

Набережночелнинский институт
Казанского Федерального Университета

Электронный журнал

Социально-экономические
и технические системы:
исследование,
проектирование,
оптимизация

№2(78)'2018г.



ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----------|
| ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ | 3 |
| Харасова Л.С. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЕШИМОСТИ ОДНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ТЕОРИИ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК ТИПА ТИМОШЕНКО. | 3 |
| Маврин В.Г., Макарова И.В., Магдин К.А. ВЛИЯНИЕ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ | 13 |
| Сибгатуллин Э.С., Сибгатуллин К.Э., Новоселов О.Г. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАССИВОВ..... | 24 |
| Паутов Г.А., Юрасова О.И., Юрасов С.Ю. ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ВАЛОВ ЯКОРЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ | 36 |
| Гайсин И.А., Галиакбаров А.Т., Ибрафиллов И.Х. ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЖАРКИ | 45 |
| Шайхуллина Р.М., Галиакбаров А.Т., Шайхуллина М.М. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИК- ФУРЬЕ СПЕКТРОВ КОМПОНЕНТ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ..... | 52 |
| Мухаметдинов Э.М., Кулаков О.А., Грибков К.В. МЕТОДИКА НЕПРЕРЫВНОГО БОРТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ В ЭКСПЛУАТАЦИИ | 60 |
| ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ | 76 |
| Гатауллина Э.М., Страхова И.В. ИГРА КАК СРЕДСТВО АКТИВИЗАЦИИ ЛЕКСИЧЕСКИХ НАВЫКОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ | 76 |
| Заболотская Н.Н., Муратова З.М. ФАКТОРЫ РИСКА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ КАК ПРИЧИНА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАБОТНИКОВ | 83 |
| ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ФИНАНСЫ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ | 91 |
| Прошкина О.В. УПРАВЛЕНИЕ ОБОРОТНЫМ КАПИТАЛОМ КАК ФАКТОР ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ФИРМЫ..... | 91 |
| Сафаргалиев Э.Р. МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ ЛОГОТИПА ГОРОДА | 100 |

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 517.958

Харасова Л.С., старший преподаватель, Набережночелнинский институт
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университета,
kharasova.liya@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЕШИМОСТИ ОДНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ТЕОРИИ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК ТИПА ТИМОШЕНКО.

Аннотация. Статья посвящена разрешимости геометрически нелинейной задачи равновесия для пологих упругих оболочек типа Тимошенко с шарнирно опертыми краями в произвольной области. Исследование заключается в сведении исходной задачи к одному нелинейному операторному уравнению, разрешимость которого устанавливается с помощью принципа сжатых отображений. Основу метода составляют интегральные представления для перемещений, которые строятся с привлечением общих решений неоднородного уравнения Коши-Римана.

Ключевые слова: система нелинейных дифференциальных уравнений, краевая задача, уравнения равновесия, интегральные представления, теорема существования.

В плоской ограниченной области Ω рассматривается система нелинейных дифференциальных уравнений вида

$$\begin{aligned} w_{1\alpha^1\alpha^1} + \mu_1 w_{1\alpha^2\alpha^2} + \mu_2 w_{2\alpha^1\alpha^2} &= f_1, \quad \mu_1 w_{2\alpha^1\alpha^1} + w_{2\alpha^2\alpha^2} + \mu_2 w_{1\alpha^1\alpha^2} = f_2, \\ k^2 \mu_1 (w_{3\alpha^1\alpha^1} + w_{3\alpha^2\alpha^2} + \psi_{1\alpha^1} + \psi_{2\alpha^2}) + k_3 w_{1\alpha^1} + k_4 w_{2\alpha^2} - k_5 w_3 + \\ &+ k_3 w_{3\alpha^1}^2 / 2 + k_4 w_{3\alpha^2}^2 / 2 + \beta_2 [(T^{\lambda\mu} w_{3\alpha^\lambda})_{\alpha^\mu} + R^3] = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\psi_{1\alpha^1\alpha^1} + \mu_1 \psi_{1\alpha^2\alpha^2} + \mu_2 \psi_{2\alpha^1\alpha^2} = g_1 + k_0 \psi_1, \quad \mu_1 \psi_{2\alpha^1\alpha^1} + \psi_{2\alpha^2\alpha^2} + \mu_2 \psi_{1\alpha^1\alpha^2} = g_2 + k_0 \psi_2,$$

при условиях на её границе Γ :

$$w_3 = \psi_1 = 0, \quad (2)$$

$$(w_{1\alpha^1} + \mu w_{2\alpha^2})(t) d\alpha^2/ds - \mu_1 (w_{1\alpha^2} + w_{2\alpha^1})(t) d\alpha^1/ds = \varphi_1(w_3)(t), \quad (3)$$

$$\mu_1 (w_{1\alpha^2} + w_{2\alpha^1})(t) d\alpha^2/ds - (\mu w_{1\alpha^1} + w_{2\alpha^2})(t) d\alpha^1/ds = \varphi_2(w_3)(t),$$

$$\mu_1 (\psi_{1\alpha^2} + \psi_{2\alpha^1})(t) d\alpha^2/ds - (\mu \psi_{1\alpha^1} + \psi_{2\alpha^2})(t) d\alpha^1/ds = \tilde{\varphi}_2(t). \quad (4)$$

В (1) – (4) приняты следующие обозначения

$$\begin{aligned}
f_j &\equiv f_j(w_3) = k_{j+2}w_{3\alpha^j} - w_{3\alpha^j}w_{3\alpha^j\alpha^j} - \mu_2w_{3\alpha^{3-j}}w_{3\alpha^1\alpha^2} - \mu_1w_{3\alpha^j}w_{3\alpha^{3-j}\alpha^{3-j}} - \beta_2R^j, \\
g_j &\equiv g_j(w_3) = k_0w_{3\alpha^j} - \beta_1L^j, \quad \varphi_j(w_3)(t) = \beta_2P^j(s) + [(-\mu)^j w_{3\alpha^1}^2(t)/2 + \\
&+ (-\mu)^{2-j} w_{3\alpha^2}^2(t)/2] d\alpha^{3-j}/ds + (-1)^{j-1} \mu_1 w_{3\alpha^1}(t)w_{3\alpha^2}(t)d\alpha^j/ds, \quad j=1,2, \\
\tilde{\varphi}_2(w_3)(t) &= \beta_1N^2(s), t = t(s) = \alpha^1(s) + i\alpha^2(s) = \cos s + i\sin s \in \Gamma, \quad (5) \\
\mu_1 &= (1-\mu)/2, \mu_2 = (1+\mu)/2, k_3 = k_1 + \mu k_2, k_4 = k_2 + \mu k_1, k_5 = k_1^2 + k_2^2 + 2\mu k_1 k_2, \\
k_0 &= 6k^2(1-\mu)/h^2, \beta_1 = 12(1-\mu^2)/(h^3E), \beta_2 = (1-\mu^2)/(Eh).
\end{aligned}$$

Система (1) совместно с граничными условиями (2) – (4) описывает состояние равновесия упругой полой изотропной однородной оболочки с шарнирно опертыми краями в рамках сдвиговой модели С.П. Тимошенко [1, с.168-170, 269]. При этом T^{ij} - усилия, M^{ij} - моменты:

$$\begin{aligned}
T^{ij} &\equiv T^{ij}(a) = D_0^{ijkn} \gamma_{kn}^0, M^{ij} \equiv M^{ij}(a) = D_2^{ijkn} \gamma_{kn}^1, a = (w_1, w_2, w_3, \psi_1, \psi_2), \\
D_m^{ijkn} &= \int_{-h/2}^{h/2} B^{ijkn} (\alpha^3)^m d\alpha^3; B^{1111} = B^{2222} = E/(1-\mu^2), B^{1122} = \mu E/(1-\mu^2), \\
B^{1212} &= E/(2(1+\mu)), B^{1313} = B^{2323} = Ek^2/(2(1+\mu)),
\end{aligned}$$

остальные $B^{ijkn} = 0$; здесь по повторяющимся индексам ведется суммирование от 1 до 3, по греческим индексам – от 1 до 2; $\alpha^j = \alpha^j(s) (j=1,2)$ - уравнение кривой Γ , s - длина дуги Γ ; $\gamma_{ij}^k (i, j = \overline{1,3}, k=0,1)$ – компоненты деформаций срединной поверхности S_0 оболочки, гомеоморфной области Ω ,

$$\begin{aligned}
\gamma_{jj}^0 &= w_{j\alpha^j} - k_j w_3 + w_{3\alpha^j}^2/2, \quad j=1,2, \quad \gamma_{12}^0 = w_{1\alpha^2} + w_{2\alpha^1} + w_{3\alpha^1}w_{3\alpha^2}, \\
\gamma_{jj}^1 &= \psi_{j\alpha^j}, \quad j=1,2, \quad \gamma_{12}^1 = \psi_{1\alpha^2} + \psi_{2\alpha^1}, \\
\gamma_{j3}^0 &= w_{3\alpha^j} + \psi_j, \quad j=1,2, \quad \gamma_{33}^0 = \gamma_{k3}^1 \equiv 0, \quad k = \overline{1,3},
\end{aligned}$$

$w_j (j=1,2)$ и w_3 - тангенциальные и нормальное перемещение точек S_0 , $\psi_j (j=1,2)$ - углы поворота нормальных сечений S_0 , a - вектор обобщенных перемещений, $R^j (j = \overline{1,3}), L^k, P^k (k=1,2), N^2$ - компоненты внешних сил, действующих на оболочку, $\mu = const$ - коэффициент Пуассона, $E = const$ -

модуль Юнга, $k_1, k_2 = const$ - главные кривизны, $k^2 = const$ - коэффициент сдвига, $h = const$ - толщина оболочки, $\alpha^1, \alpha^2 = const$ - декартовы координаты точек области Ω .

Задача А. Найти решение системы (1), удовлетворяющее граничным условиям (2) – (4).

В случае единичного круга аналогичная задача исследована в [2]. В [3] - [5] система (1) изучена в произвольной области Ω при граничных условиях $w_1 = w_3 = \psi_1 = 0$, $w_2 = w_3 = \psi_2 = 0$ и $w_3 = \psi_2 = 0$ соответственно. В данной работе метод [2] - [5] развивается на случай произвольной упругой оболочки с шарнирно опертыми краями.

Краевую задачу А будем изучать в обобщенной постановке. Пусть выполнены следующее условие:

а) Ω – односвязная область с границей $\Gamma \in C^1_\beta$,

б) внешние силы R^i ($i = \overline{1,3}$) и L^k ($k = 1,2$) принадлежат $L_p(\Omega)$, компоненты внешних сил P^k ($k = 1,2$) и N^2 принадлежат $C_\beta(\Gamma)$.

Определение. Обобщенным решением задачи А назовем вектор обобщенных перемещений $a = (w_1, w_2, w_3, \psi_1, \psi_2) \in W_p^{(2)}(\Omega)$, $p > 2$, почти всюду удовлетворяющий системе (1) и поточечно граничным условиям (2) – (4).

Здесь $W_p^{(2)}(\Omega)$ – пространство Соболева. В силу теорем вложения для соболевских пространств $W_p^{(2)}(\Omega)$, $p > 2$, обобщенное решение a принадлежит $C^1_\beta(\overline{\Omega})$. Здесь и далее $\alpha = (p-2)/p$.

Рассмотрим первые два уравнения системы (1) относительно тангенциальных перемещений, в которых w_3 временно считаем фиксированным. Общее решение имеет вид:

$$\omega_0(z) = w_2 + iw_1 = \Phi_2(z) + iTd[\Phi_1 + Tf](z), \quad (6)$$

$$z = \alpha^1 + i\alpha^2, \quad f = (f_1 + if_2)/2,$$

где $\Phi_1(z) \in C_\alpha(\bar{\Omega})$, $\Phi_2(z) \in C_\alpha^1(\bar{\Omega})$ – произвольные голоморфные функции.

Функции $\Phi_j(z)$, $j = 1, 2$ находим так, чтобы тангенциальные перемещения w_1, w_2 удовлетворяли граничным условиям (3). С этой целью выражения тангенциальных перемещений w_1, w_2 из (6) подставляем в граничные условия (3). Тогда для голоморфных функций $\Psi_j(z)$ имеем задачу Римана – Гильберта в произвольной области Ω с краевым условием

$$\operatorname{Re}\{t'\Psi_j(t)\} = h_j(t), \quad t' = dt/ds, \quad t \in \Gamma, \quad j = 1, 2, \quad (7)$$

$$h_j(t) = l_j(w_3)(t) - \operatorname{Re}\{i^j t' Sd[\Phi_1]^+(t)\} + \mu_3 \operatorname{Re}\{i^j \bar{t}' \Phi_1(t)\}/2, \quad (8)$$

$$l_j(w_3)(t) = \varphi_j(w_3)(t)/(\mu - 1) - \operatorname{Re}\{i^j t' Sd[Tf]^+(t)\} + (-1)^j \mu_3 d\alpha^{3-j}/ds \operatorname{Re} Tf(t).$$

$\Psi_j(t)$ – граничные значения голоморфных в Ω функций

$$\Psi_j(z) = i^{j-1} \Phi_2'(z) + i^{2-j} \mu_3 \Phi_1(z)/2. \quad (9)$$

Пусть $z = \varphi(\zeta)$ – конформное отображение единичного круга $\bar{K} : |\zeta| \leq 1$ на область $\bar{\Omega}$. Задачу (7) приводим к задаче Римана – Гильберта для голоморфной функции $\Psi_j(z)\varphi'(z)$ в единичном круге K с краевым условием

$$\operatorname{Re}\{t'\varphi'(t)\Psi_j(t)\} = h_j(\varphi(t))|\varphi'(t)|, \quad t \in \partial K : |t| = 1, \quad j = 1, 2. \quad (10)$$

Решаем задачу (10). Индекс этой задачи, как легко видеть, равен -1. Тогда, следуя [6, с.253], решение задачи (10) получим в виде

$$\Psi_j(z) = -\frac{1}{\pi\varphi'(z)} \int_{\partial K} \frac{h_j(\varphi(t))|\varphi'(t)|}{t(t-z)} dt, \quad z \in \bar{K}, \quad j = 1, 2, \quad (11)$$

при этом должно выполняться условие разрешимости

$$\int_{\partial K} \frac{h_j(\varphi(t)) |\varphi'(t)|}{t} dt = 0, \quad j = 1, 2. \quad (12)$$

Функции $\Phi_1(z)$, $\Phi_2'(z)$ через $\Psi_j(z) (j=1,2)$ определяются из (9) равенствами

$$\Phi_1(z) = (\Psi_2(z) - i\Psi_1(z)) / \mu_3, \quad \Phi_2'(z) = (\Psi_1(z) - i\Psi_2(z)) / 2. \quad (13)$$

Преобразуем соотношение для $\Phi_1(z)$, в результате получим

$$\Phi_1(z) + \frac{1}{\pi\varphi'(z)} \iint_K \frac{\varphi'(\zeta)}{(1-\zeta z)^2} \overline{\Phi_1(\zeta)} d\xi d\eta = \frac{i}{\pi\mu_3\varphi'(z)} A(w_3)(z), \quad z \in K, \quad (14)$$

где

$$A(w_3)(z) \equiv A[l(w_3)](z) = \int_{\partial K} \frac{l(w_3)(\varphi(t)) |\varphi'(t)|}{t(t-z)} dt, \quad l(w_3) = l_1(w_3) + il_2(w_3). \quad (15)$$

Переходя от (14) к комплексно – сопряженному уравнению и исключая с его помощью $\overline{\Phi_1(\zeta)}$ в (14), для определения голоморфной функции $\Phi_1(z)$ получаем интегральное уравнение вида

$$\Phi_1(z) - \iint_K h(\zeta; z) \Phi_1(\zeta) d\xi d\eta = B(w_3)(z), \quad z \in K, \quad (16)$$

где

$$h(\zeta; z) = \frac{\overline{\varphi'(\zeta)}}{\pi^2 \varphi'(z)} \iint_K \frac{\varphi'(\zeta_1)}{\varphi'(\zeta_1)} \frac{d\xi_1 d\eta_1}{(1-\zeta_1 z)^2 (1-\zeta \zeta_1)^2}, \quad \zeta_1 = \xi_1 + i\eta_1, \quad (17)$$

$$B(w_3)(z) \equiv B[l(w_3)](z) = \frac{i}{\pi\mu_3\varphi'(z)} \left\{ \frac{1}{\pi} \iint_K \frac{\varphi'(\zeta)}{\varphi'(\zeta)} \frac{\overline{A(w_3)(\zeta)}}{(1-\zeta z)^2} d\xi d\eta + A(w_3)(z) \right\}.$$

Исследуем разрешимость уравнения (16) в пространстве $C_\alpha(\overline{K})$. Легко показать, что к уравнению (16) применима альтернатива Фредгольма. Непосредственной подстановкой убеждаемся в том, что $\Phi_1(z) = ic_2$ является решением однородного уравнения

$$\Phi_1(z) - \iint_K h(\zeta; z) \Phi_1(\zeta) d\xi d\eta = 0, \quad z \in K. \quad (18)$$

Покажем, что других решений уравнения (18) не существует. Допустим противное: пусть $\Phi_1(z) \in C_\alpha(\overline{K})$ – какое-нибудь другое решение. Этому решению по формулам (11) с $l_j(w_3)(\varphi(t)) \equiv 0$ ($j=1,2$) соответствуют функции $\Psi_j(z)$, $j=1,2$, которые в свою очередь по второй формуле в (13) определяют $\Phi_2(z)$. Тогда перемещения w_1, w_2 , найденные с помощью представления (6) при $f \equiv 0$, удовлетворяют однородным уравнениям

$$w_{1\alpha^1\alpha^1} + \mu_1 w_{1\alpha^2\alpha^2} + \mu_2 w_{2\alpha^1\alpha^2} = 0, \quad \mu_1 w_{2\alpha^1\alpha^1} + w_{2\alpha^2\alpha^2} + \mu_2 w_{1\alpha^1\alpha^2} = 0$$

и однородным граничным условиям (3) с $\varphi_j(w_3)(t) \equiv 0$, $j=1,2$. Равенства соответственно умножим на w_1, w_2 , проинтегрируем по области Ω и сложим. В результате будем иметь $w_{j\alpha^j} = 0$ ($j=1,2$), $w_{1\alpha^2} + w_{2\alpha^1} = 0$ в Ω , откуда с учетом соотношений (13) вытекает равенство $\operatorname{Re}\Phi_1(z) = 0$, то есть $\Phi_1(z) = ic_0$, $z \in \Omega$, что и требовалось доказать.

Рассмотрим однородное уравнение вида

$$\Psi(z) - \iint_K \overline{h(z;\zeta)} \Psi(\zeta) d\xi d\eta = 0, \quad (19)$$

союзное уравнению (18).

Непосредственной подстановкой убеждаемся в том, что $\Psi(z) = |\varphi'(z)|^2$ является решением уравнения (19). Следовательно, для разрешимости уравнения (16) необходимо и достаточно, чтобы выполнялось условие

$$\iint_K B[l(w_3)](z) |\varphi'(z)|^2 d\alpha^1 d\alpha^2 = 0. \quad (20)$$

Тогда решение уравнения (16) можно представить в виде

$$\Phi_1(z) = \Phi_1[l(w_3)](z) + ic_2, \quad \Phi_1[l(w_3)](z) = \Re_1 B[l(w_3)](z), \quad z \in K, \quad (21)$$

где $\mathfrak{R}_1 g$ – линейный ограниченный оператор в $C_\alpha(\overline{K})$, существование которого следует из третьей теоремы Фредгольма [7, с.91]. Причем, при выполнении условий $a)$, $b)$ решение $\Phi_1(z) \in C_\alpha(\overline{K})$ уравнения (16) принадлежит пространству $W_p^{(1)}(K)$, $2 < p < 2/(1-\beta)$.

Пусть $\zeta = \psi(z)$ – функция, обратная $z = \varphi(\zeta)$. Известно [8, с.25], что $\psi(z) \in C_\beta^1(\overline{\Omega})$. Тогда, очевидно, $\Phi_1(\psi(z)) \in W_p^{(1)}(\Omega)$, $2 < p < 2/(1-\beta)$.

Подставляя выражения (21) в (11), а затем (11) во вторую формулу (13), для $\Phi_2'(\psi(z))$ получаем представление вида

$$\Phi_2'(\psi(z)) = \Phi_2'[l(w_3)](\psi(z)) - (d_1 - d_2)c_2 b'(z), \quad z \in \Omega, \quad (22)$$

$$\Phi_2'[l(w_3)](\psi(z)) = -\frac{\psi'(z)}{2\pi} \int_{\partial K} \frac{h_0[l(w_3)](t)}{t(t-\psi(z))} dt, \quad b'(z) = S_\Gamma(\bar{t})(z),$$

$$h_0[l(w_3)](t) = |\varphi'(t)| \overline{l(w_3)(\varphi(t))} + t\varphi'(t) Sd[\Phi_1[l(w_3)]]^+(\varphi(t)) + \mu_3 \overline{t\varphi'(t)\Phi_1[l(w_3)](t)}/2.$$

Отсюда в свою очередь будем иметь

$$\Phi_2(\psi(z)) = \Phi_2[l(w_3)](\psi(z)) - (d_1 - d_2)c_2 b(z) + c_3 + ic_4, \quad z \in \Omega, \quad (23)$$

$$\Phi_2[l(w_3)](\psi(z)) = \frac{1}{2\pi} \int_{\partial K} \ln\left(1 - \frac{\psi(z)}{t}\right) \frac{h_0[l(w_3)](t)}{t} dt, \quad b(z) = T_\Gamma(\bar{t})(z),$$

где $c_i (i=2,3,4)$ – произвольные действительные постоянные; под $\ln(1-\psi(z)/t)$ понимается ветвь, которая обращается в нуль при $\psi(z)=0$. Причем, легко показать, что $\Phi_2'(\psi(z)) \in W_p^{(1)}(\Omega)$, $2 < p < 2/(1-\beta)$.

Теперь если выражения (21), (23) подставить в (6), то для тангенциальных перемещений w_1 , w_2 , удовлетворяющих первым двум уравнениям в (1) и граничным условиям (3), при выполнении условий (12), (20) получим представление

$$\omega_0(z) = H_0 w_3 + \omega_{0*}, \quad z \in \Omega, \quad (24)$$

$$H_0 w_3(z) \equiv H_0[f(w_3); l(w_3)](z) = \Phi_2[l(w_3)](\psi(z)) + iTd[\Phi_1[l(w_3)](\psi(\zeta)) + Tf(w_3)(\zeta)](z), \quad \omega_{0*} = c_2 \bar{z}/(1-\mu) + c_3 + ic_4.$$

Условия разрешимости (12), (20) после преобразования представимы в виде

$$\int_{\Gamma} P^j(s) ds + \iint_{\Omega} R^j d\alpha^1 d\alpha^2 = 0, \quad j=1,2, \quad (25)$$

$$\int_{\Gamma} (\alpha^1 P^2 - \alpha^2 P^1) ds + \iint_{\Omega} (\alpha^1 R^2 - \alpha^2 R^1) d\alpha^1 d\alpha^2 = 0.$$

Переходим к нахождению функций ψ_1, ψ_2 из последних двух уравнений в (1).

