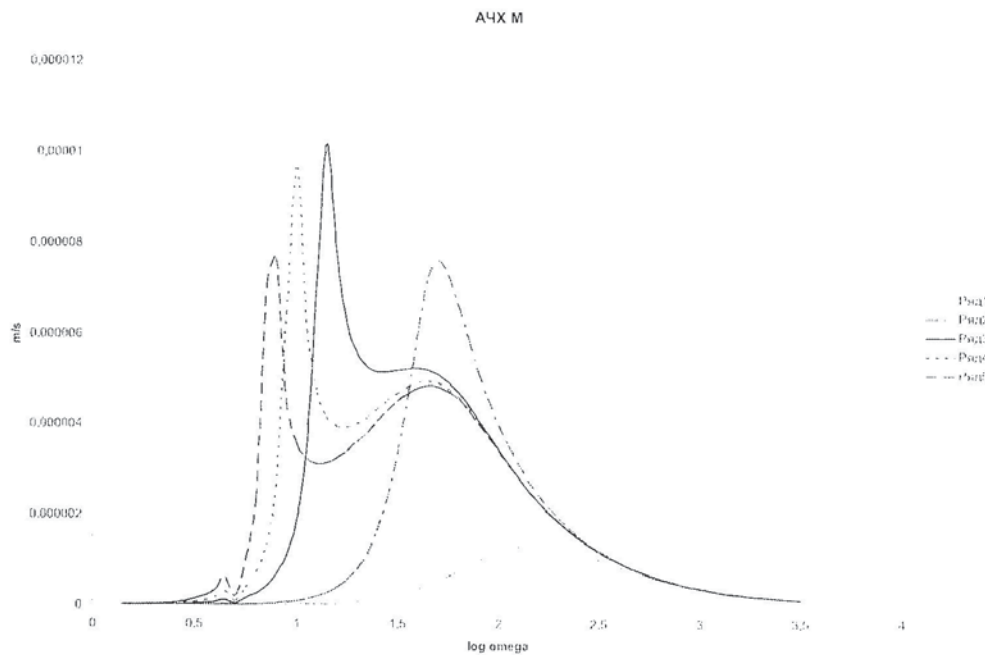


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики скорости виброперемещения излучающей плиты

Номинальному значению соответствует кривая 3. Аналогичные характеристики были построены и для остальных параметров источника. Из полученных характеристик видно, что при номинальных параметрах наблюдаются три максимальных экстремума и два минимальных. Первый резонанс системы наступает — при частоте 6,8 Гц, второй резонанс — при частоте 14 Гц и третий при частоте 50 Гц. Уменьшение массы излучающей плиты приводит к увеличению равномерности АЧХ и повышению мощности излучения при частотах выше частоты второго резонанса. Увеличение инерционной массы приводит к уменьшению частоты второго резонанса. Уменьшение массы транспортного средства ниже номинальной приводит к появлению существенного антирезонанса в диапазоне частот выше второго резонанса, что резко ухудшает равномерность АЧХ. При увеличении жесткости подвески инерционной массы второй резонанс смещается в область высоких частот. Причем частота второго резонанса при десятикратном увеличении жесткости значительно выше, чем при десятикратном уменьшении массы. Однако амплитуда колебаний при резонансе в этом случае ниже, чем при изменении массы. Увеличение жесткости подвески транспортного средства приводит к перемещению в область высоких частот антирезонанса. При этом равномерность характеристики значительно ухудшается. Увеличение приведенной жесткости грунта приводит к смещению третьего резонанса в область высоких частот, при этом амплитуды первого и второго резонансов падают. Увеличение демпфирования приводит к выравниванию АЧХ, уменьшению резонансов и к снижению энергии излучения во всем диапазоне частот. Наиболее существенное влияние на АЧХ оказывает изменение демпфирования грунта, и наименьшее влияние оказывает изменение демпфирования подвески транспортного средства.

В отличие от управления током, при управлении напряжением достигается более равномерная АЧХ. Это объясняется наличием внутренней отрицательной обратной связи по напряжению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. П а н о в к о Я. Г. Введение в теорию механических колебаний: Учебное пособие. — М.: Наука, 1980. — 272 с.
2. К о т о в А. П. К расчету электродинамических возбудителей колебаний // Приборостроение, средства автоматизации и системы управления. Труды I Конф. Молодых ученых и спец. г. Москвы. — М.: Наука, 1967. — С. 250—258.

656. 13.02.(5)(212.6)

РЕАЛИЗАЦИЯ КЛАСТЕРА «СТЕПНОЙ ТРАНЗИТ» — ВАЖНЫЙ ФАКТОР УСПЕШНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА МИРОВЫХ ТРАНЗИТНЫХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

Асп. Е.Е. ТУЛЕНДИЕВ

Развитие рыночной экономики, предстоящее вступление Казахстана в ВТО и растущие потребности внутреннего рынка ставят новые задачи перед казахстанской экономикой. Достигнуть поставленных целей можно, только удовлетворив весь спектр потребностей транспортного потребительского рынка. В своем Послании народу президент республики Казахстан Н.А. Назарбаев (18 февраля 2005 года) отметил 7 кластеров, которые должны определить долгосрочную специализацию экономики страны в несырьевых отраслях. В числе развиваемых кластеров обозначена и транспортная логистика, которая в перспективе должна адекватно удовлетворить требования экономики и население Казахстана в перевозках и успешно конкурировать на мировых рынках транзитных и международных перевозок.

Development of the market economy, the forthcoming introduction of Kazakhstan into WTO and growing requirements of a home market put new tasks before the Kazakhstan economy. To achieve objects in view it is possible only having satisfied all spectrum of requirements of the transport consumer market. In the Message to people the president of republic of Kazakhstan N.A. Nazarbaev (on February, 18th, 2005) has noted 7 clusters which should define long-term specialization of a national economy in not raw branches. Among developed clusters the transport logistics which in the long term should satisfy adequately requirements of economy and the population of Kazakhstan in transportations is designated also and successfully to compete in the world markets of transit and international transportations.

Экономические и географические особенности, в числе которых огромная территория и ориентированность на экспорт, делают экономику Казахстана, с одной стороны, одной из наиболее грузоемких в мире, а с другой, обуславливают высокую зависимость от транспортной системы. Республика присоединилась к четырем международным конвенциям и трем европейским соглашениям, регламентирующим порядок выполнения международных автомобильных перевозок. В данное время Казахстан имеет двустороннее межправительственное соглашение о международных автомобильных сообщениях с 32 государствами.

С активизацией межрегиональной и международной торговли столь значительное увеличение автомобильных перевозок во многом обусловлено бурными процессами автомобилизации. В последние годы рост количества автотранспортных средств (табл. 1) происходил достаточно умеренными темпами — менее 4 % в год, однако показатели потребления горюче-смазочных материалов свидетельствуют о фактическом увеличении количества автомобилей и связанным с этим ростом интенсивности движения более чем в 2 раза.