Для углов поворота ψ_1, ψ_2 , удовлетворяющих условиям в (2) и (4), получаем представление

$$\psi = \psi_2 + i\psi_1 = (I - K_0)^{-1} H_0[g(w_3); \tilde{\varphi}_2(w_3)], \quad (26)$$

$$\tilde{\psi} = k_0(\psi_1 + i\psi_2)/2, \quad g \equiv g(w_3) = (g_1 + ig_2)/2, \quad g_j \equiv g_j(w_3);$$

При этом должно выполняться условие разрешимости, которое, поступая как и выше, можно привести к виду

$$\beta_1 \left(\int_{\Gamma} N^1(s) ds + \iint_{\Omega} L^1 d\alpha^1 d\alpha^2 \right) - k_0 \iint_{\Omega} \psi_1 d\alpha^1 d\alpha^2 = 0, \quad (27)$$

Условие (27) при углах поворота (26) выполняется тождественно.

Подставляя найденные значения тангенциальных перемещений w_1, w_2 , углов поворота ψ_1, ψ_2 и их производных первого порядка из (24), (26) в третье уравнение системы (1), сводим задачу А, с учетом условия $w_3 = 0$ на Γ , к уравнению

$$w_{3\alpha^1\alpha^1} + w_{3\alpha^2\alpha^2} + K_1 w_3 + G_1 w_3 = 0,$$

$$w_3 + K w_3 + G w_3 = 0, \quad (28)$$

$$K w_3 = \iint_{\Omega} H(\zeta, z) K_1 w_3(\zeta) d\xi d\eta, \quad G w_3 = \iint_{\Omega} H(\zeta, z) G_1 w_3(\zeta) d\xi d\eta$$

$H(\zeta, z)$ – гармоническая функция Грина для единичного круга. Kw_3 – линейный вполне непрерывный, Gw_3 – нелинейный ограниченный операторы в $W_p^{(2)}(\Omega)$, $2 < p < 2/(1 - \beta)$.

Уравнение $w_3 + Kw_3 = 0$ имеет только тривиальное решение в $W_p^{(2)}(\Omega)$, $2 < p < 2/(1 - \beta)$. Следовательно, существует обратный оператор $(I + K_0)^{-1}$, ограниченный в $W_p^{(2)}(\Omega)$, $2 < p < 2/(1 - \beta)$, с помощью которого уравнение (28) сведется к эквивалентному

$$w_3 + G_* w_3 = 0, \quad G_* w_3 = (I + K)^{-1} G w_3 \quad (29)$$

Из вышеустановленных свойств оператора Gw_3 следует, что $G_* w_3$ – нелинейный ограниченный оператор в $W_p^{(2)}(\Omega)$, $2 < p < 2/(1 - \beta)$.

Предположим, что радиус r шара и внешние силы, действующие на оболочку, таковы, что выполняются условия

$$q_* < 1, \quad \|G_*(0)\|_{W_p^{(2)}(\Omega)} < (1 - q_*)r. \quad (30)$$

В этих условиях к уравнению (29) можно применить принцип сжатых отображений [9, с.146], согласно которому уравнение (29) в шаре $\|w_3\|_{W_p^{(2)}} < r$ имеет единственное решение $w_3 \in W_p^{(2)}(\Omega)$, $2 < p < 2/(1 - \beta)$.

Теорема. Пусть выполнены условия а), б), неравенства (30). Тогда для разрешимости геометрически нелинейной задачи равновесия для пологих упругих оболочек типа Тимошенко при граничных условиях (2) – (4) необходимо и достаточно, чтобы выполнялись условия (25). В случае их выполнения задача имеет обобщенное решение $a = (w_1, w_2, w_3, \psi_1, \psi_2) \in W_p^{(2)}(\Omega)$, $2 < p < 2/(1 - \beta)$.

Литература

1. Галимов К.З. Основы нелинейной теории тонких оболочек. – Изд-во Казан. ун-та, 1975.
2. Тимергалиев С.Н., Харасова Л.С. Исследование разрешимости одной краевой задачи для системы нелинейных дифференциальных уравнений теории пологих оболочек типа Тимошенко // Дифференциальные уравнения. – 2016. – Т.52. - №5. – С.651-664.
3. Timergaliev S.N., Kharasova L.S. On the existence of solutions of one nonlinear boundary-value problem for shallow shells of Timoshenko type with simply supported edges // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 158. - Code 012092.
4. Харасова Л.С. К вопросу о разрешимости одной геометрически нелинейной краевой задачи для оболочек типа Тимошенко с шарнирно опертыми краями // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – 2017. - № 3 (76). – С.28-35.
5. Тимергалиев С.Н., Харасова Л.С. К проблеме разрешимости одной геометрически нелинейной краевой задачи для системы дифференциальных уравнений теории пологих оболочек типа Тимошенко // Актуальные проблемы физико-математического образования: материалы II Международной научно-практической конференции (20-22 октября, 2017г., Наб. Челны). - Набережные Челны: НГПУ, 2017. – С.50-51.
6. Гахов Ф.Д. Краевые задачи. – М.: Физматгиз, 1963.
7. Михайлов В.П. Дифференциальные уравнения в частных производных. – М.: Наука, 1976.
8. Векуа И.Н. Обобщенные аналитические функции. – М.: Наука, 1988.
9. Красносельский М.А. Топологические методы в теории нелинейных интегральных уравнений. – М.: Гостехиздат, 1956.

Kharasova L.S., senior lecturer, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal University, kharasova.liya@mail.ru

THE STUDY OF SOLVABILITY OF ONE OF THE GEOMETRICALLY NONLINEAR BOUNDARY VALUE PROBLEMS FOR SYSTEMS OF DIFFERENTIAL EQUATIONS OF THE SHALLOW SHELL THEORY OF THE TIMOSHENKO TYPE.

Abstract. The article is devoted to the solvability of a geometrically nonlinear equilibrium problem for shallow elastic homogeneous Timoshenko-type shells with simply supported edges in an arbitrary field. The research consists in reduction the original problem to one nonlinear operator equation. The solvability is established by the principle of contracting mappings. The method based on integral representations for displacements, which are built with the assistance of the general solutions of the nonhomogeneous equation of Cauchy-Riemann.

Key word: system of nonlinear differential equations, boundary problem, equilibrium equations, integral images, existence theorem.

УДК 502.35; 656.1

Макарова И.В., доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Маврин В.Г., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Магдин К.А., Набережночелнинский институт (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

ВЛИЯНИЕ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Аннотация. В статье отмечено, что автомобильный транспорт является источником значительного шумового загрязнения. Проанализировано негативное воздействие шума на организм человека. Представлены результаты натурных обследований шумового загрязнения от автотранспорта участка улично-дорожной сети г. Набережные Челны. Отмечено, что измеренный уровень звука на участке значительно превышает предельно допустимый. Проанализированы основные методы и мероприятия для защиты от шума.

Ключевые слова: экологическая безопасность; транспортные потоки; шумовое загрязнение

Известно, что автомобильный транспорт является источником значительного негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека. Считается, что основной ущерб окружающей среде от автотранспорта возникает в результате выбросов отработавших газов. Так, согласно государственному докладу о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации автомобильный транспорт находится на первом месте по объемам выбросов загрязняющих веществ страны. При этом его доля с каждым годом увеличивается [1, с.272-274].

Однако такому экологическому аспекту автотранспорта, как шум, должного внимания не уделяется, а его воздействие на организм человека до конца не изучено. Между тем, наибольшая площадь шумового загрязнения на территории городов (до 80%) обусловлена воздействием автотранспортных потоков.

Шум – это звуковые колебания в диапазоне слышимых частот, способные оказать вредное воздействие на безопасность и здоровье человека. Согласно Всемирной организации здравоохранения, шум является второй по значимости экологической проблемой для здоровья человека после качества атмосферного воздуха. При воздействии на человека шума уровня 40 дБ и выше в среднем в течение года возможны негативные последствия для здоровья, такие как нарушение сна и пробуждение. При долгосрочном среднем воздействии уровня шума выше 55 дБ повышается кровяное давление, угнетается центральная нервная система, изменяется скорость дыхания и пульса, нарушается обмен веществ, возникают сердечно-сосудистые заболевания, язвы желудка, гипертонические болезни, психические расстройства [2, с.10, 3, с. 114–119]. Опасность шумового воздействия усугубляется свойством человеческого организма накапливать акустические раздражения.

Согласно исследованиям, шум от автотранспортных потоков представляет наибольшую опасность для здоровья человека, так как автотранспортный поток является источником постоянного линейного шума в непосредственной близости от мест проживания. Установлено, что в жилых помещениях население острее реагирует на более низкие уровни транспортного

шума по сравнению с населением, находящимся на тротуарах и примагистральной территории. Существенные сдвиги обнаружены при уровне шума 40-50 дБА со стороны органа слуха, центральной нервной системы, зрительного анализатора. Отмечено, что особенно интенсивно растёт доля ночного времени, когда люди наиболее чувствительны к шуму, с повышающимися уровнями шума. В Европейском союзе социальные потери негативного воздействия шума от автотранспорта на организм человека оцениваются в €40 млрд. [4, с.13].

Кроме того, шум от автотранспортных потоков проявляется на рабочих местах, особенно при открытых окнах, что негативно сказывается на производительность труда [5 с. 148–157]. Так, экономика США ежегодно теряет \$3,9 млрд. из-за снижения производительности труда, вызванного негативным воздействием шума от автотранспорта [6 с. 345-353].

Также в местах с высоким уровнем шума отмечается высокая концентрация загрязняющих веществ в приземных слоях атмосферного воздуха. Например, обнаружена прямая зависимость между значениями эквивалентного уровня шума от автотранспортных потоков и концентраций в атмосферном воздухе мельчайших частиц [7 с. 130-137].

Город Набережные Челны является центром одной из ведущих агломераций, формирующим совместно с городами Нижнекамск и Елабуга, Камский инновационный территориально-производственный кластер. Географическое положение и развитая транспортно-производственная инфраструктура г. Набережные Челны делают его центром тяготения материальных, а, соответственно, и транспортных потоков. Такая концентрация основных видов магистрального транспорта превращает г. Набережные Челны в мощнейший транспортный узел не только регионального, но и международного значения. Поэтому, показатели вклада автотранспорта в шумовое загрязнение окружающей среды города крайне высокие и сопоставимы с данными, характерными для крупных мегаполисов.

Для измерения шумовых характеристик транспортного потока, а также оценки влияния параметров транспортных потоков на уровень шума, необходимо произвести натурные обследования проблемных участков улично-дорожной сети, так как они являются наиболее эффективным методом анализа ситуации на дорогах. Натурные исследования заключаются в фиксации конкретных условий и показателей дорожного движения, фактически происходящего в течение заданного периода времени. Эта группа методов в настоящее время наиболее распространена и отличается большим многообразием. Натурные исследования являются единственным способом получения достоверной информации о состоянии дорог и позволяют дать точную характеристику существующих транспортных и пешеходных потоков [8 с. 139-150].

Согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 20444-2014 «Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики» при измерении шумовых характеристик транспортного потока целесообразно одновременно определять его интенсивность и скорость движения [9 с.11].

Транспортный шум относится к колеблющемуся шуму (уровень звука которого непрерывно изменяется во времени). Поэтому для характеристики колеблющегося во времени шума рекомендуется использовать величину эквивалентного уровня звука $L_{экв}$. Эквивалентный (по энергии) уровень звука представляет собой значение уровня звука постоянного источника шума, который в пределах регламентируемого интервала времени имеет то же самое среднеквадратическое значение уровня звука, что и рассматриваемый непостоянный шум, уровень звука которого изменяется во времени. По спектральному составу транспортный шум является низко- и среднечастотным и способен распространяться на значительные расстояния от источника. Измерение эквивалентного уровня звука следует проводить интегрирующими-усредняющими шумомерами 1-го или 2-го класса, соответствующими ГОСТ 17187.

Для оценки шума одним числом, учитывающим субъективную оценку его человеком, широко используется «уровень звука» (в дБА) – общий (отнесенный ко всем полосам частот) уровень звукового давления, скорректированный по кривой частотной коррекции «А», характеризующей приближенно частотную характеристику восприятия шума человеческим ухом.

Натурные исследования распределения шумового загрязнения от автотранспорта проводились в городе Набережные Челны на проспекте Мира – одном из самых загруженных участков улично-дорожной сети (рисунок 1). Для этих целей использовался шумомер 1 класса по ГОСТ 17187-2010, МЭК 60651/60804 и МЭК 61672-1 - ОКТАВА-110А.



Рис.1 – Натурные обследования

Результаты обследования показали, что измеренный уровень звука значительно превышает предельно допустимый (55 дБА) при любых измеренных значениях интенсивности потока и расстояния от дороги (таблица 1,2).

Таблица 1

Результаты измерений шумовых характеристик
при различной интенсивности автотранспортного потока

| Общее количество автомобилей | Из них | | | | | Эквив. уровень звука, дБА | Условия измерений |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------------|--------|---------------------------|-------------------|
| | Легковые | Грузовые | Автобусы | Микро-автобусы | Другие | | |
| 75 | 69 | 3 | 1 | 2 | | 73,00 | t окр = -1 °С |

| | | | | | | | |
|-----|-----|---|---|----|-----------|-------|---|
| 80 | 85 | 1 | 1 | 3 | | 75,00 | V ветра = 1 м/с Продолжительность измерений = 2 мин Скорость потока = 60 км/ч Расстояние от дороги = 7,5 м |
| 93 | 87 | 2 | 2 | 2 | | 77,50 | |
| 98 | 92 | 1 | 2 | 3 | | 77,70 | |
| 116 | 106 | 1 | 1 | 8 | | 78,40 | |
| 126 | 112 | 0 | 1 | 13 | | 78,70 | |
| 131 | 116 | 3 | 3 | 8 | 1 трактор | 78,80 | |
| 135 | 122 | 7 | 2 | 4 | | 79,20 | |
| 138 | 129 | 3 | 2 | 4 | | 79,40 | |
| 151 | 138 | 0 | 2 | 11 | | 79,70 | |
| 151 | 140 | 1 | 4 | 6 | | 79,70 | |
| 156 | 142 | 2 | 1 | 11 | | 79,80 | |
| 164 | 157 | 1 | 1 | 6 | | 79,90 | |
| 173 | 162 | 3 | 4 | 4 | | 80,00 | |
| 181 | 170 | 3 | 5 | 3 | | 80,10 | |
| 189 | 185 | 1 | 1 | 2 | | 80,20 | |
| 200 | 190 | 3 | 2 | 5 | | 80,30 | |

Таблица 2

Таблица 2

Результаты измерений шумовых характеристик
при различном расстоянии от дороги

| Расстояние от дороги | Эквивалентный уровень звука дБА | Максимальный уровень звука дБА | Минимальный уровень звука дБА | Условия измерений |
|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|
| 0 | 79,9 | 83,1 | 78,4 | t окр = -1 °С V ветра = 1 м/с Продолжительность измерений = 2 мин Скорость потока = 60 км/ч Расстояние от дороги = 7,5 м |
| 2 | 78,5 | 78,8 | 73,1 | |
| 5 | 77,2 | 78,3 | 73,0 | |
| 8 | 74,2 | 74,4 | 71,7 | |
| 10 | 72,0 | 74,2 | 71,5 | |
| 15 | 68,8 | 70,6 | 68,3 | |
| 20 | 67,8 | 68,2 | 67,5 | |
| 25 | 66,1 | 66,6 | 65,3 | |

В результате проведенного корреляционного анализа был сделан вывод, что при текущих параметрах транспортного потока (высокой интенсивности движения со значительном преобладанием в структуре транспортного потока легковых автомобилей) на эквивалентный уровень звука оказывает влияние общее количество автомобилей, тогда как влияние отдельных групп автомобилей (грузовых, автобусов и микроавтобусов и других видов) незначительное (таблица 3).

Таблица 3

Зависимость эквивалентного уровня звука

от количества и состава транспортного потока

| Факторы | Зависимость эквивалентного уровня звука от факторов (значение коэффициента корреляции) |
|--------------------------------|--|
| Кол-во автомобилей | 0,869 |
| Кол-во легковых автомобилей | 0,834 |
| Кол-во грузовых автомобилей | 0,023 |
| Кол-во автобусов | 0,375 |
| Кол-во микроавтобусов | 0,317 |
| Кол-во других видов транспорта | 0,017 |

Для определения аналитического вида зависимости уровня звука от интенсивности движения был проведен регрессионный анализ. В результате анализа была найдена регрессионная функция $f(x) = 84,542 - \frac{42832,62}{x^2}$, где $f(x)$ – значение эквивалентного уровня звука, x – общее число автомобилей, проезжающих в течение 2 минут, для которой коэффициент детерминации $R^2 = 0,964$ (рисунок 2). Таким образом, регрессионная функция достаточно точно описывает зависимость эквивалентного уровня звука от числа автомобилей.

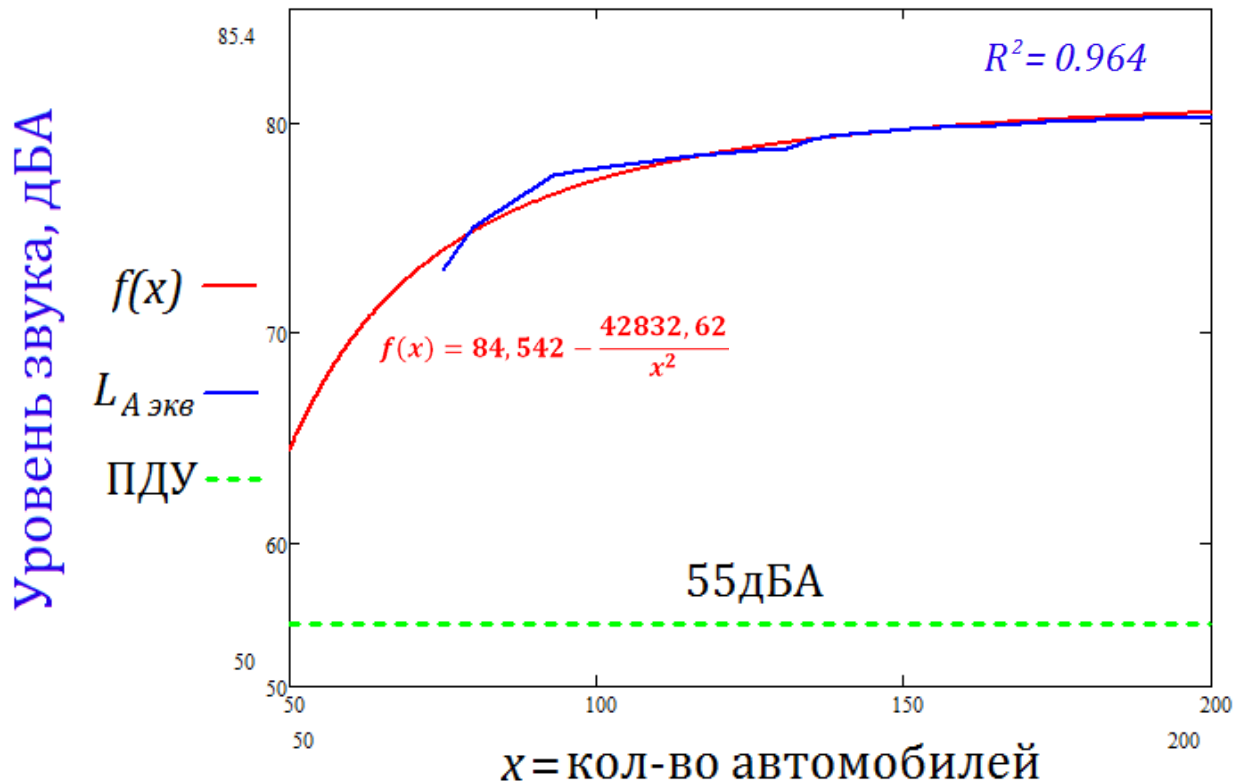


Рис. 2 – Зависимость уровня звука от числа автомобилей

Регрессионная функция зависимости эквивалентного уровня звука от расстояния до автодороги (источника шума) имеет вид: $g(l) = 79,2267 - 0,5802 \cdot l$, где $g(l)$ – значение эквивалентного уровня звука, l – расстояние до источника шума. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,955$ (рисунок 3). Таким образом, в интервале от 0 до 41 м уровень звука превышает предельно допустимое значение, и нахождение в этом интервале может оказывать негативные последствия на здоровье человека.

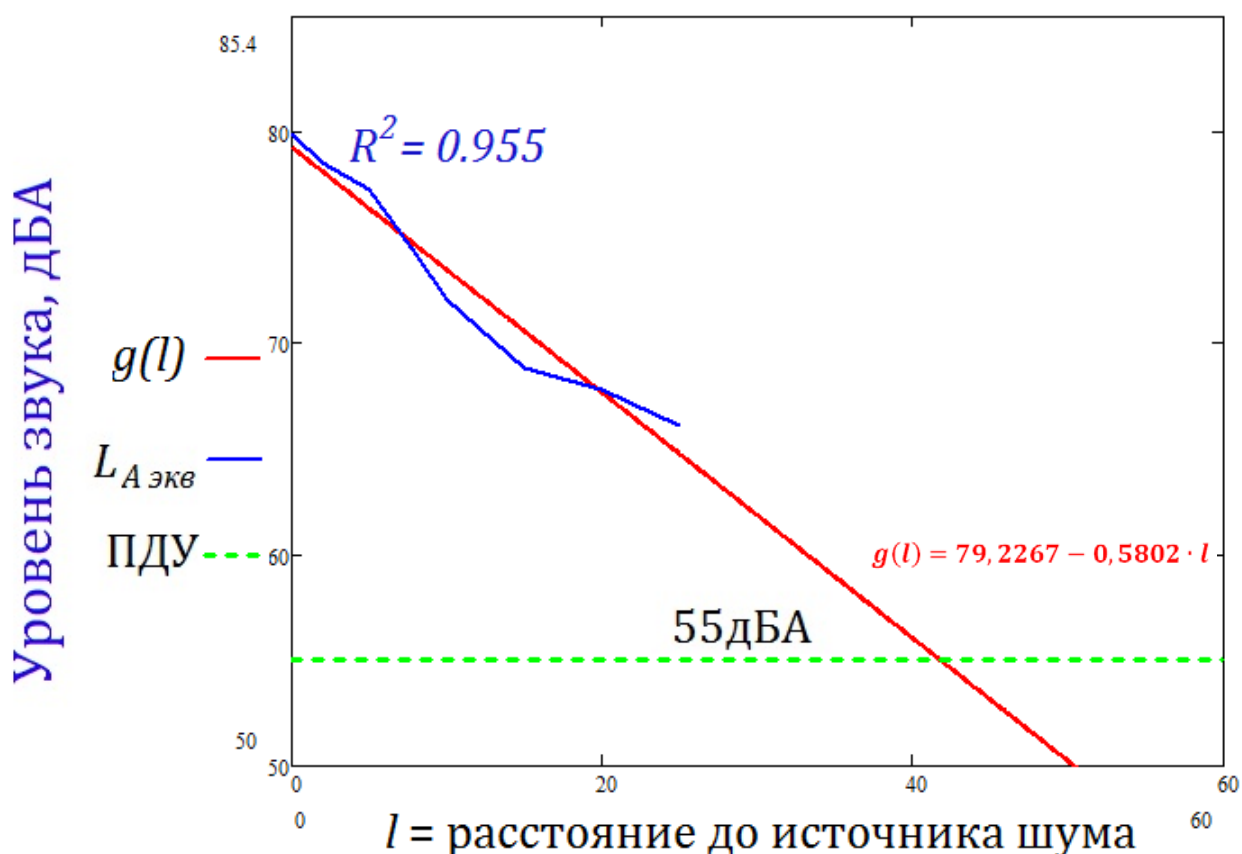


Рис. 3 – Зависимость уровня звука от расстояния до источника шума
Для защиты от шума могут применяться следующие основные методы:

1. Технические – устранение причин шумообразования или ослабление его в источнике возникновения;
2. Планировочные – снижение уровня шума по пути его распространения;
3. Организационные или административные.

Наиболее радикальными и затратными являются технические меры, которые направлены на источники шума. Однако эффективность мероприятий по снижению шума эксплуатируемых автомобилей довольно мала. Снижения

или устранения шума в источнике следует добиваться, прежде всего, в процессе проектирования.

Снижению шума в городе должно способствовать создание малошумных средств транспорта, таких, как электромобили, автомобили с гибридными двигателями, высокоэффективными глушителями и дожигателями газов. Однако автомобильная промышленность не может быть перестроена в короткие сроки для производства новых видов транспорта. Малошумные автомобили или электромобили не смогут заменить весь парк современных автомобилей. Поэтому в борьбе с городским транспортным шумом следует использовать в первую очередь средства архитектурно-планировочного, строительного и организационного характера.

Уменьшение уровней шумов, проникающих в помещения от внешних источников, должно обеспечиваться рациональной планировкой помещения, соблюдением мероприятий по звукоизоляции ограждающих конструкций (стен, потолка и пола), санитарно-технического и инженерного оборудования зданий.

Защита территории жилой застройки от транспортных шумов должна осуществляться рациональными градостроительными средствами. В этом случае средствами защиты от городских шумов являются расстояние, применение искусственных экранирующих средств и растений.

С целью снижения отрицательного шумового воздействия от транспортного потока наряду с другими шумозащитными сооружениями и техническими и организационными мероприятиями используют акустические экраны. Шумозащитные экраны снижают транспортный шум за счет поглощения, изменения длины волны, отражения, или дифракции. Шумозащитные экраны устанавливаются вдоль дорог, обычно имеют вид стены, насыпи или их комбинации. Выбор вида экрана выполняется с учетом доступности территории, вида материала, его стоимости, эстетики и удобств для населения. Также в качестве экранов можно использовать здания и сооружения с пониженными требованиями к шумовому режиму (предприятия бытового обслуживания, торговли, общественного питания, коммунальные;

общественные и культурно-просветительные, административно-хозяйственные учреждения). В этом случае их следует размещать вдоль источников шума в виде фронтальной, по возможности непрерывной, застройки.

Кроме того, хорошо поглощают звук растения. Даже хвойные растения позволяют уменьшить уровень издаваемого автомобилями шума на 6-9 дБ. Положительных результатов в борьбе с шумом удастся достигнуть применением специальных методов посадки – в несколько рядов. Лучшие показатели демонстрирует комбинация деревьев и кустарников [10 с. 86 - 101]. Однако, согласно исследованиям, растения неэффективны в борьбе с шумом низкой частоты. Поэтому для защиты от шума от грузовых автомобилей и больших автобусов, учитывая преобладание в них низкочастотных шумов от двигателя, необходимо использовать другие мероприятия [11 с. 19–27].

Организационные и административные меры направлены на предотвращение или регулирование во времени эксплуатации тех или иных источников шума. К ним относятся перераспределение движения транспортных потоков по магистралям города; ограничение движения в разное время суток по тем или иным направлениям; изменение состава транспортных средств (например, запрет использования на некоторых улицах города грузовых автомобилей и автобусов с дизельными двигателями) и т. п.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году» [Текст]. – М.: Минприроды России; НИА-Природа. – 2017. – 746 с.
2. Health implication of road, railway and aircraft noise in the European Union. – National Institute for Public Health and the Environment, 2014. – 59 p.
3. Stansfeld, S.A., Shipley, M. Noise sensitivity and future risk of illness and mortality // Science of the Total Environment. – 2015. – Vol.520. – P. 114–119. DOI: 10.1016 / j.scitotenv.2015.03.053.

4. Nicolas Pignier. The impact of traffic noise on economy and environment: a short literature study. – KTH ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2015. - 17 p.
5. Sabine J. Schlittmeier, Alexandra Feil, Andreas Liebl and Jürgen Hellbrück. The impact of road traffic noise on cognitive performance in attention-based tasks depends on noise level even within moderate-level ranges. // *Noise Health*. – 2015/ - Vol. 17(76). – P.148–157. DOI: 10.4103/1463-1741.155845.
6. Tracy K. Swinburn, Monica S. Hammer, Richard L. Neitzel. An Economic Assessment of U.S. Environmental Noise as a Cardiovascular Health Hazard // *American Journal of Preventive Medicine*. - September 2015/ - Vol. 49. - Issue 3. - P. 345-353.
7. Shi Shu, Pu Yang, Yifang Zhu. Correlation of noise levels and particulate matter concentrations near two major freeways in Los Angeles, California. // *Environmental Pollution*. - 2014. - 193. – P. 130-137. DOI: 10.1016 / j.envpol.2014.06.025.
8. Makarova I., Khabibullin R., Mavrin V., Belyaev E. Simulation modeling in improving pedestrians' safety at non-signalized crosswalks. // *TRANSPORT PROBLEMS*. – 2016. – Vol. 11. - Issue 4. – P. 139-150.
9. ГОСТ 20444-2014. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики: Межгосударственный стандарт 20444-2014: [взамен ГОСТ 20444-85: введен 01.07.2015] / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации по переписке; [подготовлен ФГБУ "Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук" (НИИСФ РААСН)]. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 24 с.
10. Van Renterghem, T., Forssen, J., Attenborough, K. et al. Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. // *Applied Acoustics*. – 2015. – Vol. 92. - P. 86 - 101. DOI: 10.1016 / j.apacoust.2015.01.004.
11. Van Renterghem, T., Attenborough, K., Maennel, M. et al. Measured light vehicle noise reduction by hedges. // *Applied Acoustics*. – 2014. – Vol.78. – P. 19–27. DOI: 10.1016 / j.apacoust.2013.10.011.

Makarova I.V. Doctor of Sciences (Tech.), professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

Mavrin V.G. Candidate of technical Sciences, assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

Magdin K.A. Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

IMPACT OF NOISE POLLUTION OF AUTOMOBILE TRANSPORT ON THE ENVIRONMENT OF URBANIZED TERRITORIES

Abstract. The article notes that road transport emits significant noise pollution. The negative impact of noise on the human body is analyzed. The results of field surveys of noise pollution from vehicles of the site of Naberezhnye Chelny road network are presented. It is noted that the measured sound level at the site is much higher than the maximum acceptable sound level. The main methods and measures for noise protection have been analyzed.

Key words: environmental safety; traffic flows; noise pollution

УДК 539.3

Сибгатуллин Э.С., доктор физико-математических наук, профессор, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Сибгатуллин К.Э., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Новоселов О.Г., аспирант, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАССИВОВ

Аннотация: Данная работа является развитием кинематического метода теории предельного равновесия. В рамках работы были рассмотрены изотропные тела, по-разному сопротивляющиеся растяжению и сжатию. С использованием жесткопластической модели деформируемого твердого тела, соотношений теории пластического течения и гипотез кинематического характера, получены параметрические уравнения предельной поверхности для конечного элемента в форме прямоугольной призмы. Массивные элементы конструкций предложено разбить на объемные абсолютно жесткие конечные элементы (АЖКЭ), которые имеют, в общем случае, произвольную форму и шесть степеней свободы в трехмерном пространстве. Процесс разрушения тела идет по бесконечно тонким поверхностям между соседними АЖКЭ.

Задача сведена к стандартной задаче линейного программирования, которая решается с использованием симплекс-метода.

Ключевые слова: массивные тела, параметрические уравнения предельной поверхности, прочность, трехмерное напряженное состояние, предельная несущая способность.

Пространственные задачи механики деформируемого твердого тела имеют место, когда все три измерения тела (ширина, высота, длина) являются величинами одного порядка (например, при проектировании массивных фундаментов под тяжелое промышленное оборудование, при определении несущей способности грунтовых массивов и т.п.). Определение несущей способности массивных элементов конструкций, оставаясь при этом в пространствах напряжений σ_{ik} ($i, k = \overline{1,3}$) и деформаций ε_{ik} , является трудной задачей даже при использовании современной мощной вычислительной техники. В настоящей работе предложено представить массивное тело как совокупность КЭ в виде прямоугольных призм и тетраэдров. Выведены уравнения для вычисления предельных комбинаций внутренних сил T_{ik} и моментов M_{ik} , действующих на грани этих элементов. Приведены примеры расчетов.

Вывод параметрических уравнений предельной поверхности для КЭ в форме прямоугольной призмы в пространстве T_{ik} и M_{ik} .

Параметрические уравнения предельной поверхности в пространстве T_{ik} и M_{ik} для изотропных оболочек впервые приведены в работе А.А. Ильюшина [1, с.375]. В дальнейшем этот подход был развит в работах Г.С. Шапиро [2, с.504-507], А. Савчука [3, с.153-161], И.Г. Терегулова, Э.С. Сибгатуллина, О.А. Маркина [4, с.715-720] и др. Для массивных элементов аналогичные уравнения приведены в работе Э.С. Сибгатуллина., К.Ф. Исламова [5, с.5-13].

Уравнение предельной поверхности для материала в пространстве σ_{ik} имеет вид:

$$\Phi(\vec{\sigma}) \equiv (\vec{\sigma}^T A \vec{\sigma} + 2\vec{B}^T \vec{\sigma} - 1) = 0. \quad (1)$$

Здесь $A = \|a_{ik}\|$ - симметрическая матрица ($i, k = \overline{1,6}$), $\vec{B} = \{b_1, \dots, b_6\}^T$, $\vec{\sigma} = \{\sigma_1, \dots, \sigma_6\}^T$; индекс T означает транспонирование. Между одинарными и двойными индексациями здесь и далее установлены следующие зависимости: $11 \rightarrow 1$; $22 \rightarrow 2$; $33 \rightarrow 3$; $12 \rightarrow 4$; $23 \rightarrow 5$; $31 \rightarrow 6$. Критерий прочности (1) является частным случаем критерия Малмейстера [6, с.519].

Используя ассоциированный с условием (1) закон изменения скоростей деформаций $\dot{\epsilon}_i$ [7, с.420], находим:

$$\dot{\epsilon}_i = \lambda \frac{\partial \Phi}{\partial \sigma_i} \equiv 2\lambda(\vec{A}_i \vec{\sigma} + b_i), \quad i = \overline{1,6}. \quad (2)$$

Здесь $\dot{\lambda}(\dot{\epsilon}_i) \geq 0$; \vec{A}_i - i -я строка матрицы A ; b_i - i -й элемент вектора \vec{B} . Решая систему уравнений (2) относительно σ_i , находим:

$$\sigma_i = \left[\left(\frac{1}{2\lambda} \right) \sum_{k=1}^6 \delta_{ik} \dot{\epsilon}_k - \Delta_i \right] / \Delta. \quad (3)$$

Здесь $\delta_{ik} = \delta_{ki}$ - алгебраические дополнения элемента a_{ik} матрицы A ; Δ - детерминант матрицы A ; Δ_i - детерминант, который получен при замене i -го столбца Δ на вектор \vec{B} . Подставляя (3) в (1), получаем:

$$\dot{\lambda}^2 = \sum_{i=1}^6 \sum_{k=1}^6 \delta_{ik} \dot{\epsilon}_i \dot{\epsilon}_k / S_\Delta. \quad (4)$$

Здесь $S_\Delta = 4 \sum_{i=1}^6 b_i \Delta_i + \Delta$.

Примем следующие гипотезы кинематического характера:

$$\begin{aligned} \dot{\epsilon}_{11} &= \dot{\epsilon}_{11} + \dot{\alpha}_{21} \xi_2 - \dot{\alpha}_{31} \xi_3; & \dot{\epsilon}_{12} &= 0.5(\dot{\gamma}_{12} - \dot{\alpha}_{11} \xi_3 + \dot{\alpha}_{22} \xi_3); \\ \dot{\epsilon}_{22} &= \dot{\epsilon}_{22} - \dot{\alpha}_{12} \xi_3 + \dot{\alpha}_{32} \xi_1; & \dot{\epsilon}_{23} &= 0.5(\dot{\gamma}_{23} - \dot{\alpha}_{22} \xi_1 + \dot{\alpha}_{33} \xi_1); \\ \dot{\epsilon}_{33} &= \dot{\epsilon}_{33} + \dot{\alpha}_{13} \xi_2 - \dot{\alpha}_{23} \xi_1; & \dot{\epsilon}_{31} &= 0.5(\dot{\gamma}_{31} - \dot{\alpha}_{33} \xi_2 + \dot{\alpha}_{11} \xi_2). \end{aligned} \quad (5)$$

Начало подвижной системы координат $O\xi_1\xi_2\xi_3$ располагается в центрах граней рассматриваемой прямоугольной призмы, а оси ξ_1, ξ_2, ξ_3 параллельны соответствующим ребрам этой призмы. Скорости обобщенных перемещений $\dot{\epsilon}_{ik}, \dot{\alpha}_{ik}, \dot{\gamma}_{ik}$ постоянны в пределах рассматриваемой грани призмы. В соответствии с (5) грани прямоугольной призмы перемещаются поступательно и поворачиваются относительно соответствующих осей ξ_1, ξ_2, ξ_3 , а также испытывают сдвиги.

Подставив (5) в (3), получаем:

$$\sigma_i = \frac{1}{2\dot{\lambda}\Delta} \left\{ \sum_{k=1}^6 \delta_{ik} \dot{e}_k + \xi_1 [\delta_{i2} \ddot{a}_{32} - \delta_{i3} \ddot{a}_{23} + 0.5\delta_{i5} (\ddot{a}_{33} - \ddot{a}_{22})] \right. \\ \left. + \xi_2 [\delta_{i1} \ddot{a}_{21} + \delta_{i3} \ddot{a}_{13} + 0.5\delta_{i6} (\ddot{a}_{11} - \ddot{a}_{33})] \right. \\ \left. + \xi_3 [-\delta_{i1} \ddot{a}_{31} - \delta_{i2} \ddot{a}_{12} + 0.5\delta_{i4} (\ddot{a}_{22} - \ddot{a}_{11})] \right\} - \frac{\Delta_i}{\Delta}. \quad (6)$$

Здесь приняты обозначения:

$$i = \overline{1,6}; \dot{e}_1 \equiv \dot{e}_{11}; \dot{e}_2 \equiv \dot{e}_{22}; \dot{e}_3 \equiv \dot{e}_{33}; \dot{e}_4 \equiv 0.5\dot{\gamma}_{12}; \dot{e}_5 \equiv 0.5\dot{\gamma}_{23}; \dot{e}_6 \equiv 0.5\dot{\gamma}_{31}.$$

Подставив (5) в (4), получаем:

$$\dot{\lambda}^2 = \frac{1}{S_\Delta} \left[P_e + 2 \left(\xi_1 P_{e\ddot{a}}^{\xi_1} + \xi_2 P_{e\ddot{a}}^{\xi_2} + \xi_3 P_{e\ddot{a}}^{\xi_3} + \xi_1 \xi_2 P_{\ddot{a}}^{\xi_1 \xi_2} + \xi_2 \xi_3 P_{\ddot{a}}^{\xi_2 \xi_3} + \xi_3 \xi_1 P_{\ddot{a}}^{\xi_3 \xi_1} \right) \right. \\ \left. + \xi_1^2 P_{\ddot{a}}^{\xi_1} + \xi_2^2 P_{\ddot{a}}^{\xi_2} + \xi_3^2 P_{\ddot{a}}^{\xi_3} \right]. \quad (7)$$

Для изотропных материалов, по-разному сопротивляющихся растяжению и сжатию, уравнение (1) можно записать в виде:

$$(\sigma_{11} + c)^2 + (\sigma_{22} + c)^2 + (\sigma_{33} + c)^2 + 3d(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2) = 1. \quad (8)$$

Здесь напряжения отнесены к σ_0 , имеющей размерность напряжений. С учетом (8) имеем:

$$\delta_{ii} = 27d^3 \quad (i = \overline{1,3}); \delta_{ii} = 9d^2 \quad (i = \overline{4,6}); \delta_{ik} = 0 \quad (i \neq k); \Delta = 27d^3; \\ \Delta_i = 27cd^3 \quad (i = \overline{1,3}); \Delta_i = 9cd^2 \quad (i = \overline{4,6}); S_\Delta = (144c^2 + 27)d^3. \quad (9)$$

Тогда в (7) имеем:

$$P_e = 27d^3 (\dot{e}_{11}^2 + \dot{e}_{22}^2 + \dot{e}_{33}^2) + 2.25d^2 (\dot{\gamma}_{12}^2 + \dot{\gamma}_{23}^2 + \dot{\gamma}_{31}^2); \dots ; \\ P_{\ddot{a}}^{\xi_3} = 27d^3 (\ddot{a}_{31}^2 + \ddot{a}_{12}^2) + 2.25d^2 (\ddot{a}_{11} - \ddot{a}_{22})^2. \quad (10)$$

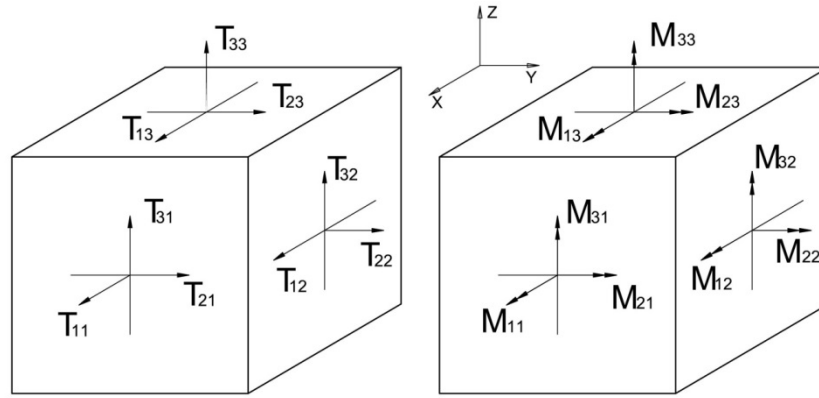


Рис. 1. ВСФ действующие на грани призмы

Внутренние силы и моменты, действующие на грани прямоугольной призмы, определяем по следующим формулам [8, с.472]:

$$T_{11} = \int_{A_1} \sigma_{11} dA; \dots; M_{23} = - \int_{A_3} \sigma_{33} \xi_1 dA. \quad (11)$$

Здесь T_{ii} – нормальные силы, $T_{ik} (i \neq k)$ – касательные силы ($i, k = \overline{1,3}$), M_{ii} – «крутящие» моменты, $M_{ik} (i \neq k)$ – «изгибающие» моменты (Рис.1); $A_1 = l_2 \cdot l_3$, $A_2 = l_1 \cdot l_3$, $A_3 = l_1 \cdot l_2$ – площади граней призмы. Внутренние элементарные силы $\sigma_{ik} dA$ приводятся к центрам площадей соответствующих граней.

Подставив (6) в (11) при учете (9), получаем:

$$T_{11} = 0,5(I_{11}\dot{e}_{11} + I_{31}\dot{a}_{21} - I_{41}\dot{a}_{31} - 2cA_1); \dots; \quad (12)$$

$$M_{33} = \frac{1}{6d} [I_{23}\dot{e}_{23} - I_{33}\dot{e}_{31} + 0,5]_{66}(\dot{a}_{33} - \dot{a}_{22}) - 0,5]_{33}(\dot{a}_{11} - \dot{a}_{33}).$$

Если известны скорости обобщенных перемещений $\dot{e}_{11}, \dots, \dot{a}_{33}$, то, используя (12), можно вычислить соответствующие силы T_{11}, \dots, M_{33} , которые соответствуют тому, что во всех точках граней КЭ в виде прямоугольной призмы удовлетворяется предельное условие (8) в (12) $I_{ik}, J_{ik}, \tilde{S}_{ik}$:

$$I_{11} = \int_{A_1} \frac{dA}{\lambda}; ; I_{22} = \int_{A_2} \frac{\xi_1 dA}{\lambda}; \dots ; J_{22} = \int_{A_2} \frac{\xi_1^2 dA}{\lambda}; J_{23} = \int_{A_3} \frac{\xi_1 \xi_2 dA}{\lambda}; \dots ; \tilde{S}_3 = \int_{A_3} \xi_2 dA. \quad (13)$$

Отметим, что, согласно (7), λ зависит от $\dot{e}_{11}, \dots, \dot{a}_{33}$.

Реализована программа для ЭВМ, позволяющая определять T_{11}, \dots, M_{33} , согласно (12), для различных комбинаций $\dot{\epsilon}_{11}, \dots, \dot{\epsilon}_{33}$. Ниже приведены некоторые результаты, полученные с использованием этой программы.

На рис.2 приведены некоторые сечения координатными плоскостями предельной поверхности в пространстве внутренних сил и моментов для случая, когда $c = 0, d=3$.

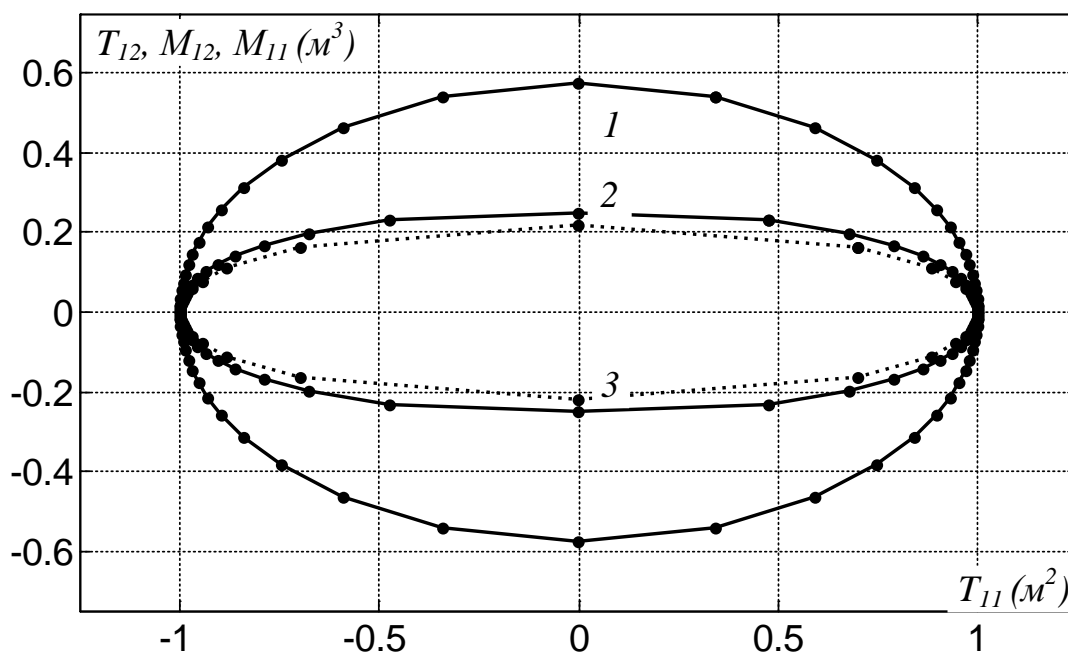


Рис. 2. Кривая 1 – предельная кривая в осях M_{31} и T_{31} , кривая 2 – предельная кривая в осях T_{31} и M_{33}

Опыт показывает, что тела часто разрушаются квазихрупко, по определенным тонким поверхностям, области между которыми не разрушаются и не претерпевают заметных пластических деформаций. При расчетах на прочность с использованием компьютеров необходимо предварительная дискретизация таких тел. Это часто осуществляют с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Метод АЖКЭ и обобщенных шарниров разрушения для общего случая деформирования пластин и оболочек разработан, в частности, авторами работ [9, с.512-516], для общего случая деформирования стержневых систем – авторами работы [10, с.64-73]. Определение коэффициента запаса прочности по несущей способности осуществлено в работе [11, с.24-27]. Тела, у которых все три измерения (длина, ширина, высота) – величины одного

порядка, называются массивными [8, с.472]. Пусть такое тело нагружено внешними поверхностными p_i и объемными γ_j силами:

$$p_i = \mu p_i^0 + p_i^1, \quad \gamma_j = \mu \gamma_j^0 + \gamma_j^1. \quad (14)$$

Здесь $p_i^0, p_i^1, \gamma_j^0, \gamma_j^1$ являются функциями только пространственных координат, μ – монотонно возрастающий параметр. Способ закрепления тела исключает возможность его перемещений и поворотов как целиком жесткого тела. Необходимо определить предельное значение μ_0 параметра внешнего нагружения, когда рассматриваемый массивный элемент теряет свойство геометрической неизменяемости. В рассматриваемом случае, когда разрушение массивного тела происходит по отдельным «бесконечно» тонким обобщенным поверхностям разрушения (ОПР) между соседними АЖКЭ, основное энергетическое уравнение [7, с.420] можно записать в следующем виде:

$$\sum_{k=1}^m \int_{S_k} N dS = \mu \left(\int_{S_0} p_i^0 v_i dS + \int_{V_0} \gamma_j^0 v_j dV \right) + \int_{S_1} p_i^1 v_i dS + \int_{V_1} \gamma_j^1 v_j dV. \quad (15)$$

Здесь S_k – площадь k -й поверхности, по которой идет разрушение; m – число таких поверхностей; S_0, S_1 – площади на поверхности тела, где действуют силы $\mu p_i^0, p_i^1$, соответственно; V_0, V_1 – объемы в составе тела, где действуют силы $\mu \gamma_j^0$ и γ_j^1 , соответственно; N – мощность внутренних силовых факторов (ВСФ), приходящаяся на единицу площади; v_i, v_j – компоненты векторов скоростей движения точек тела, где приложены силы p_i, γ_j , соответственно. На рис. 3 изображены два соседних АЖКЭ $P_1B_1\dots B_n$ и $P_2B_1\dots B_n$, контактирующие между собой через ОПР $B_1B_2\dots B_n$. Согласно теореме Шаля [12, с. 468], движение каждого из АЖКЭ в трехмерном пространстве можно рассматривать как составленный из поступательного движения вместе с его полюсом и движения около полюса как неподвижного. Скорость диссипации внутренней энергии в произвольной точке B_i ОПР (рис. 3) определяется формулой

$$N(B_i) = \vec{R}_*(B_i) \cdot \Delta \vec{v}(P_1P_2) + \vec{M}_*(B_i) \cdot \Delta \vec{\omega}(P_1P_2). \quad (16)$$

Здесь \vec{R}_* , \vec{M}_* - главный вектор и главный момент внутренних распределенных сил, приведенных в точку B_i , соответственно; они отнесены к единице площади;

$$\begin{aligned}\overline{\Delta\vec{v}}(P_1P_2) &= \vec{v}(P_2) + \vec{\omega}(P_2) \times \overline{P_2B_1} - \vec{v}(P_1) - \vec{\omega}(P_1) \times \overline{P_1B_1}; \\ \overline{\Delta\vec{\omega}}(P_1P_2) &= \vec{\omega}(P_2) - \vec{\omega}(P_1);\end{aligned}\quad (17)$$

$\vec{v}(P_1)$, $\vec{v}(P_2)$ - скорости движения полюсов P_1 и P_2 (рис. 3), соответственно; $\vec{\omega}(P_1)$, $\vec{\omega}(P_2)$ - мгновенные угловые скорости вращения соответствующих АЖКЭ около полюсов P_1 и P_2 , соответственно.

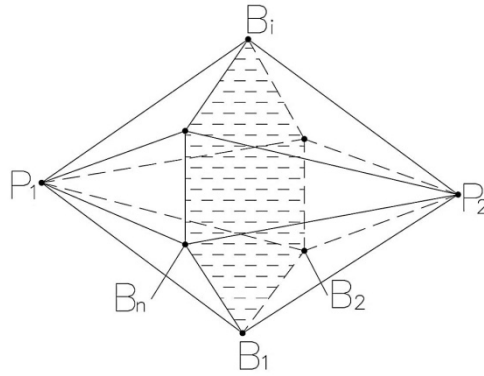


Рис. 3. Соседние АЖКЭ $P_1B_1\dots B_n$ и $P_2B_1\dots B_n$.

Равенство (16) имеет место, когда обобщение силы и скорости обобщённых перемещений связаны ассоциированным законом деформирования.

$$\Delta\vec{v} = \dot{\lambda} \frac{\partial\Phi}{\partial\vec{R}_*}, \quad \Delta\vec{\omega} = \dot{\lambda} \frac{\partial\Phi}{\partial\vec{M}_*}. \quad (18)$$

Здесь $\dot{\lambda}(\Delta\vec{v}, \Delta\vec{\omega}) \geq 0$ - скалярный множитель; $\Phi(\vec{R}_*, \vec{M}_*) = 0$ - уравнение предельной поверхности (поверхности прочности) в пространстве обобщенных сил. В соответствии с принципом максимума Мизеса имеем (рис. 3):

$$N(B_i) \geq \vec{R} \cdot \overline{\Delta\vec{v}}(P_1P_2) + \vec{M} \cdot \overline{\Delta\vec{\omega}}(P_1P_2). \quad (19)$$

Здесь \vec{R} , \vec{M} - любая комбинация обобщённых сил, удовлетворяющая уравнению предельной поверхности $\Phi(\vec{R}, \vec{M}) = 0$, но необязательно связанная ассоциированным законом деформирования с комбинацией $\overline{\Delta\vec{v}}(P_1P_2)$, $\overline{\Delta\vec{\omega}}(P_1P_2)$. Рассматриваем объемный элемент тела, имеющий единичные размеры, отнесенный к неподвижной системе координат XYZ . Внутренние силы, действующие на грани этого элемента, приводятся в центры соответствующих

граней. Главные векторы и главные моменты этих сил разлагаются по осям X, Y, Z. В итоге получаем векторы сосредоточенных сил \vec{R} и сосредоточенных моментов \vec{M} :

$$\begin{aligned}\vec{R} &= \{T_{11}, T_{12}, T_{13}, T_{21}, T_{22}, T_{23}, T_{31}, T_{32}, T_{33}\}^T; \\ \vec{M} &= \{M_{11}, M_{12}, M_{13}, M_{21}, M_{22}, M_{23}, M_{31}, M_{32}, M_{33}\}^T.\end{aligned}\quad (20)$$

Представим задачу в виде задачи линейного программирования (ЛП), которая решается с использованием симплекс-метода. Для этого вместо (16) необходимо использовать систему ограничений вида (19), где различные комбинации \vec{R} и \vec{M} соответствуют вершинам выпуклого предельного многогранника, аппроксимирующего предельную поверхность $\Phi(\vec{R}, \vec{M}) = 0$. Внешние силы, приложенные в пределах отдельных АЖКЭ, можно привести к полюсам соответствующих АЖКЭ. Задача линейного программирования:

Найти $\min \mu^+$, где

$$\mu^+ = \sum_{k=1}^m \frac{S_k}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} N_i(B_i) - \sum_{j=1}^{n_2} (\vec{F}_j^1 \vec{v}_j + \vec{M}_j^1 \vec{\omega}_j), \quad (21)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^{n_1} (\vec{F}_j^0 \vec{v}_j + \vec{M}_j^0 \vec{\omega}_j) = 1, \quad (22); \quad \left\{ N_i(B_i) \geq [\vec{R} \cdot \Delta \vec{v}(P_1 P_2) + \vec{M} \cdot \Delta \vec{\omega}(P_1 P_2)] \right\}_1. \quad (23)$$

Здесь $i = \overline{1, n_k}$; $k = \overline{1, m}$; $l = \overline{1, n_3}$; m – число ОПР; S_k – площадь k -й ОПР; n_k – число точек на k -й ОПР, в которых определяется $N_i(B_i)$; n_1 – число АЖКЭ, к которым приложены внешние активные силы, зависящие от μ ; n_2 – число АЖКЭ, к которым приложены силы, не зависящие от μ ; n_3 – число вершин предельного многогранника в пространстве ВСФ; $\vec{F}_j^0, \vec{F}_j^1, \vec{M}_j^0, \vec{M}_j^1$ – силы и моменты, полученные в результате приведения внешних сил, действующих на j -й АЖКЭ, к его полюсу; $\vec{v}_j, \vec{\omega}_j$ – скорости перемещения полюса j -го АЖКЭ и его поворота вокруг своего полюса, соответственно; $\Delta \vec{v}, \Delta \vec{\omega}$ определяются в каждой точке B_i . Число ограничений вида (23) равно произведению числа всех точек B_i на число вершин предельного многоугольника. Соотношения (21),

(22), (23) переписаны нами в проекциях на оси неподвижной системы координат XYZ. $N_i \geq 0$ являются несвободными переменными задачи ЛП, $v_j \geq 0$, $\omega_j \geq 0$ – свободными переменными. Составлена программа для ЭВМ в среде Matlab. Ниже приведены некоторые результаты расчетов, полученные с использованием этой программы.

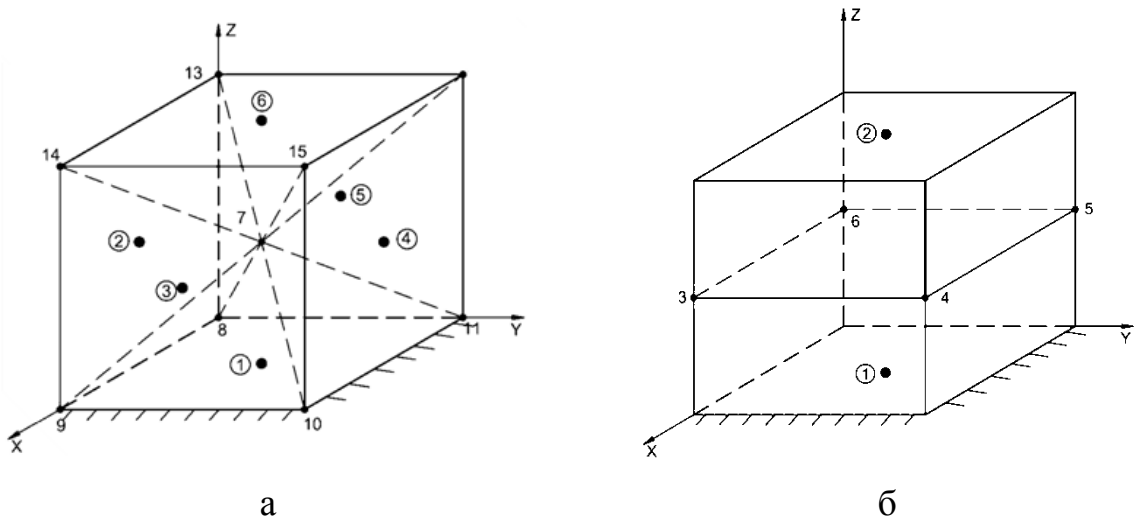


Рис. 4. Куб с размерами 1x1x1 (м) из однородного изотропного материала

На рис. 4а изображен куб с размерами 1x1x1 (м) из однородного изотропного материала. На верхнюю грань куба действует равномерное давление с интенсивностью $p = \mu r^0$. Нижняя грань куба жестко защемлена. Необходимо определить предельное значение μ_0 параметра внешней нагрузки. На рис. 4а куб разбит на 6 одинаковых АЖКЭ в форме пирамид; полюса АЖКЭ совпадают с центрами соответствующих граней куба, их номера указаны в кружечках. От 7 до 15 пронумерованы так называемые «сложные точки разрушения»; например, в точке №7 сходятся 12 ОПР, соответственно там будут 12 так называемых «простых точек разрушения», в каждой из которых должны выполняться ограничения вида (23). По условиям задачи АЖКЭ №1 неподвижен. Вершины предельного многоугольника в пространстве ВСФ (20) имеют следующие координаты: $T_{ij} = \mp 1$ (МН/м²), $M_{ij} = \mp 1$ (МНм/м²), $i, j = \overline{1,3}$. Для варианта дискретизации на рис. 4а получены следующие результаты решения рассматриваемой задачи: $\mu^+ = 1.414 \text{ МН} \cdot \text{м/с}$; $v_z(2) = v_z(3) = v_z(4) = v_z(5) = v_z(6) = -1$ м/с; остальные компоненты \vec{v} и $\vec{\omega}$ для всех АЖКЭ равны

нулю. Скорость диссипации внутренней энергии N имеет постоянное значение, равное $1\text{МН}/(\text{м} \cdot \text{с})$, на четырех ОНР 7-8-9, 7-9-10, 7-10-11, 7-11-8, т.е. процесс разрушения идет по этим плоскостям. На рис. 4б рассматриваемый куб разбит только на 2 АЖКЭ плоскостью, параллельной координатной плоскости OXY . Остальные условия задачи – прежние. Для этого варианта дискретизации куба получены следующие результаты: $\mu^+ = 1\text{МН} \cdot \text{м}/\text{с}$; $v_z(2) = -1$, остальные составляющие \vec{v} и $\vec{\omega}$ для всех АЖКЭ равны нулю; скорость диссипации $N = 1\text{МН}/(\text{м} \cdot \text{с})$ на ОНР 3-4-5-6. Процесс разрушения идет по этой плоскости в результате исчерпания прочности материала куба на сжатие.

Как видно из приведенных результатов решения рассматриваемого примера, дискретизация куба согласно рис. 2а дает значение μ^+ , завышенное на 41,4% (кинематический метод дает верхнюю оценку разрушающей нагрузки), а дискретизация согласно 2б позволяет получить точное значение $\mu^+ = \mu_0 = 1\text{МН} \cdot \text{м}/\text{с}$. При дискретизации не нужно стремиться к разбиению конструкции на большое число АЖКЭ, а нужно постараться, при минимально необходимом количестве АЖКЭ, «уловить» истинную картину разрушения.

Нами были исследованы и другие варианты нагружения рассматриваемого куба (например, различные сочетания вертикальной и горизонтальной нагрузок). Полученные результаты (которые здесь не приведены) также соответствуют, на наш взгляд, действительной картине разрушения.

Литература

1. Ильюшин А.А. Пластичность. М. -Л.: Гостеортехиздат, 1948. –375 с.
2. Шапиро Г.С. О поверхностях текучести для идеально пластических оболочек // Проблемы механики сплошной среды. - М., 1961. - С.504-507.
3. Савчук А. О теории пластических оболочек и пластин // Механика. Период. сб. перевод. иностр. статей. – 1961. – №3. - С. 153-161.

4. Терегулов И.Г., Сибгатуллин Э.С., Маркин О.А. Предельное состояние многослойных композитных оболочек // Механика композитных материалов. - 1988. - №4. - С.715-720.
5. Сибгатуллин, Э.С., Исламов К.Ф. Оценка прочности массивных элементов конструкций // Проектирование и исследование технических систем: межвузовский научный сборник ИНЭКА. - Набережные Челны, 2009. – №13. – С. 5-13.
6. Малмейстер А.К. Геометрия теорий прочности // Механика полимеров. - 1966. - №4. – С. 519-534.
7. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. – М.: Наука, 1969. – 420 с.
8. Терегулов И.Г. Сопротивление материалов и основы теории упругости и пластичности. – М.: Высшая школа, 1984. – 472 с.
9. Сибгатуллин Э.С. Определение несущей способности металлокерамической сферической оболочки / Э.С. Сибгатуллин, К.Ф. Исламов // Фундаментальные исследования. – 2015. - №9. – Ч.3. – С. 512-516.
10. Сибгатуллин К.Э. Оценка предельной грузоподъемности несущей системы самосвала КАМАЗ 65115 / К.Э. Сибгатуллин, Э.С. Сибгатуллин, В.Г. Шibaков // Перспективы науки. – 2010. - №11(13). – С. 64-73.
11. Сибгатуллин Э.С. Определение коэффициента запаса прочности объемных конечных элементов при трехосном напряженном состоянии / Э.С. Сибгатуллин, О.Г. Новоселов, К.Э. Сибгатуллин // Казань: Научно-технический вестник Поволжья. – 2016. – № 2. – С. 24-27.
12. Бухгольц Н.Н. Основы курс теоретической механики. Часть I / Н.Н. Бухгольц. – М.: Наука, 1972. – 468 с.

Sibgatullin E.S. doctor of physical and mathematical Sciences, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University.
Sibgatullin K. E. candidate of technical Sciences, assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University.
Novoselov O.G. graduate student, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University.

METHOD OF DETERMINING CARRIED CAPACITY OF MASSIVES

Annotation. This paper is the development of the kinematic method of the theory of limiting equilibrium. In the framework of this paper we have considered isotropic bodies that resist tension and compression in different ways. Using the rigid-plastic model of a deformable solid, the relations between the theory of plastic flow and the hypotheses of a kinematic nature, parametric equations of the limiting surface for a finite element in the form of a rectangular prism are obtained. Massive elements of structures are proposed to be divided into three-dimensional rigid rigid finite elements (ARFE), which have, in general, an arbitrary shape and six degrees of freedom in three-dimensional space. The process of destruction of the body method. goes along infinitely thin surfaces between neighboring ARFE. The problem is reduced to the standard problem of linear programming, which is solved using the simplex

Key words: massive bodies, parametric equations of the limiting surface, strength, three-dimensional stress state, limiting load-bearing capacity.

УДК 621.313

Паутов Г.А., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

Юрасова О.И., кандидат экономических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

Юрасов С.Ю., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ВАЛОВ ЯКОРЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация: Содержатся результаты анализа технологичности трёх конструкций якоря тяговых электродвигателей мощностью 560-755 кВт, с силой тяги 5326 кгс. В результате сравнительного анализа предложена конструкция вала якоря переменного (усиленного) сечения вместо втулочного исполнения, а также рекомендации по сборке опор и упрочнению выглаживанием рабочих шеек вала.

Ключевые слова: технологичность; запас прочности; микротрещины; втулочное исполнение; групповая взаимозаменяемость.

Анализ охватывает конструкции электродвигателей со следующим исполнением якорей: с насаживаемой по неподвижной посадке на шейки вала втулкой; безвтулочный якорь со шпоночным креплением на валу; якорь с переменным сечением диаметров вала; дискового печатного якоря. В первом случае якорные листы напрессовываются на втулку, во втором – непосредственно на валу, у якоря с переменным сечением – на наибольший, усиленный диаметр вала.

Дисковый якорь представляет собой диск, изготовленный по технологии многослойных печатных плат, а обмотка-коллектор изготовлена методом штамповки или травления (напыления).

Анализ несовершенств тяговых электродвигателей при эксплуатации на основании рекламаций: дебаланс якоря; вибрации в опорных узлах подшипников; деформация корпуса втулки; повышенный шум; микротрещины на посадочных шейках вала.

Для оценки показателей качества на основе морфологического анализа составили матрицу положительно-отрицательных характеристик рассматриваемых конструктивных исполнений, представленную в таблице 1.

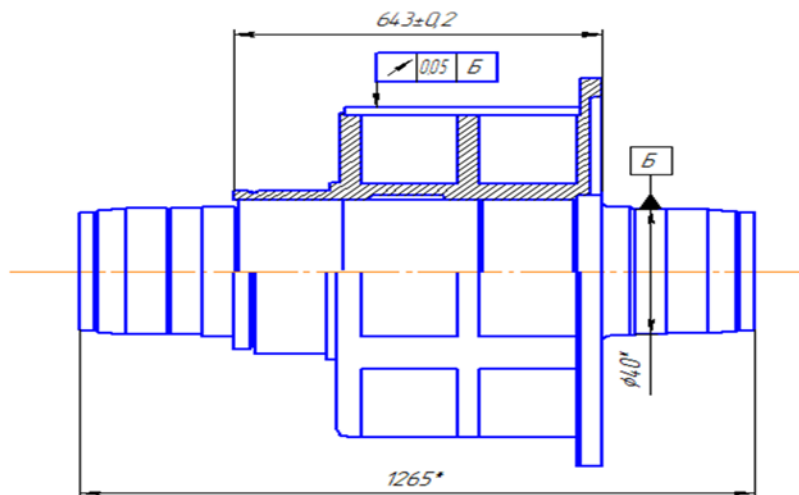
Таблица 1

Матрица положительно-отрицательных характеристик рассматриваемых конструктивных исполнений

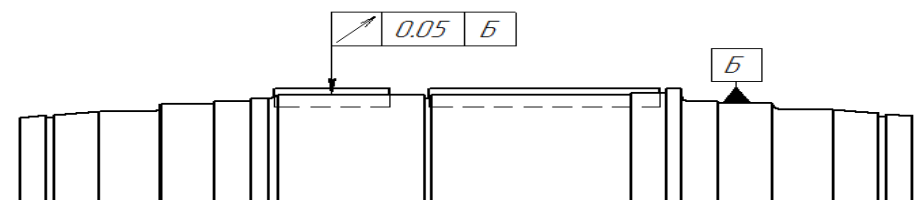
| № п/п | Конструктивное исполнение якоря | Служебные функции | Положительные характеристики | Отрицательные характеристики |
|-------|--------------------------------------|-----------------------|---|--|
| 1 | С насаживаемой на вал втулкой | Монтаж якорных листов | Меньшая материалоемкость пакета листов электротехнической стали | Дополнительное звено в сборочной цепи. Деформации рабочих поверхностей во время реверса. |
| 2 | Безвтулочный со шпоночным креплением | | Отработанная конструкция и технология производства | Высокая трудоемкость, связанная с напрессовкой якорных листов. Ослабление рабочих сечений вала из-за наличия шпоночных канавок. |
| 3 | С переменным сечением | | Устраняется промежуточное сборочное звено. | Менее технологическая конструкция заготовки |

| № п/п | Конструктивное исполнение якоря | Служебные функции | Положительные характеристики | Отрицательные характеристики |
|-------|---------------------------------|-------------------|--|--|
| | диаметров вала | | Уменьшение объема якорных пластин. Большая жёсткость конструкции. | вала |
| 4 | Дисковый печатный якорь | | Возможность получения больших крутящих моментов за счёт действия постоянного магнитного поля. Возможность создания малогабаритных изделий. Упрощение технологического процесса механообработки и сборки. | Требуется технологичная проработка конструкции. Высокая трудоёмкость подготовки и запуска в производство. |

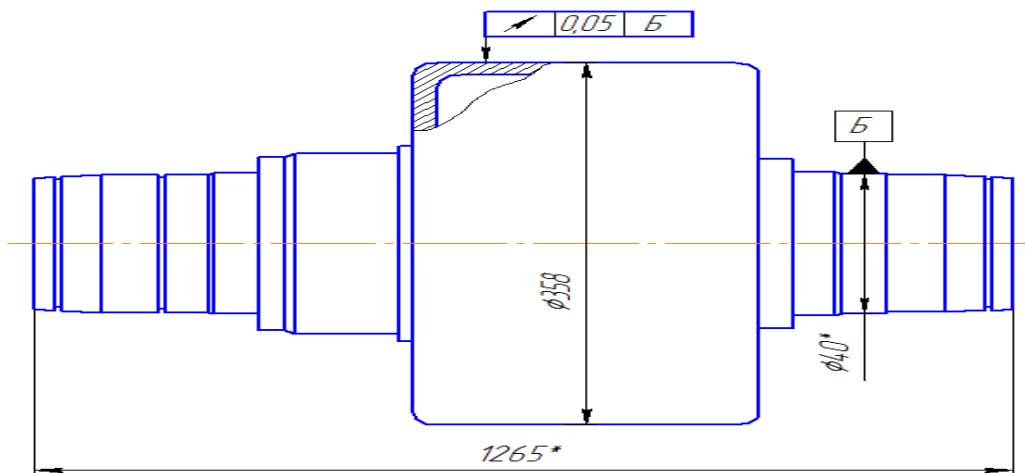
Конструкции валов рассматриваемых якорей представлены на рис. 1.



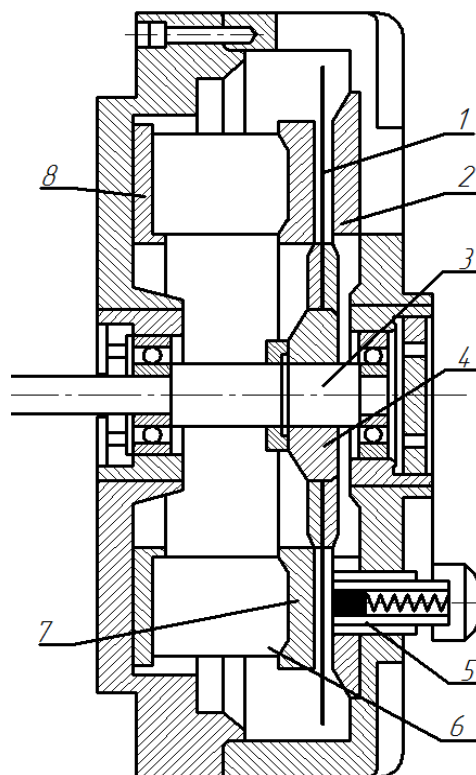
а)



б)



в)



г) 1 – дисковой якорь; 2,8 – кольцевые магнитопроводы; 3 – вал; 4 – втулка; 5 – щётка; 6 – постоянный магнит; 7 – полюсный наконечник.

Рис.1. Конструкции якорей тяговых электродвигателей:

а) - с насаживаемой втулкой; б) – безвтулочный якорь; в) – с валом переменного сечения; г) – с дисковым якорем с печатной обмоткой.

Втулочное исполнение появилось в качестве альтернативного якорю со шпоночным креплением. Электродвигатель с дисковым печатным якорем следует рассматривать как перспективное изделие. Наиболее рационально оценивать технологичность конкурирующих исполнений: якоря, с напрессовываемой на вал переходной втулкой и с переменным (усиленным) сечением вала.

Для оценки степени влияния технологических условий формообразования на погрешность формы валов произведены расчёты жёсткости [1, с.32], которые выявили, что величины прогибов стержня валов при точении составляют от 0,048 до 0,069 мм. Учитывая, что базовые поверхности под сопряжение с якорными листами должны иметь радиальное биение не свыше 0,05 мм, условия обработки точением необходимо пересмотреть в сторону уменьшения составляющей силы резания P_y . Точение осуществляется при продольной подаче $S = 0,25$ мм/об и глубине резания $t = 2$ мм. Более рациональным представляется обтачивание с глубиной менее 2 мм, т.е. снятие припуска за 2-3 прохода вместо одного.

Проведённый расчёт конструкций якорей на прочность с валами из стали 40X при рабочих нагрузках, с учётом электродинамических, по четырём характерным участкам показал, что наибольшему прогибу подвергаются участки вала, находящиеся под пакетом якорных листов. Наименьший запас прочности имеет участок, примыкающий к подшипниковому узлу со стороны привода. Долговечность якорных подшипников для рассматриваемых исполнений составляет в опорах со стороны коллектора – $8,872 \cdot 10^6$ и $10,872 \cdot 10^6$ и со стороны привода – $7,839 \cdot 10^6$ и $8,625 \cdot 10^6$ мм, соответственно. Данные значения превышают предельно допустимое значение долговечности якорных подшипников тяговых электродвигателей.

С целью анализа причин возникновения вибрации и повышенного шума в подшипниковых узлах проведены контрольные испытания типовых подшипников с замером радиальных биений.

Контроль выявил достаточно большой разброс значений радиального

биения от 0,042 мм до 0,087 мм, т.е. вносимый при сборке эксцентриситет может отличаться в два раза. Выборка подшипников в 28 штук выявила, что примерно 35% из них не могут обеспечить требуемые технические условия на точность при сборке ротора двигателя. Круглограмма возможного группирования опорных роликоподшипников представлена на рис.2.

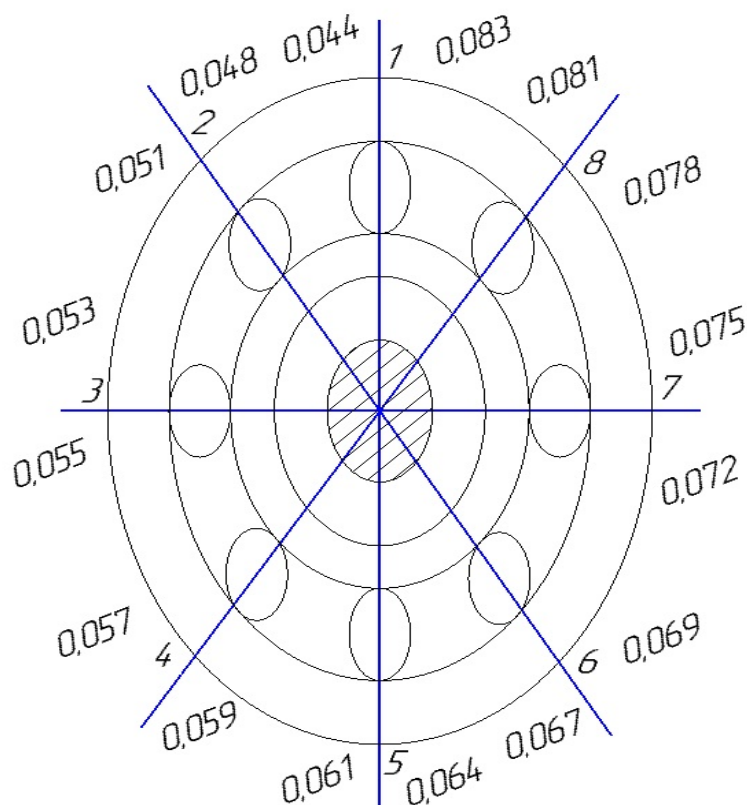


Рис.2. Круглограмма группирования подшипников

Сборку необходимо производить методом регулирования по принципу организации равных эксцентриситетов на опорах, что позволяет улучшить условия статической балансировки (рис.3а). Разновеликие эксцентриситеты на опорах приводят к динамической неуравновешенности, устранение которой представляет значительную трудность (рис.3б).

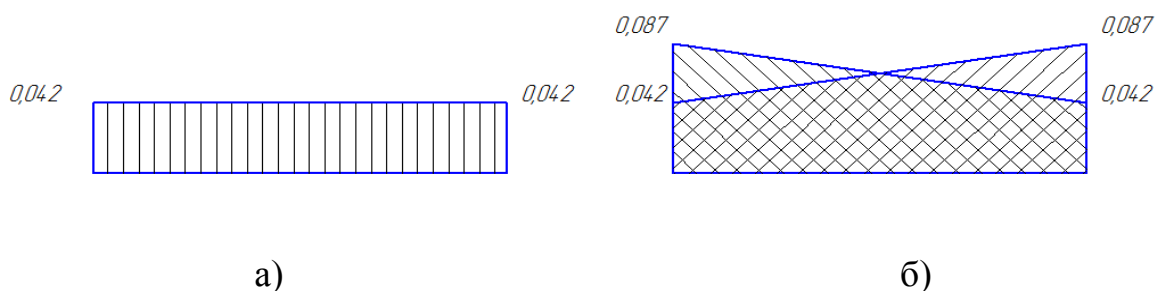


Рис.3. Схемы формирования неуровненности опор при сборке:

а) – при равенстве эксцентриситетов; б) – при их неравенстве.

Втулочное исполнение якоря приводит к деформации основания втулки при реверсе вращения. Кроме того, из-за большой длины сопряжения около 500 мм, конструкция является нетехнологичной как при изготовлении так и при сборке. Конструкция вала переменного сечения (см. рис.1,в) лишена таких недостатков. Для обеспечения веса вал возможно выполнить полым.

В результате эксплуатации тяговых электродвигателей на рабочих поверхностях вала выявлены микротрещины, что снижает работоспособность. Для повышения качества поверхностного слоя предлагается осуществить пластическое деформирование посредством выглаживания алмазным твердосплавным инструментом.

Для реализации операции выглаживания спроектировано приспособление с регулированием силы выглаживания.

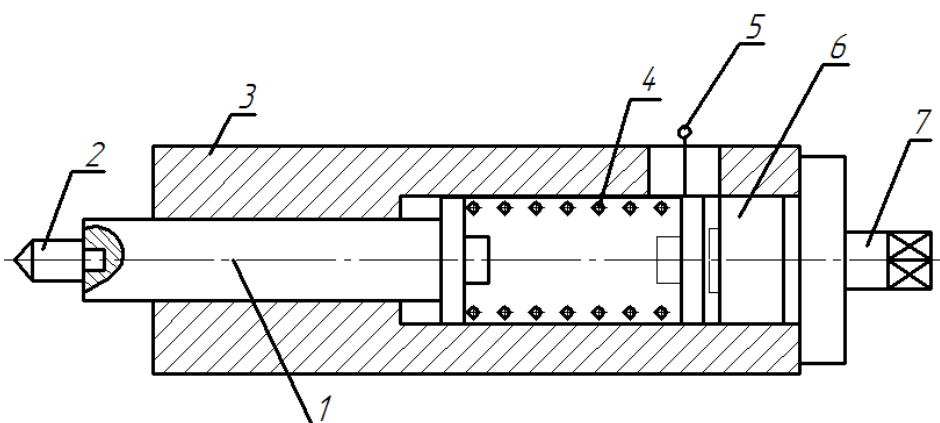


Рис.4. Приспособление для выглаживания рабочих поверхностей вала: 1-шток; 2-выглаживатель; 3- корпус; 4- силовая пружина; 5- индикатор силы выглаживателя; 6 –плунжер; 7 – винт регулировочный.

Рабочие параметры выглаживания определяются по методике [2]. Сила выглаживания $F = 0,013 \text{ HV} \left(\frac{Dr}{D+r} \right)^2$, где HV – твердость обрабатываемой поверхности по Виккерсу, $\text{H/m}^2 \cdot 10^7$; D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм; r – радиус рабочей части выглаживателя, мм.

Назначение силы свыше 100 – 200 н приводит к перенаклёпу. Радиус сферы выглаживателя выбирается в пределах 1,5...3 мм. Для охлаждения используется масло индустриальное И-20А.

ВЫВОДЫ

В результате проведенной работы можно констатировать следующее.

- Исполнение вала ротора с усиленным сечением на участке монтажа пакета якорных листов является более технологичным конструкции вала с напрессованной втулкой из-за повышения жёсткости за счёт сокращения количества сопряжений.

- Для обеспечения точности расположения рабочих поверхностей вала формообразование точением необходимо производить при глубине резания менее 2 мм.

- Во избежание возможных деформаций стержня желательно исключить правку окончательно обработанного вала.

- Необходимо подвергать входному контролю опорные подшипники с целью определения величины радиального биения с последующим распределением на размерные группы. Монтаж осуществлять методом регулирования, добиваясь наименьшего радиального биения присоединительной шейки вала.

- Рабочие шейки вала необходимо подвергать обязательному контролю на магнитном дефектоскопе с целью выявления микротрещин и прижогов.

- Для повышения стабильности качества сопряжений с кольцами подшипников рекомендуется опорные шейки подвергать поверхностно-

пластическому деформированию алмазным или твердосплавным выглаживанием.

Литература:

1. Маталин А.А. Технология машиностроения. – М: Машиностроение, 1985. – 512 с.
2. Одинцов Л. Г. Финишная обработка деталей алмазным выглаживанием и вибровыглаживанием. – М: Машиностроение, 1981. – 159 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М: Машиностроение, 1986. – 496 с.

Pautov G. A., candidate of technical Sciences, associate Professor, NaberezhnyeChelny Institute, Kazan (Volga region) Federal University»;
Yurasova, O. I., candidate of economic Sciences, associate Professor of NaberezhnyeChelny Institute of Federal STATE Autonomous educational institution "Kazan (Volga region) Federal University»;
Yurasov, S. Yu., candidate of technical Sciences, associate Professor of NaberezhnyeChelny Institute of Federal STATE Autonomous educational institution "Kazan (Volga region) Federal University»

MANUFACTURABILITY OF THE ARMATURE SHAFTS OF TRACTION MOTORS

Annotation: Contains the results of the analysis of the manufacturability of the three designs of anchors of traction motors 560-755 kW, with thrust 5326 kgs. A comparative analysis of the proposed design of the armature shaft AC (reinforced) cross-section instead of the stub implementation, as well as recommendations for the Assembly of supports and strengthening the smoothing of the working shaft.

Keywords: adaptability; margin of safety; micro-cracks; the stub version; group interchangeability.

Гайсин И.А., старший преподаватель, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
Галиакбаров А.Т., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

*Исрафилов И.Х. доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
e-mail: irmaris@yandex.ru*

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЖАРКИ

Аннотация: Рассмотрено влияние теплового режима обжарки на качество фритюрного масла и качества конечного продукта. Показано влияние влаги и ее форм на образование корочки в процессе жарки во фритюре.

Ключевые слова: вязкость, коэффициент конвективной теплопередачи, деградация масла, математическая модель.

Введение. Обжаривание во фритюре известно со времен Древнего Египта [1] и с тех пор оно является одной из наиболее широко распространенных технологий производства кулинарных изделий и одной из основ мировой индустрии питания. В связи с этим, перед исследователями постоянно стоит задача стабильного повышения качества выпускаемой продукции, характеристик энерго-ресурсосбережения оборудования, которая, в том числе, может быть решена и путем повышения точности задания теплового режима нагрева фритюрного жира [2].

Основная часть. Состояние стабилизации показателей качества технологических процессов фритюрной жарки можно рассматривать одним из способов предотвращения окислительных и других физико-химических процессов во фритюре при одновременном сохранении и улучшении качества готового продукта [3]; второй - тепло- и массообменным, гидродинамическим явлениям с целью выбора рациональных режимов процесса и его конструктивного оформления применительно к жарке различных продуктов [4].

На скорость и обратимость окислительно-восстановительных процессов в жирах при фритюрной жарке, влияющих на сохранение и улучшение качества готового продукта, могут оказывать следующие факторы:

– *температура*, повышение которой будет ускорять пиролиз, а также гидролитические и окислительные процессы. Например, при 200°C гидролиз жира протекает в 2,5 раза быстрее, чем при 180°C, кроме того, при температурах выше 200°C ускоряются процессы полимеризации [5];

– *присутствие кислорода* воздуха приводит к ускорению окислительных процессов. Исследования в этой области направлены, с одной стороны на исследование качества масла, а с другой стороны - на выбор рационального режима жарки различных продуктов и теоретического его обоснования [6, 7].

– *присутствие катализаторов окисления*, к которым относятся хлорофилл и металлы переменной валентности и *антиоксидантов*. К естественным антиоксидантам относятся каротин, токоферолы, к искусственным – бутилоксианизол, бутилокситолуол и др. Так как термическая обработка жиров приводит к порче масла, ряд исследований направлен на разработку способов стабилизации жиров с использованием различных антиоксидантов [6, 8].

– *химический состав обжариваемых продуктов*, естественное содержание в них антиоксидантов. Так, при холостом нагреве масла процессы окисления происходят быстрее, чем при обжаривании продуктов, что связано с антиокислительными свойствами входящих в их состав таких компонентов как витамин С, некоторые аминокислоты, глутатион и т.д. [6, 7];

– *степень ненасыщенности жиров*: ненасыщенные жиры ввиду наличия двойных связей окисляются быстрее, чем насыщенные [6]. В частности установлено, что при высокотемпературной обработки скорость геометрической изомеризации ненасыщенных жирных кислот зависит от степени их ненасыщенности, поэтому использование жиров на основе высокоолеинового масла будет способствовать получению продукта более однородного качества [9]. Аналогичные выводы сделаны и по отношению к

пальмовому маслу [10].

Скорость удаления влаги из обжариваемых продуктов в значительной мере зависит от градиента давления и градиента влагосодержания [11, 12]. При погружении продукта в жир на повышение давления внутри продукта влияет его температура. После прогрева поверхностных слоев продукта до температуры насыщения паров в капиллярах, температура жира уже не влияет (так как температура насыщения будет оставаться на том же уровне). Если температуру жира поддерживать на том же уровне, то поверхностный слой будет интенсивнее высушиваться. Скорость прогрева продукта от поверхностного слоя до центральных слоев будет зависеть только от установившейся температуры насыщения сока в капиллярах, а давление в продуктах будет зависеть от этой скорости.

В первый период постоянной скорости изменения влагосодержания, влага в виде жидкости движется к центру образца под действием градиента температур, и в виде жидкости и пара - к поверхности под действием градиента давления [11, 12]. Если влагосодержание продукта очень большое, то градиент влагосодержания практически не влияет на перемещение влаги.

Во втором периоде падающей скорости удаления влаги происходит интенсивное парообразование во всех слоях продукта. Влага перемещается от центра продукта к его поверхности под действием градиента давления и только в виде пара [11, 12].

Поглощение фритюрного жира в пористую структуру продукта начинается, когда часть влаги выпарена из продукта, и прекращается в момент достижения продуктом влагосодержания 200-300%, при котором происходит повышение температуры поверхности до значения, близкого к температуре фритюрного масла [11, 12].

Чтобы избежать сложных моделей, в исследовании диффузии воды и раствора во время осмотического обезвоживания использовались модели, разделенные на отдельные области. Визуальное наблюдение за жаркой показывает, что скорость потери влаги очень низкая в начале жарки и затем

резко увеличивается до максимума, после которого испарение влаги со временем уменьшаются по экспоненте. Кроме того, испарение влаги не однородно по всему объему продукта: вначале это происходит на поверхности продукта, и при последующем нагревании испарение влаги постепенно развивается к центру продукта. Структурные и цветные изменения также сначала происходят на поверхности продукта. Это предполагает существование двух областей с граничными условиями и временной зависимостью, которое может быть связано с формированием корки или нагревающимся до 103°C центром продукта [13].

Процесс жарки происходит быстрее на поверхности тестовых заготовок, чем в центре продукта. Из-за геометрических форм на поверхности теплопередача и перемещение вещества происходят радиально и в осевом направлении, тогда как в центре продукта радиальная передача маловажна. Проведенный анализ поглощения фритюрного масла в продукт доказывает, что проникновение масла происходит быстрее на поверхности, чем в центре продукта, как показано на рисунке 1 [14].

Состояние стабилизации показателей качества технологического процесса может быть достигнуто путем различных сочетаний стадий воздействия на продукт, а именно в комбинированных способах фритюрной жарки, что обусловлено определенными закономерностями процесса, а именно: кинетикой образования корочки поджаривания, удаления влаги из продукта и поглощения им жира, а также температуры жира [15].

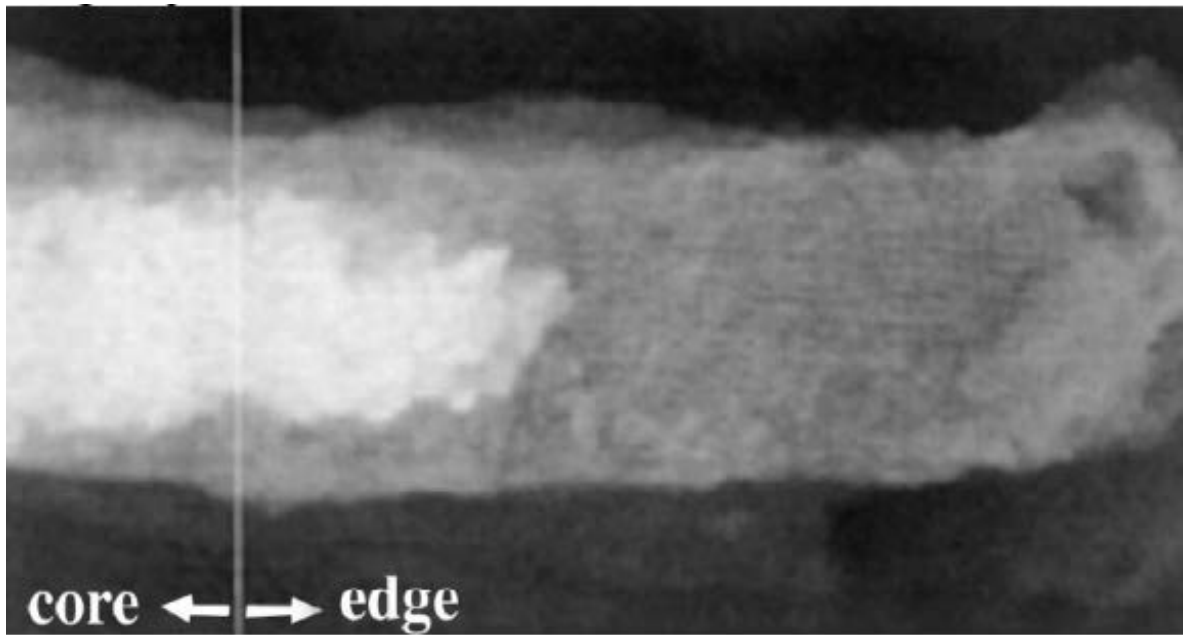


Рис. 1. Микрофотография ($\times 50$) продольного сечения кусочка картофеля, обжаренного в масле при 140°C в течение 45 с. Центр (core) и поверхность (edge). Более темная область - зона проникновения масла.

Каждый из названных процессов для достижения наилучшего показателя качества продукта требует различных режимов, т.е. различного изменения параметров рабочей камеры или рабочей поверхности в течение одного цикла. Для рационального ведения процесса жарки температура камеры и приток теплоты к изделию должны быть не постоянны, а различны в течении процесса. Так, высокая температура жарочной ванны, необходимая для быстрого прогрева изделия и закрепления его структуры в первой половине процесса обжарки, должна быть снижена во втором периоде процесса, чтобы избежать образования излишне толстой корочки на поверхности изделия и значительного уменьшения массы [16].

Для отработки режимов нагрева необходимо с достаточной степенью точности знать не только температуру на поверхности продукта, но и профиль распределения температуры по толщине тела. Получение такой информации экспериментальным путем затруднено технологическими причинами (не представляется возможным измерять непрерывное поле температур ограниченным количеством датчиков). В этом случае требуется разработка

математической модели процесса и проведение на ее основе численных экспериментов для широкого набора характеристик нагрева.

Выводы. Таким образом, основной задачей при разработке рациональных инженерно-конструкторских решений для определения оптимального теплового режима при жарке во фритюрном масле, является стабилизация качества этих процессов, что может быть достигнуто как экспериментальным методом, так и методом численного моделирования. При этом, несмотря на многочисленные экспериментальные исследования процесса жарки, недостаточно изучена возможность моделирования теплофизических процессов на основе теории теплопроводности простых сред с памятью.

Литературы

1. Sahin S. Preface. [Text] / Sahin S. Sumnu S.G. // *Advances in Deep-Fat Frying of Foods*. CRC Press. Boca Raton, FL: 2009 pp. xi
2. Bordin K. Changes in food caused by deep fat frying – A review. [Text] / K. Bordin, M.T. Kunitake, K.K. Aracava, C.S.F. Trindade // *Archivos Latinoamericanos De Nutrición*. – 2013. – V. 63(1). – P. 5-13
3. Dana D. Review: Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth [Text] / D. Dana, I.S. Saguy // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2006. – V. 128–130. – P. 267–272.
4. Ahromrit A. Heat and mass transfer in deep-frying of pumpkin, sweet potato and taro. [Text] / A. Ahromrit, P.K. Nema // *Journal of Food Science and Technology*. – 2010. – V. 47(6). – P. 632–637.
5. Saguy, I.S. Oil uptake in deep-fat frying: Review. [Text] / I.S. Saguy, G. Ufheil, S. Livings // *Oleagineux, Corps Gras, Lipids*. – 1998. – V. 5. – P. 30–35.
6. Choe E. Chemistry of Deep-Fat Frying Oils [Text] / E. Choe, D.B. Min // *Journal of Food Science*. – 2007. – V. 72(5). – P. R77-R86
7. Калашникова, Л.И. Химические аспекты процесса термодеструкции жирных кислот при производстве фри-продукции [Текст] / Л.И. Калашникова,

М.Д. Назарько, В.Г. Лобанов // Известия вузов. Пищевая технология. – 2013. – № 5/6. – С. 8-10

8. Aladedunye F.A. Natural antioxidants as stabilizers of frying oils. [Text] / F.A. Aladedunye // Eur. J. Lipid Sci. Technol. – 2014. – V. 116. – P. 688–706.

9. Султанович, Ю.А. Высокоолеиновое подсолнечное масло основа для фритюрных масел и жиров [Текст] / Ю.А. Султанович, Т.А. Духу // Пищевая промышленность. – 2012. – № 3. – С. 2224

10. Шильман Л.З. Исследование термообработанного пальмового масла. [Текст] / Л.З. Шильман, М.Н. Куткина, И.В. Симакова // Техника и технология. – 2004. – №5 – С. 33-36.

11. Bouchon P. Understanding Oil Absorption During Deep-Fat Frying [Text] / P. Bouchon // Advances in food and nutrition research. – 2009. – V. 57. – P. 209-234.

12. Васькина В.А. Обжаривание мучных изделий во фритюре. Механизмы впитывания жира [Текст] / В.А. Васькина, Н.А. Львович, Т.С. Вайншенкер // Масла и Жиры. – 2014. – № 1–2. – С. 28-31

13. Гайсин И.А. Влагосодержание при жарке национальных мучных изделий / Гайсин И.А., Сарапулова Ю.В., Исрафилов И.Х., Галиакбаров А.Т. // В сборнике: Современные технологии продуктов питания Сборник научных статей международной научно-практической конференции. Ответственный редактор Горохов А.А.. 2014. С. 52-55.

14. Gamble, M. H., & Rice, P. (1987). Effect of pre-fry drying of oil uptake and distribution in potato crisp manufacture. International Journal of Food Science and Technology, 22, 535-548.

15. Gaysin I.A. Patterns of food thermal processing in electric deep fat fryers ireka. Gaysin / Gaysin I.A., Sarapulova J.V., Israfilov I.K., Galiakbarov A.T. // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. T. 10. № 24. С. 44791-44794.

16. Гайсин И.А. Традиционная и вакуумная жарка пищевых продуктов / Гайсин И.А., Сарапулова Ю.В., Исрафилов И.Х., Галиакбаров А.Т. // В сборнике: Современные технологии продуктов питания Сборник научных

статей международной научно-практической конференции. Ответственный редактор Горохов А.А.. 2014. С. 49-52.

Gaysin I.A., senior lecturer, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University,
Galiakbarov A.T., candidate of engineering sciences, associate professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University.
Israfilov I.H., doctor of technical sciences, professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University.
E-mail: irmaris@yandex.ru

APPROACHES TO MODELING THERMOPHYSICAL PROCESSES OF FAT

Abstract. The influence of the roasting heat regime on the quality of the frying oil and the quality of the final product. The influence of moisture and its forms on the formation of crust during frying in the deep fryer is shown.

Keywords: viscosity, heat conduction coefficient, oil degradation, mathematical model.

УДК 543.42;530.145

Шайхуллина Р. М., кандидат физико-математических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», e-mail: raviya1@yandex.ru;

Галиакбаров А.Т., кандидат технических наук, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

Шайхуллина М.М., Институт физики, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИК-ФУРЬЕ СПЕКТРОВ КОМПОНЕНТ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Аннотация. Представлены данные корреляционного- кластерного анализа ИК Фурье спектров в области $700-30\text{ см}^{-1}$ компонент высокоэнергетических веществ - целлюлоз, различных по биологическому происхождению, способу получения, структурной модификации, а также нитратов целлюлоз трех модификаций. Установлены спектральные параметры, определяемые соотношениями интенсивностей полос поглощения $D1(344/363\text{ см}^{-1})$,

D2(560/520см⁻¹), D3(544/520см⁻¹), которые могут служить характеристиками особенностей конформационного состояния оксиметильных групп, структурной модификации целлюлозы, мономерного состава нитрата целлюлозы. Кластерный анализ отмеченных спектральных параметров позволил выявить наиболее отчетливое формирование отдельных кластеров целлюлоз и нитратов целлюлоз трех модификаций.

Ключевые слова: целлюлоза; нитраты целлюлозы; ИК Фурье-спектры; кластерный анализ; конформации.

Введение

Целлюлоза и нитраты целлюлозы входят в состав высокоэнергетических материалов. Исследованиям физико-химических свойств этих полимеров посвящено немало работ [1-4]. Однако, данные по корреляции молекулярной структуры с колебательными спектрами, в особенности, в низкочастотном ИК диапазоне ограничены. В плане изучения физико-химических свойств высокоэнергетических веществ, таких как, молекулярно-структурная (в том числе, конформационная) неоднородность в процессе реакции синтеза нитрата целлюлозы, их использования и термического разложения особое внимание привлекают спектро-структурные корреляции в области 700-30 см⁻¹. ИК Фурье спектроскопия является одним из эффективных современных инструментальных методов *экспресс-анализа* структуры и свойств целлюлозы и нитрата целлюлозы. Полосы поглощения ИК Фурье спектров информативны при исследованиях пространственной ориентации, упаковки макромолекул, системы внутри- и межмолекулярных, в особенности, водородных связей целлюлозы [2].

Данная работа посвящена анализу ИК Фурье-спектров целлюлоз, различных по биологическому происхождению, способу получения, различных по структурной модификации (ЦI, ЦII, ЦIII) и нитратов целлюлозы трех модификаций в области частот 700-30 см⁻¹. Структурные формулы фрагментов макромолекул целлюлозы и нитрата целлюлозы представлены на рис.1.

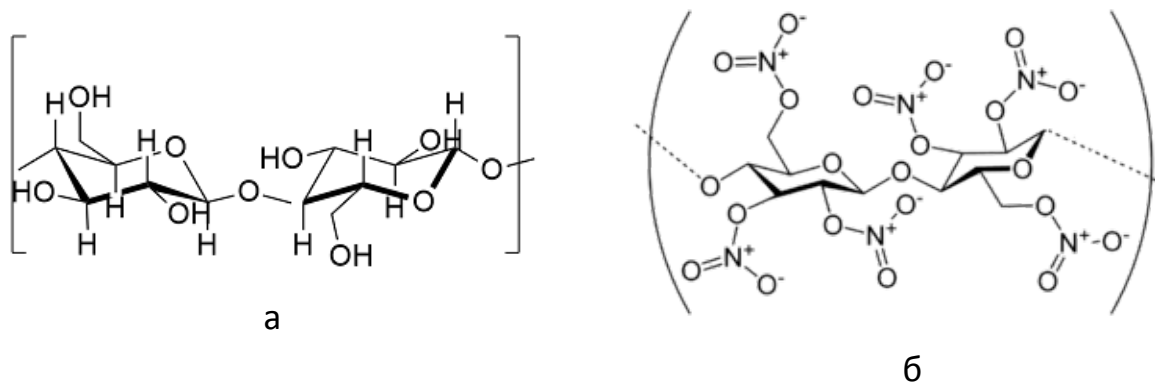


Рис. 1. Фрагмент макромолекулы целлюлозы (а) и нитрата целлюлозы (б) [2]

Экспериментальная часть

Экспериментальные спектры были получены на Фурье-спектрометре IFS-113V «Bruker». Образцы для регистрации спектров готовились в виде пленок прямого прессования волокон целлюлоз, согласно методике [2, с.14]. Математическая обработка спектров проводилась с использованием стандартного математического пакета программ Statgraphics.

Для кластерного анализа были рассмотрены спектральные параметры 9-ти образцов целлюлоз, различных по происхождению (хлопковая, древесная в виде волокна и бумаги), способу получения (сульфитная сульфатная, азотнокислая), модификации (I, II, III) и 30 - ти образцов нитратов целлюлоз, различных по степени замещения и структурной модификации (НЦ I, НЦ II и НЦ III).

Результаты и обсуждение

Анализ спектров целлюлоз

Спектральные различия анализируемых целлюлоз наиболее отчетливо выражены в области частот 300-400 и 500-580 см^{-1} . Из анализа спектров модельных соединений - β -D-глюкозы, целлобиозы [3, с.47-51], был сделан вывод о том, что колебания в отмеченных интервалах частот характерны для деформационных колебаний δ (CCO), δ (CCH), торсионных колебаний τ (CO), τ (CC). В частности, колебания при 300-400 см^{-1} определяются пространственной ориентацией боковых фрагментов пиранозного цикла - CH_2OH и OH групп.

Соотношение интенсивностей полос поглощения в этой области частот используют для характеристики конформационного состояния оксиметильных групп. Отчетливая дублетная структура полос при 344 и 363 см^{-1} - характерный признак *gauche*-ориентации CH_2OH -групп.

Анализ спектров дисахаридов [3, с.52-55] показал, что полосы поглощения при частотах 520 и 560 см^{-1} чувствительны к ориентации глюкозных остатков целлюлозы вдоль гликозидной связи С-О-С.

При создании массива спектральных данных для математической обработки использовали отношения оптических плотностей полос поглощения D1 (363 см^{-1} /344 см^{-1}) и D2 (560 см^{-1} /520 см^{-1}) (табл.1).

Таблица 1.

Данные ИК Фурье спектров разных целлюлоз

| Номер образца | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| Относительная оптическая плотность, D | ХЦ | ДЦВ | ДЦБ | СФИ | СФА | АК | ХЦ I | ХЦ II | ХЦ III |
| D1 (363/344 см^{-1}) | 0,65 | 0,73 | 0,70 | 0,72 | 0,70 | 0,71 | 0,65 | 0,85 | 0,78 |
| D2 (560/520 см^{-1}) | 2,18 | 2,22 | 2,06 | 2,02 | 2,41 | 2,32 | 2,18 | 0,61 | 1,35 |
| Номер кластера | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 |

Результаты кластерного анализа по данным таблицы 1 представлены на рис. 2. Видно, что формируются три вида кластеров. Первый кластер состоит из спектральных данных целлюлоз, различных по биологическому происхождению, второй - по способу получения и третий - по кристаллической модификации. Последний кластер располагается обособленно, что свидетельствует о более сильном проявлении спектральных особенностей структурной модификации целлюлозы.

Таким образом, спектральные параметры D1 и D2 могут служить *оптическим зондом* установления происхождения целлюлозы и ее модификации.

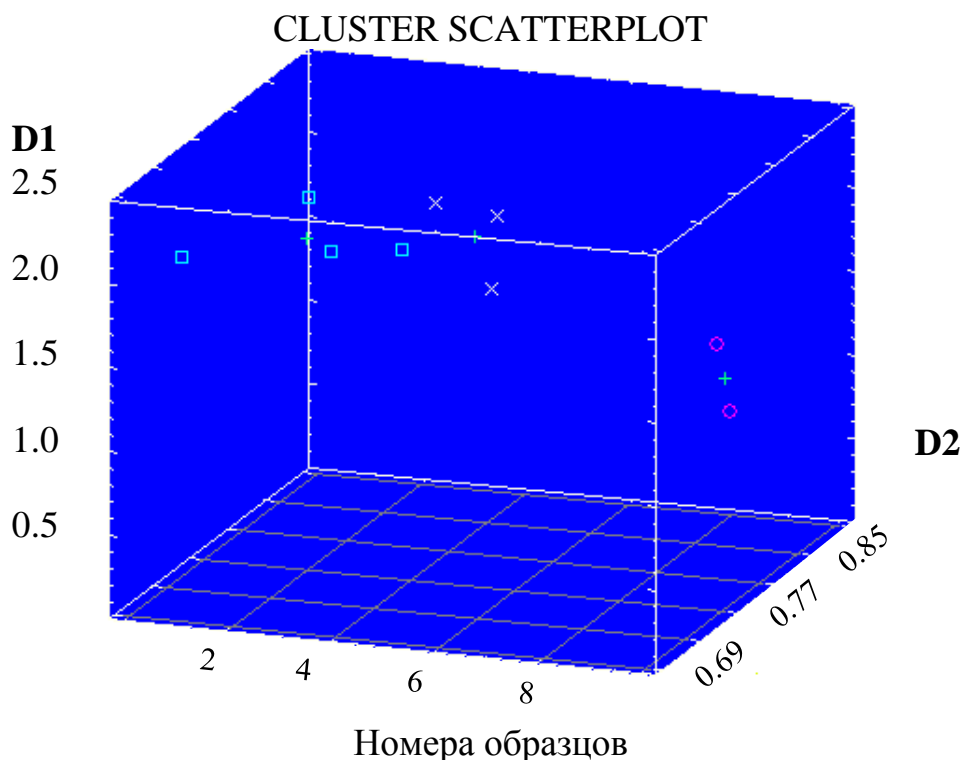


Рис. 2. Кластерный анализ целлюлоз: □- 1 кластер, X - 2 кластер, O - 3 кластер (содержание кластеров представлено в таблице 1)

Анализ спектров нитратов целлюлоз (НЦ)

Согласно квантово-химическим расчетам нитросоединений, выполненных в работах [4, с.56-60, 5], низкочастотные полосы поглощения в диапазоне $700-30\text{см}^{-1}$ определяются деформационными колебаниями $\delta(\text{CCO})$, (CON) , (ONO) , а также торсионными колебаниями $\tau(\text{CO})$, $\tau(\text{CC})$ и $\tau(\text{NO})$. В процессе нитрации целлюлозы уменьшается интенсивность поглощения при 560 см^{-1} , обусловленного изменением окружения гликозидной связи C-O-C, т.е. ориентацией мономерных звеньев полимера. При этом возрастает интенсивность поглощения при 544 см^{-1} , что является характерным признаком замещения первичных гидроксильных групп фрагмента CH_2OH на ONO_2 . Отчетливо выраженная триpletная структура полос поглощения при 490, 504 и

544 см⁻¹, наблюдаемая при максимальной степени замещения нитратов целлюлозы, свидетельствует о формировании тринитратных мономерных звеньев. Отношение полос поглощения D3 (544/520см⁻¹) можно использовать для анализа формирования нитрата целлюлозы. (Поглощение при 520 см⁻¹ использовано нами в качестве внутреннего стандарта, т.к. мало реагирует на структурные изменения изучаемых полимеров). В таблице 2 представлены данные параметра D3, характеризующего формирование тринитратных мономерных звеньев в структуре НЦ и одновременно параметра D2, характерного для остаточных мономерных звеньев целлюлозы в зависимости от степени замещения НЦ.

Таблица 2.

Результаты кластерного анализа НЦ

| Номер образца | Степень замещения | D2 (560/520см ⁻¹) | D3 (544/520см ⁻¹) | Номер кластера |
|---------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|
| 1 | 0,79 | 2,07 | 0,81 | 1 |
| 2 | 0,94 | 1,83 | 0,97 | 1 |
| 3 | 1,1 | 1,52 | 1,15 | 1 |
| 4 | 1,27 | 1,18 | 1,5 | 1 |
| 5 | 1,2 | 1,09 | 1,6 | 1 |
| 6 | 1,59 | 0,63 | 1,63 | 1 |
| 7 | 1,81 | 0,36 | 1,64 | 1 |
| 8 | 1,74 | 0,28 | 1,72 | 1 |
| 9 | 2,1 | 0,15 | 1,84 | 1 |
| 10 | 2,14 | 0,15 | 1,55 | 1 |
| 11 | 2,26 | 0,19 | 1,6 | 1 |
| 12 | 2,59 | 0,15 | 1,56 | 1 |
| 13 | 2,54 | 0,17 | 1,52 | 1 |
| 14 | 2,24 | 0,15 | 1,41 | 1 |
| 15 | 2,02 | 0,22 | 1,61 | 1 |
| 16 | 1,55 | 1,88 | 2,16 | 2 |
| 17 | 1,58 | 1,45 | 2,03 | 2 |
| 18 | 1,75 | 1,45 | 2,42 | 2 |
| 19 | 1,74 | 0,92 | 2,12 | 2 |
| 20 | 1,81 | 0,8 | 2 | 2 |
| 21 | 1,93 | 0,74 | 2,07 | 2 |
| 22 | 1,91 | 0,6 | 2,11 | 2 |
| 23 | 1,87 | 0,47 | 2 | 2 |
| 24 | 1,34 | 1,22 | 2,04 | 3 |

| Номер образца | Степень замещения | D2 (560/520 см^{-1}) | D3 (544/520 см^{-1}) | Номер кластера |
|---------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|
| 25 | 1,55 | 0,83 | 2,22 | 3 |
| 26 | 1,53 | 0,79 | 2,07 | 3 |
| 27 | 1,73 | 0,67 | 2,09 | 3 |
| 28 | 2,02 | 0,44 | 2,13 | 3 |
| 29 | 2,12 | 0,3 | 1,93 | 3 |
| 30 | 1,92 | 0,27 | 1,81 | 3 |

На рис.3 приведены результаты кластерного анализа НЦ. Наблюдается отчетливая кластеризация спектральных данных. В составе 1 кластера - образцы НЦ, полученные нитрованием ЦІ, 2 кластера - НЦ из ЦІІ и 3 кластера - НЦ из Ц ІІІ. Т.е. при нитровании целлюлозы и формировании структуры НЦ образующийся полимер сохраняет «в памяти» кристаллическую структуру исходной целлюлозы.

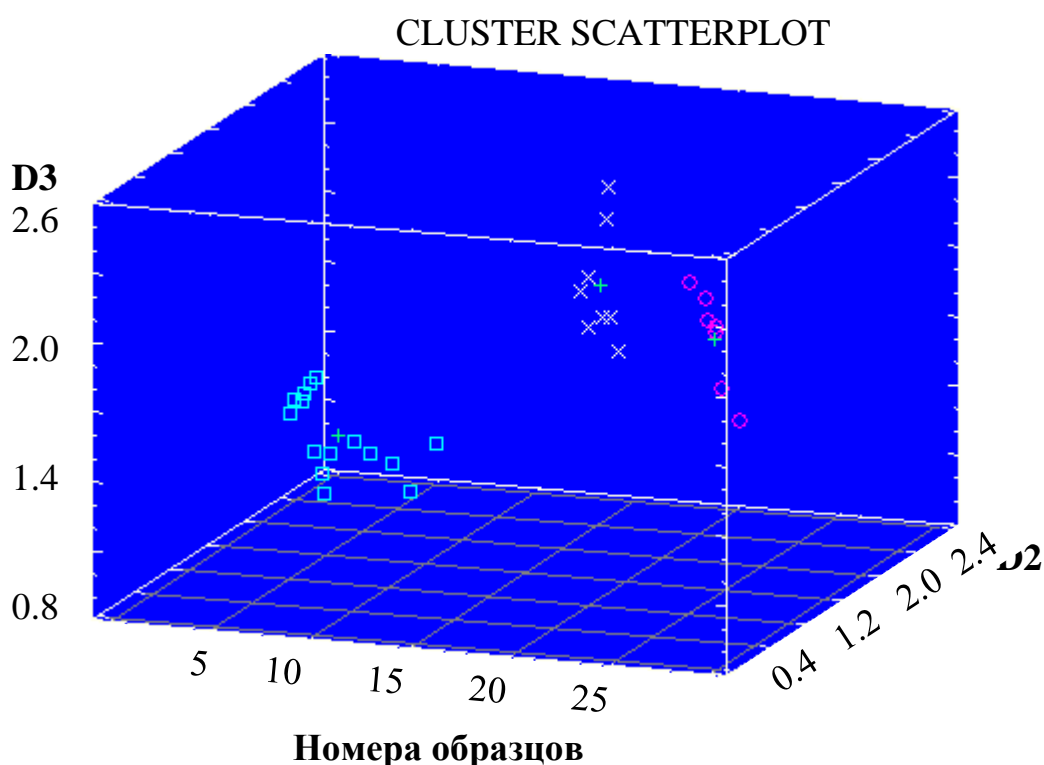


Рис. 3. Кластерный анализ НЦ: □- 1 кластер, X - 2 кластер, O - 3 кластер (содержание кластеров представлено в таблице 2)

Выводы

1. В низкочастотной области ИК Фурье спектров установлены спектральные параметры (D1 и D2), которые могут служить *оптическим зондом* определения биологического происхождения целлюлозы, способа получения и структурной модификации (кристаллической упаковки целлюлозных макромолекул).
2. Кластерный анализ спектральных (D2, D3) в процессе нитрования целлюлозы трех структурных модификаций позволяет выявить корреляцию - *спектр-структура* НЦ в низкочастотном ИК диапазоне. Полученные результаты могут быть использованы при идентификации структурных особенностей в ходе *экспресс-анализа* полимера.

Литература

1. Роговин З.А. Химия целлюлозы / З.А. Роговин. - М.,1972. - 518с.
2. Панов В.П., Жбанков Р. Г. Внутри- и межмолекулярные взаимодействия в углеводах / В.П. Панов, Р. Г. Жбанков. - Минск.: Наука и техника, 1983. - 356 с.
3. Коваленко В.И., Сопин В.Ф., Храпковский Г.М. Структурно-кинетические особенности получения и термодеструкции нитратов целлюлозы / В.И. Коваленко, В.Ф. Сопин, Г.М. Храпковский. - Москва.: Наука, 2005. - 210 с.
4. Шляпочников В.А. Колебательные спектры алифатических нитросоединений / В.А. Шляпочников. - Москва.: Наука, 1989. - 134 с.
5. Шайхуллина Р.М., Храпковский Г.М., Зверева Е.Е. Квантово-химическое изучение молекулярной структуры и колебательных спектров метилнитрата и этилнитрата // Бутлеровские сообщения. -2015. - Т 42. - №5. - С.152-161.

Shaikhullina R. M., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Volga Federal University
Galiakbarov A.T, Candidate of Technical Sciences, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Volga Federal University
Shaikhullina M. M., Institute of physics of Kazan Volga Federal University

APPLICATION OF METHODS OF CORRELATION ANALYSIS IN THE STUDY OF FT-IR SPECTRA COMPONENTS OF HIGH-ENERGY SUBSTANCES

Abstract. The data of correlation - cluster analysis of IR Fourier spectra in the region of 700-30 cm⁻¹ component of high - energy substances-cellulose, different in biological origin, method of production, structural modification, and cellulose nitrates of three modifications are presented. Set the spectral parameters determined by the ratio of the intensities of the absorption bands of D1(344/363cm⁻¹), D2(560/520cm⁻¹), D3(544/520cm⁻¹), which can serve as characteristics of the conformational state of the CH₂OH groups, the structural modification of cellulose, the monomeric composition of the cellulose nitrate. Cluster analysis of the mentioned spectral parameters revealed the most distinct formation of separate clusters of cellulose and nitrate cellulose of three modifications.

Key words: cellulose; cellulose nitrates; IR Fourier spectra; cluster analysis; conformations.

УДК 629.06

Мухаметдинов Э.М., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», e-mail: funte@mail.ru;
Кулаков О.А., ведущий специалист, НП «КамАЗавтоспорт», e-mail: oleg.kulakov@kamaz.ru;
Грибков К.В., аспирант ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

МЕТОДИКА НЕПРЕРЫВНОГО БОРТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация: в статье освещается актуальная на сегодняшний день проблема разработки эффективных методов неразрушающего контроля технического состояния подшипников коробок передач грузовых автомобилей в условиях

эксплуатации, с перспективой использования в бортовой системе диагностики агрегатов трансмиссии. Обоснована возможность повышения надежности грузовых автомобилей созданием современной системы и метода диагностики подшипников коробки передач по изменению технического состояния в процессе эксплуатации.

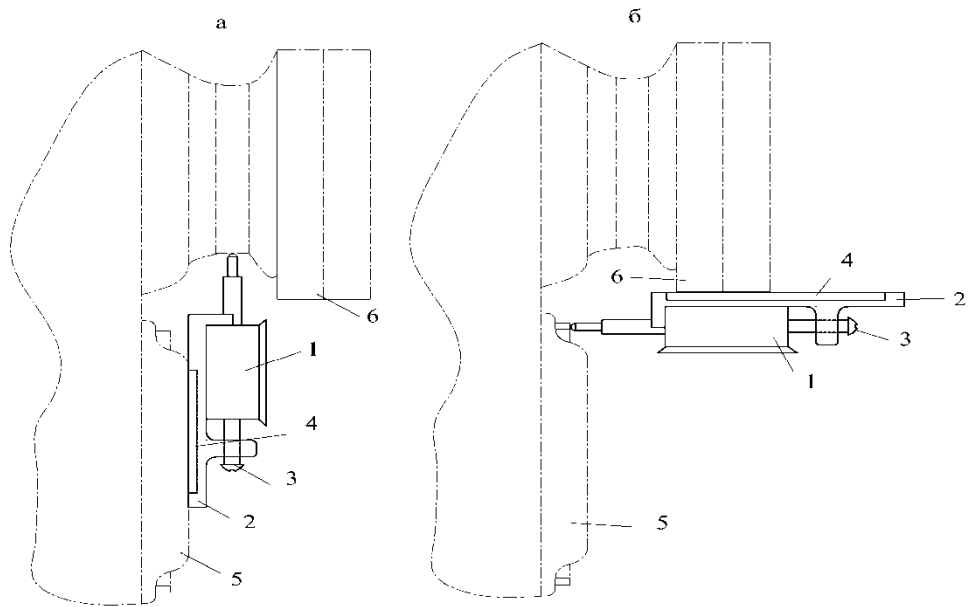
Ключевые слова: надежность; диагностика; остаточный ресурс; бортовое диагностирование; коробка передач.

Как показывает практика эксплуатации автомобилей КАМАЗ, средний ресурс коробки передач существенно ниже заявленного. Это обусловлено в основном отказами вторичного вала, картера, подшипников, первичного вала, синхронизаторов [1]. Сопряжения коробки передач испытывают динамические нагрузки, как в окружном, так и в радиальном и осевом направлениях. В этих условиях интенсивность изнашивания деталей в процессе эксплуатации возрастает. Кроме того, в процессе эксплуатации изменяются и условия трения в сопряжениях. Неподвижные сопряжения наружной обоймы подшипников с картером или внутренних обойм с валом могут стать подвижными вследствие фреттинг-изнашивания. Наиболее изнашиваемыми сопряжениями коробки передач (КП) являются сопряжения наружных обойм подшипников первичного и вторичного валов с картером коробки. В исходном состоянии эти сопряжения неподвижны. При определенной степени разрушения поверхности посадочных отверстий картера теряется неподвижность сопряжения и наблюдается уже трение скольжения со смазкой.

В процессе эксплуатации происходит постоянное переключение передач коробки с осевыми перемещениями валов, особенно вторичного (ведомого). Это приводит к возникновению осевых колебаний подшипников и вследствие фреттинг - изнашивания к потере неподвижного характера посадки их обойм в картере или на валах. Одновременно происходят и радиальные колебания валов под действием дисбаланса сцепления, карданного вала. Эти колебания также вызывают фреттинг – изнашивание в сопряжениях подшипников с картером и валами, приводящие к потере неподвижного характера этих сопряжений. После потери неподвижности сопряжения интенсивно возрастают радиальные зазоры

валов, что существенно нарушает условия зацепления зубьев шестерен, переключения передач. Возрастает интенсивность повышения угловых зазоров за счет изнашивания элементов шлицевых сопряжений. Повышение угловых зазоров в свою очередь интенсифицирует рост осевых зазоров. В этом проявляется взаимное влияние технического состояния элементов коробки передач в процессе эксплуатации. Увеличение зазоров в сопряжениях вызывает повышение амплитуды динамических нагрузок, что передается посредством кинематических связей на соседние сопряжения, вызывая повышение интенсивности их изнашивания. Сопряжения трансмиссии являются динамически нагруженными, и возрастание зазоров в них происходит по экспоненциальной зависимости [2,3].

Были проведены исследования на снятых после эксплуатации КП [4,5], включающие полную разборку КП, микрометраж деталей (картер, вторичный вал, первичный вал, синхронизатор 4-5 передач), анализ состояния рабочих поверхностей деталей, а также предремонтное диагностирование по выбранным параметрам [6]. Измерения осевых и радиальных зазоров фланца вторичного вала КП производили индикаторами часового типа (точность 0,1мм), устанавливаемых в кронштейны с магнитным креплением (рис. 1). Собранные статистические данные по изнашиванию деталей по результатам измерений приведены на рис.2-6.



1 – индикатор часового типа; 2 – кронштейн; 3 – винтовое крепление индикатора; 4 – магнит; 5 – крышка роликового подшипника КП; 6 – фланец вторичного вала КП.

Рис. 1. Схемы измерения радиального (а) и осевого (б) зазоров фланца вторичного вала КП автомобиля КАМАЗ

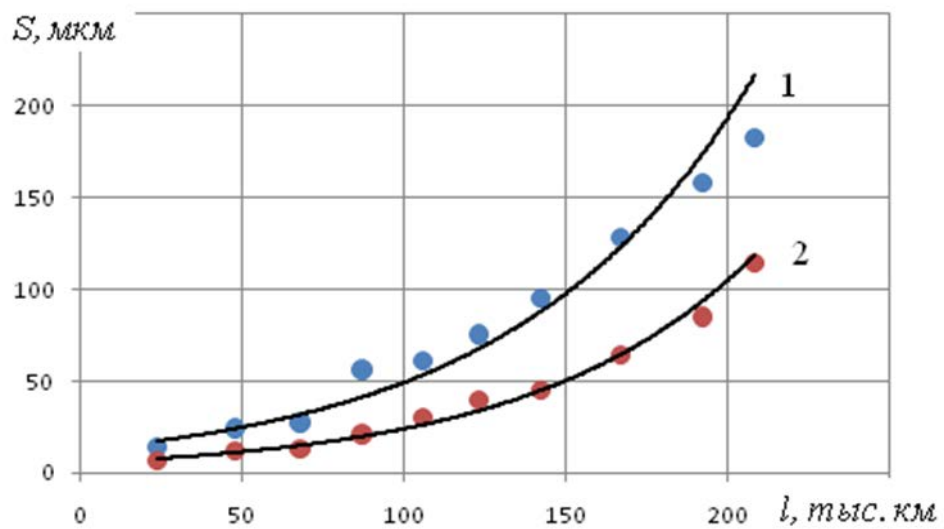


Рис. 2. Зависимость износа отверстий картера КП под подшипники первичного и вторичного валов (1), опоры подшипника между первичным и вторичным валами (2) от наработки автомобилей КАМАЗ

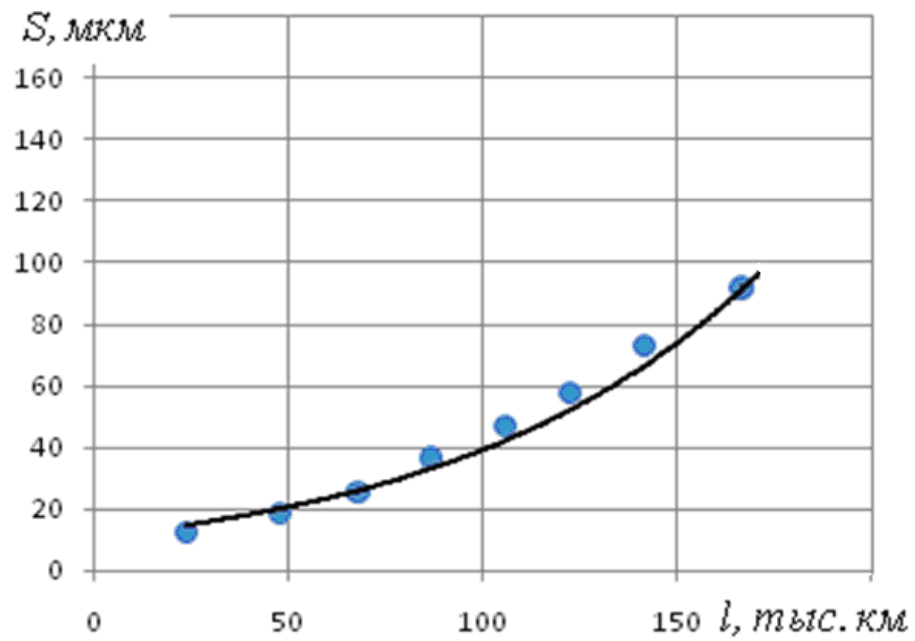


Рис. 3. Зависимость износа шейки первичного вала под передний подшипник от наработки автомобилей КАМАЗ

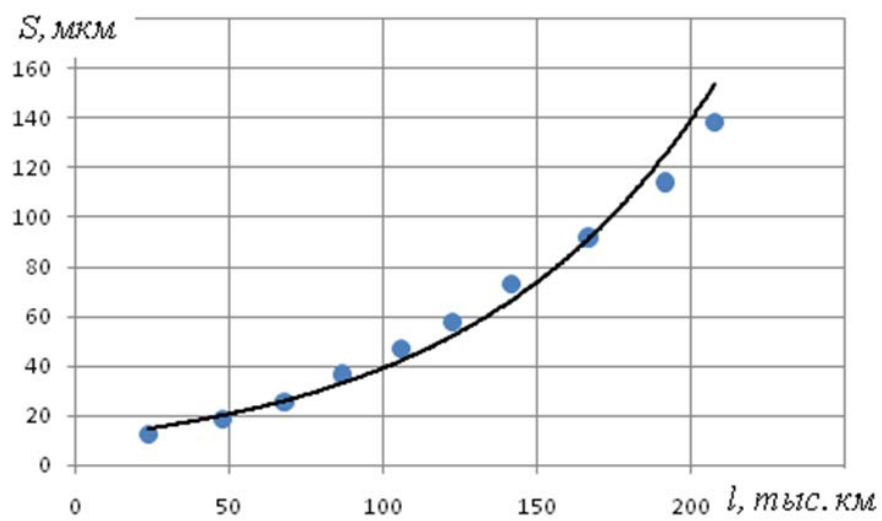


Рис. 4. Зависимость износа шейки вторичного вала под передний подшипник от наработки автомобилей КАМАЗ

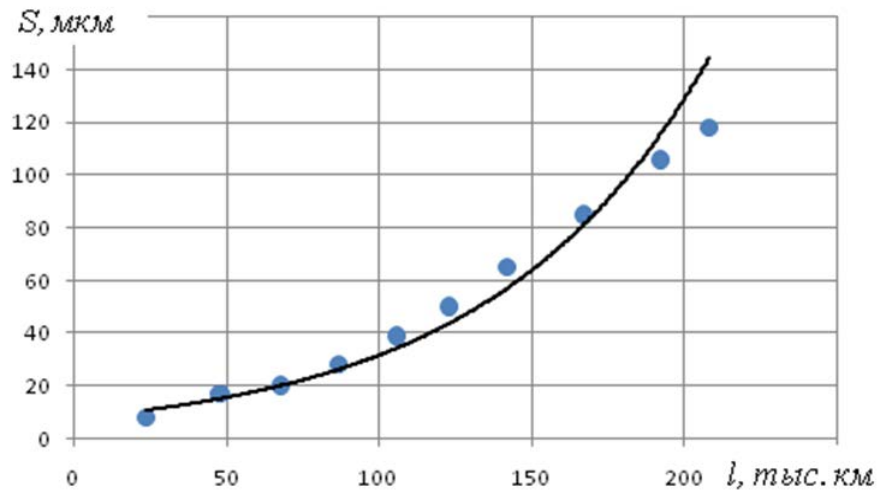


Рис. 5. Зависимость износа шейки вторичного вала под задний подшипник от наработки автомобилей КАМАЗ

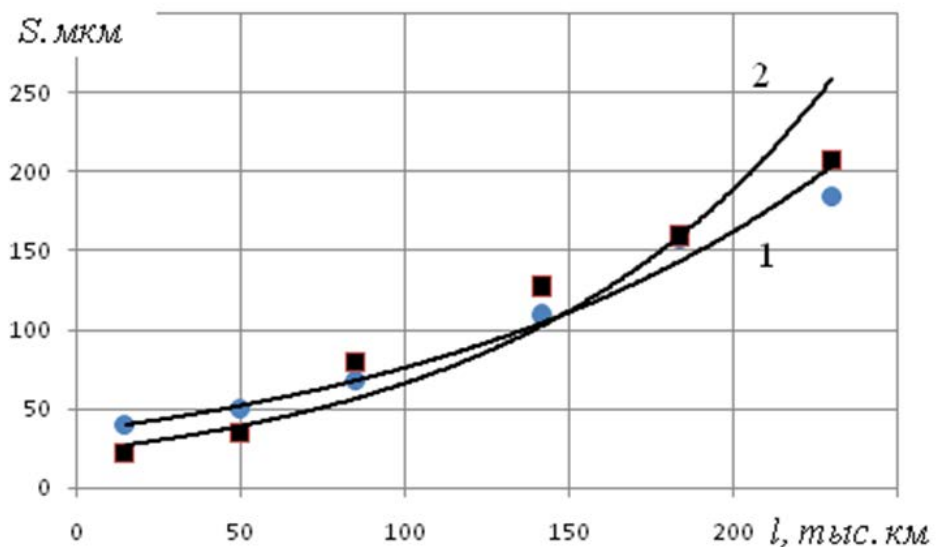


Рис. 6. Зависимость осевого (1) и радиального (2) зазоров фланца вторичного вала КП от наработки автомобилей КАМАЗ

Изнашивание и изменение геометрической формы деталей коробки передач обуславливает изменение диагностических параметров в процессе эксплуатации. В качестве диагностических параметров коробки передач приняты: угловой зазор (люфт) фланца вторичного вала на каждой передаче, осевой зазор фланца и радиальный зазор [7]. Собранные статистические данные по износу деталей и диагностическим параметрам коробок передач позволили определить параметры зависимости диагностических параметров от структурных, которые приведены в табл. 1, а сами зависимости - на рис. 7 - 9.

Полученные зависимости и их параметры свидетельствуют об однозначности, и даже линейности связи диагностических и структурных параметров, о чем говорят высокие значения коэффициента корреляции.

Таблица 1

Параметры зависимости диагностических параметров S от структурных x

| Диагностические и структурные параметры | a | b | r^2 |
|--|-------|-------|-------|
| Зависимость углового зазора фланца вторичного вала (мин) от суммарного износа (мм) шлицев вторичного вала и синхронизатора 4-5 передач | 46,5 | 12,6 | 0,99 |
| Зависимость осевого зазора фланца вторичного вала (мкм) от торцевого биения вала (мкм) | 28,69 | 1,309 | 0,98 |
| Зависимость радиального зазора фланца вторичного вала (мкм) от износа отверстий картера (мкм) | 38,59 | 0,506 | 0,982 |

Примечание: a, b - параметры линейной зависимости диагностического параметра S от структурного x ; $S = a + bx$; r^2 – коэффициент корреляции.

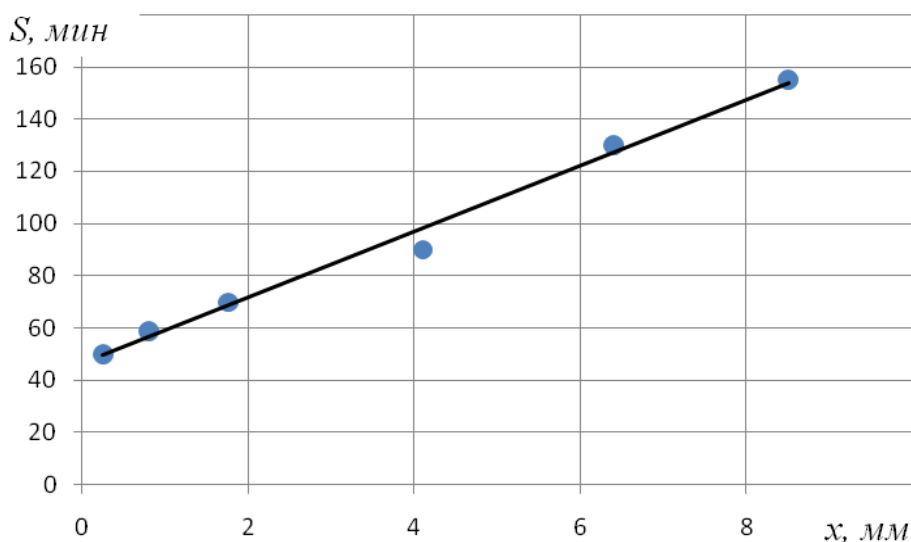


Рис. 7. Зависимость диагностического параметра – углового зазора фланца вторичного вала от структурного – суммарного износа шлицев

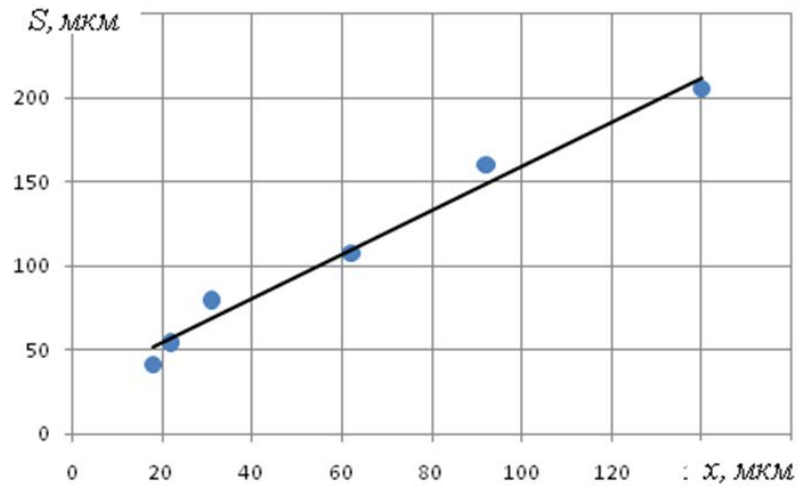


Рис. 8. Зависимость диагностического параметра – осевого зазора фланца вторичного вала от структурного – осевого биения

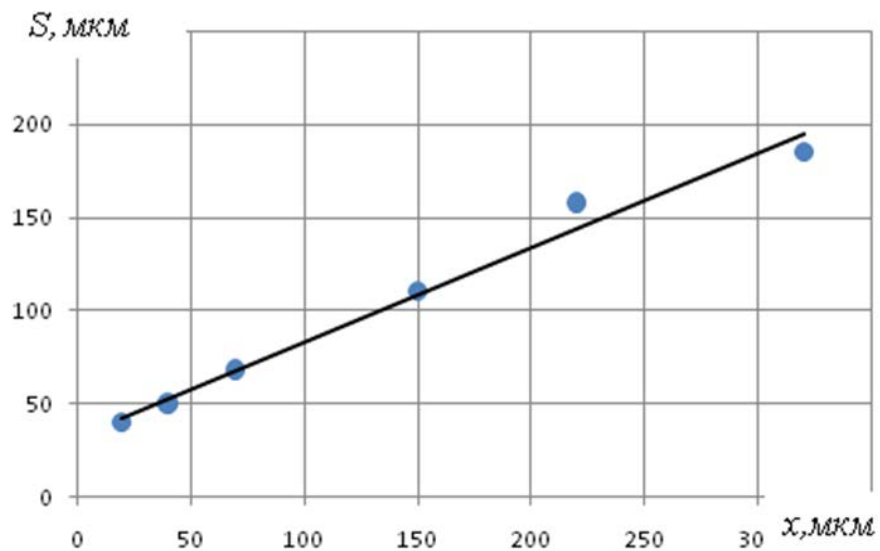


Рис. 9. Зависимость диагностического параметра – радиального зазора фланца вторичного вала от структурного – износа отверстий картера

То есть, все диагностические параметры отвечают требованию однозначности.

Чувствительность диагностического параметра оценивается коэффициентом чувствительности

$$K_{\text{ч}} = \frac{dS}{dx}, \quad (1)$$

где dS и dx – приращение соответственно структурного и диагностического параметров.

Из линейной зависимости видно, что K_q равен параметру b , значения которого можно считать высоким. То есть, указанные диагностические параметры обладают высокой чувствительностью.

Стабильность диагностического параметра характеризуется величиной рассеивания его при неизменном значении структурного. Проведенные 25 независимых измерений диагностических параметров при неизменном значении структурных позволили определить параметры распределения и погрешность диагностических параметров по формуле [1]:

$$\Delta S = t_{p,n} \times \frac{\sigma_S}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

где $t_{p,n}$ - критерий Стьюдента при доверительной вероятности p и числе измерений n ; σ_S - среднеквадратическое отклонение единичного измерения S .

Параметры распределения и погрешности диагностических параметров приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры распределения и погрешность диагностических параметров

| Диагностический параметр | \bar{S} | σ | ΔS | $\delta_S, \%$ |
|--------------------------|-----------|----------|------------|----------------|
| Угловой зазор | 23,9 | 5,5 | 2,3 | 9,6 |
| Осевой зазор | 41,6 | 9,5 | 3,9 | 9,3 |
| Радиальный зазор | 36,5 | 7,5 | 3,2 | 8,6 |

Примечание к табл. 2 \bar{S} - среднее значение; σ – среднеквадратическое отклонение; ΔS - абсолютная погрешность; δ_S - относительная погрешность (точность).

Таким образом, меньшей относительной погрешностью обладает радиальный зазор фланца вторичного вала.

Информативность диагностического параметра оценивается повышением вероятности состояния объекта диагностирования после диагностирования. Его

можно оценить по результатам анализа распределений диагностического параметра по исправным и неисправным объектам диагностирования. Такие распределения получены по результатам измерений указанных диагностических параметров по исправным и неисправным коробкам передач. Для оценки значимости различия средних значений \bar{s}_1 и \bar{s}_2 , а, следовательно, информативности параметра S определили критерий Стьюдента [6,7]

$$t = \frac{|\bar{S}_2 - \bar{S}_1|}{\sigma \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}, \quad (3)$$

где σ - средняя величина среднеквадратических отклонений; n_1, n_2 - объем выборок.

Результаты оценок приведены в табл.3.

Таблица 3

Оценки информативности диагностических параметров

| Диагностические параметры | \bar{s}_1 | \bar{s}_2 | σ_1 | σ_2 | t_p | $t_{кр}$ |
|---------------------------|-------------|-------------|------------|------------|-------|----------|
| Суммарный угловой зазор | 47,8 | 134,8 | 15,0 | 17,1 | 19,4 | 1,67 |
| Осевой зазор | 61,6 | 155 | 19,1 | 23,9 | 15,5 | 1,67 |
| Радиальный зазор | 72 | 150,8 | 16,0 | 20,6 | 15,6 | 1,67 |

Примечание: t - расчетный критерий Стьюдента; $t_{кр}$ - критический критерий Стьюдента при доверительной вероятности 0,9.

Как видно из табл.3, различие \bar{S}_1 и \bar{S}_2 значимо с доверительной вероятностью 0,9 и выше. То есть, все эти диагностические параметры можно считать информативными.

Таким образом, все диагностические параметры отвечают основным требованиям в отношении структурных параметров.

В качестве номинальных значений диагностических параметров целесообразно принять значения, которые должны быть при сборке агрегатов. Для окружного, осевого и радиального зазоров номинальное значение можно принять равным нулю.

Предельное значение диагностического параметра определяется статистическим методом, что потом можно уточнить по экономическому критерию. Предельную величину диагностического параметра можно определить путем измерения его у неисправных коробок передач. По этим редукторам было также получено распределение и определены его параметры. В данном случае необходимо ограничение предельного значения диагностического параметра по нижнему пределу с вероятностью $p \geq 0,95$.

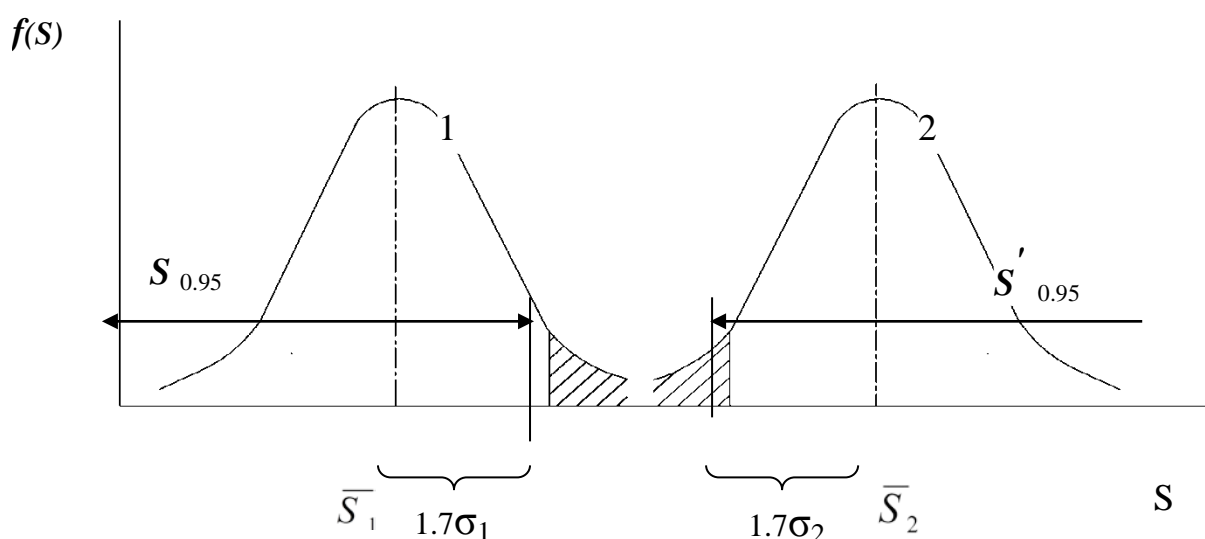


Рис. 10. Определение нормативного показателя по закону распределения исправных – 1 и неисправных – 2 объектов диагностирования при возрастании диагностического параметра в процессе эксплуатации

$$S_{0,95} = \bar{S}_1 + 1,7\sigma_1, \quad (4)$$

где \bar{S}_1 и σ_1 - соответственно среднее и среднеквадратическое отклонение значения диагностического параметра исправных редукторов.

$$S'_{0,95} = \bar{S}_2 - 1,7\sigma_2, \quad (5)$$

где \bar{S}_2 и σ_2 - соответственно среднее и среднеквадратическое отклонение значения диагностического параметра неисправных редукторов. Результаты расчетов приведены в табл.4.

Параметры распределения и предельные значения диагностических параметров

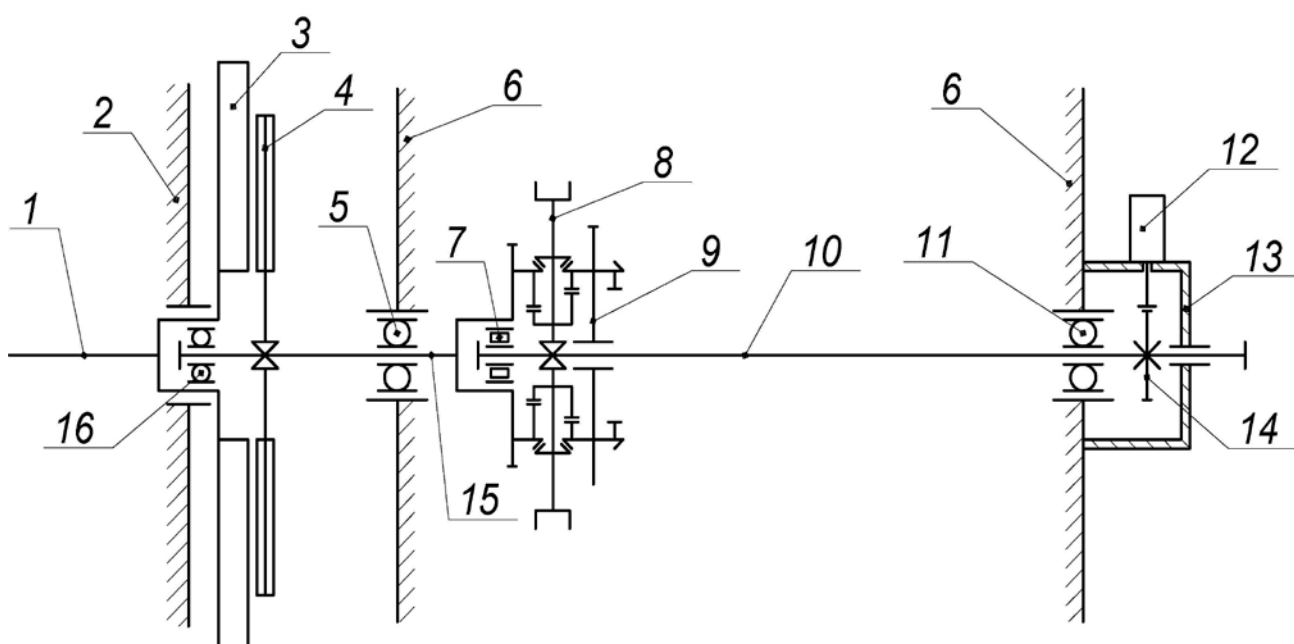
| Диагностические параметры | S_1 | σ_1 | $S_{0,95}$ | S_2 | σ_2 | $S'_{0,95}$ |
|---------------------------|-------|------------|------------|-------|------------|-------------|
| Суммарный угловой зазор | 47,8 | 15,0 | 73 | 134,8 | 17,1 | 108 |
| Осевой зазор | 61,6 | 19,1 | 94 | 155 | 23,9 | 114 |
| Радиальный зазор | 72 | 16,0 | 99 | 150,8 | 20,6 | 116 |

Из табл. 4 видны значительные различия в предельных значениях, определенных по группе исправных и неисправных коробок передач. Поскольку неисправности КП не влияют на безопасность движения и не всегда обусловлены техническим состоянием (изношенностью) деталей, то в качестве предельных целесообразно принимать значения, полученные по неисправным коробкам передач. В дальнейшем нормативы целесообразно уточнить по экономическому критерию.

Анализ приведенных данных по изнашиванию и взаимному влиянию элементов коробки перемены передач и способа предремонтного диагностирования привел к выводу о том, что основными признаками неисправности являются появляющиеся радиальные зазоры и динамические нагрузки [7]. Одним из важнейших параметров, определяющих виброактивность подшипников качения, является величина радиального зазора.

Во время эксплуатации автомобиля температура в опорном подшипнике первичного вала складывается за счёт нагрева коленчатого вала двигателя от масла и блока цилиндров маховика за счёт трения с диском сцепления и резинового уплотнительного кольца, установленного на заднем торце коленчатого вала, за счёт силы трения, возникающей при вращении коленчатого вала. Температура в опорном подшипнике первичного вала во время работы составляет порядка 150 С, что приводит к разжижению и вытеканию смазки из опорного подшипника) первичного вала. Уменьшение

количества смазки приводит к более скорому отказу опорного подшипника первичного вала.



1 – коленчатый вал; 2 – блок цилиндров; 3 – маховик; 4 – узел сцепления; 5, 7, 11, 16 – подшипник; 6 – картер коробки передач; 8 – синхронизатор IV-V передач; 9 – шестерня IV передачи; 10 – вторичный вал коробки передач; 12 – индуктивный датчик положения; 13 – крышка заднего подшипника вторичного вала; 14 – червяк привода спидометра; 15 – первичный вал коробки передач.

Рис. 11. Кинематическая схема валов и опор КП

Повышение нагрузки на первичный вал коробки передач вследствие образования дисбаланса сцепления [8,9], возникающего вследствие нарушения центрирования среднего ведущего диска, также способствует скорому выходу из строя опорного подшипника первичного вала, установленного в заднем торце коленчатого вала.

Разрушение опорного подшипника первичного вала коробки передач, установленного в заднем торце коленчатого вала, приводит к тому, что первичный вал коробки передач теряет переднюю опору в пределах диаметра шариков. Этот консольный конец воспринимает динамические нагрузки от дисбаланса сцепления, за счёт чего появляется отклонение оси

вращения первичного вала коробки передач в пределах этого зазора, что является причиной прецессии вала и вызывает повышение амплитуды динамических нагрузок, которые передается посредством кинематических связей на зубчатое сопряжение первичного вала коробки передач с синхронизатором IV-V передач и на шлицевое сопряжение синхронизатора IV-V передач с вторичным валом, вызывая повышение интенсивности изнашивания этих поверхностей.

Наряду с этим при изнашивании опорных подшипников первичного и вторичного валов коробки передач кроме радиального биения вторичного вала появится прецессия вторичного вала.

Вращение – это угловое движение вала вокруг своего геометрического центра с или оси вала без перемещения и вибрации этого центра. Прецессия – это перемещение, или вибрация, геометрического центра вала в плоскости, которая перпендикулярна оси вала.

Устройство непрерывного диагностирования технического состояния опорных подшипников первичного и вторичного валов коробки передач КАМАЗ в эксплуатации, представляет смонтированный в крышку заднего подшипника вторичного вала коробки передач датчик на некотором расстоянии от подшипника с плечом L , например индуктивный датчик положения, сигнала которого от начального радиального биения возрастает вследствие образования прецессии оси вторичного вала, вызванной переломом общей оси валов при изнашивании подшипников.

Отклонение сигнала от номинального значения свидетельствует о повышенной амплитуде биения вторичного вала коробки передач вследствие образования прецессии оси вала из-за неисправности хотя бы одного опорного подшипника первичного и вторичного валов коробки передач.

Предлагаемое устройство позволит диагностировать разрушение опорных подшипников первичного и вторичного валов на ранних стадиях, что позволит избежать повышенного износа остальных деталей коробки

передач, а именно вторичного вала коробки передач, шестерен и синхронизаторов вторичного вала коробки передач.

Прецессия конца вторичного вала является по сути структурным параметром, который очень информативен и может контролироваться непрерывно при работе силового агрегата, что важно применить при бортовой диагностике износа деталей коробки передач, в частности износа опорных подшипников, поддерживающих во вращении первичный и вторичный валы коробки передач КАМАЗ.

Литература

1. Азаматов Р.А., Дажин В.Г., Кулаков А.Т., Модин А.И. Восстановление деталей автомобилей КАМАЗ / Под ред. В.Г. Дажина. – Набережные Челны: КАМАЗ, 1994, - 215с.
2. Лянденбургский В.В., Нефедов М.В., Боровков В.Н. Встроенная система диагностирования коробки передач автомобилей. [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Выпуск 5 (24), сентябрь – октябрь 2014: сайт. – URL: <http://naukovedenie.ru> (дата обращения 25.01.2018).
3. Мухаметдинов Э.М. Совершенствование системы фирменного сервиса с целью повышения безотказности автомобилей: дисс... канд. техн. наук. - Оренбург, 2009.
4. Туркеев Г.Г. Анализ способов восстановления вторичного вала коробки передач автомобиля КАМАЗ // Совершенствование технологий и организация работоспособности машин: межвуз. науч. сб. - Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2004. - С.100-102.
5. Туркеев Г.Г. Аналитические предпосылки изменения технического состояния коробки передач в процессе эксплуатации / А.С. Денисов, Г.Г. Туркеев // Матер. Междунар. науч.-практ. конф., посв. 70-летию со дня рождения профессора А.Г. Рыбалко, 11-12 июля. – Ч.Ш. - Саратов: Саратов. гос. аграр. ун-т, 2006. - С.19-25.
6. Плаксин А. М., Гриценко А. В. Разработка средств и методов тестового

- диагностирования машин // Вестник КрасГАУ. - 2016. - № 12. - С. 123-128.
7. Денисов А.С. Основы формирования эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей. - Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 1999. – 352с.
8. Кулаков, А.Т. Восстановление работоспособности сцеплений грузовых автомобилей усовершенствованным ремонтным комплектом/ А.Т. Кулаков, С.Ю. Коваленко, Ш.С. Хуснетдинов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. - № 12. - С. 233-240.
9. Хуснетдинов, Ш.С. Диагностирование сцепления автомобиля по показателям вибрации силового агрегата / Ш.С. Хуснетдинов, Е.А. Пеньков, Р.И. Гарипов // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2014. - № 10. - С. 146-151.
-

*Mukhametdinov E.M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal University, funte@mail.ru;
Kulakov O.A., leading expert, NP «Kamazavtosport», oleg.kulakov@kamaz.ru;
Gribkov K.V., Orenburg State University*

TITLE OF ARTICLE

Abstract: in article the problem of development of effective methods of nondestructive control of technical condition of bearings of truck transmissions of relevant today under operating conditions, with the prospect of use in the on-board system of diagnostics of units of transmission is covered. The possibility of increase in reliability of trucks by creation of modern system and a method of diagnostics of bearings of the transmission on change of technical condition in use is proved.

Key words: reliability, diagnostics, l residual life, on-board diagnosing, transmission.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

УДК 372.881.1

Гатауллина Э.М. учитель английского и немецкого языков, МАОУ "Гимназия №77" г. Набережные Челны, e-mail: gataullinaelvira@mail.ru

Страхова И.В., старший преподаватель, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», e-mail: istrahova@yandex.ru

ИГРА КАК СРЕДСТВО АКТИВИЗАЦИИ ЛЕКСИЧЕСКИХ НАВЫКОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ

Аннотация: статья посвящена современным европейским тенденциям и наиболее актуальным и востребованным достижениям в отношении преподавания немецкого языка как первого или второго иностранного. В этом контексте производится анализ передового европейского опыта, в частности, подробно рассматривается феномен языковой анимации и его специфика. Статья также содержит многочисленные конкретные примеры использования языковой анимации в учебном процессе, которая может применяться не только при обучении немецкому, но также и другим иностранным языкам.

Ключевые слова: языковая анимация; изучение немецкого языка; современный европейский опыт в преподавании

Очевидно, что в современном глобальном мире, с его значительно возросшей академической и социальной мобильностью, уровень владения иностранным языком становится одним из ключевых факторов. Он является не только залогом построения успешной карьеры и условием выигрышной демонстрации профессиональных умений и навыков, но также может послужить оптимальной возможностью для самореализации личности в целом. Коммуникативный подход к обучению, прочно утвердившийся в европейской практике преподавания иностранного языка в восьмидесятых годах прошлого века, казалось бы, был призван разрешить извечную проблему, заключающуюся в наличии многочисленных нареканий в адрес недостаточной развитой коммуникативной компетенции изучающих иностранный язык в условиях школьной системы. Зачастую можно наблюдать, что побочным результатом

овладения языком в подобном случае являются скованность обучающихся, их ярко выраженный языковой барьер, равно как и страх совершить ошибку. Однако, несмотря на то, что развитие коммуникативной компетенции продолжает оставаться основополагающим принципом в процессе обучения, говоря о современном европейском опыте, можно отметить некоторые новые вызовы сегодняшней повседневной реальности, принимающие более или менее глобальный характер.

Если рассматривать преподавание немецкого языка как иностранного, применительно к современным наработкам коллег Федеративной республики Германии, то в первую очередь, это включение в образовательную среду значительного количества выходцев из семей мигрантов, беженцев и переселенцев. Этот процесс обуславливает мультиэтничный и неизбежно разноуровневый состав учебных групп, что создает существенные трудности при обучении и требует непременно привнесения межкультурного компонента в образовательный процесс.

Следующим важным фактором является на сегодняшний день широкое распространение английского языка, который в эпоху глобализации по умолчанию воспринимается как имеющий статус языка международного общения. В этой связи, для того, чтобы мотивировать учащихся к изучению других иностранных языков (в частности, немецкого), следует обеспечить его особую привлекательность и перспективность.

Очередной проблемой, приобретающей все более массовый характер, является активное использование учащимися многочисленных гаджетов и проведение большого количества времени в виртуальной среде, что зачастую становится причиной их обособленности и может привести к существенному снижению коммуникативных способностей обучающихся. С другой стороны, широкие возможности развлекательного спектра мобильных устройств, как правило, приводят к снижению мотивации к усвоению «классического» учебного материала. Поиск решения вышеперечисленных проблем и привел к созданию

такой востребованной на сегодняшний день зарубежной методики, как языковая анимация.

Целью данной статьи является обобщение зарубежного опыта и анализ специфики феномена языковой анимации как эффективного способа обучения языку.

Новизна данной работы состоит в том, что позволяет акцентировать внимание на современных европейских тенденциях и подходах к обучению в контексте глобализации и, применительно к Германии, функционирования мультикультурного образовательного пространства. Результаты зарубежного языкового опыта исследовались методами наблюдения, обобщения и анализа. Материалом для написания данной статьи послужили методические аспекты, рассмотренные на Всероссийском образовательном форуме «Немецкий – первый второй иностранный язык», который был проведен Немецким культурным центром имени Гете в ноябре 2016 года в Москве.

На данном форуме были представлены актуальные зарубежные инновационные методические разработки, направленные на создание внутренней мотивации обучающихся на изучение немецкого языка. Именно этой цели и служит языковая анимация, которая применима как изучению немецкого, так и других иностранных языков.

Игра, как показывает опыт педагогов и теоретиков, является одним из эффективных приемов обучения. Специфика игры, как точно подметил М.Н. Скаткин, заключается в том, что "учебные задачи выступают перед ребенком не в явном виде, а маскируются". "Играя, ребенок не ставит учебной задачи, но в результате игры он чему-то учится" [1, с.58]. Именно эта особенность игры делает ее важнейшим средством развития умственных действий и средством развития произвольного внимания. Повсеместная увлеченность современных детей и молодежи компьютерными играми и пребыванием в виртуальной среде обусловила появление термина игрофикации или геймификации, применения игровых методик в самых различных сферах. Следовательно, методической задачей при обучении иностранному языку также может послужить

использование развлекательности и привлекательного инструментария, типичного для компьютерных игр, для реализации типично учебных задач.

Использование игр на уроках иностранного языка позволяет достичь личностных, метапредметных и предметных результатов, в частности оно способствует:

- развитию познания (в сфере становления собственно языка);
- развитию речевых умений;
- развитию умения общаться;
- запоминанию речевого материала.

Методику языковой анимации можно также отнести к разновидности игровых технологий. Языковой аниматор выполняет те же задачи, что и аниматор в отеле, а именно, привлекает людей к совместной деятельности. Например, в ходе молодежной встречи он вдохновляет молодых людей вести беседу и активно общаться на чужом для них языке. Учитель тоже может выступать на уроке не только в типичной для него роли человека, передающего и проверяющего знания, но в роли языкового аниматора, способного привлекать учащихся к общению на иностранном языке.

Языковая анимация – это методика, объединяющая игру и естественную коммуникативную ситуацию. Она может с успехом применяться в качестве творческой методики для изучения иностранного языка в школе и ВУЗе, на занятиях дополнительного образования. Обучающиеся становятся более раскрепощенными и общительными, у них снимается языковой барьер. Благодаря языковой анимации удается уменьшить страх изучающих перед иностранным языком, таким образом, они приобретают большую уверенность в своих силах для применения иностранного языка в повседневном общении. В ходе языковой анимации непрерывно дается стимул для личной инициативы, творческого подхода и фантазии играющих. Она повышает способность восприятия себя самого, других участников и чужой культуры. Так, у детей возрастает интерес к

чужой стране, к языку. Новые понятия быстро и легко запоминаются благодаря радости, которую дети получают в процессе игры.

Языковая анимация может служить дополнением к современному уроку иностранного языка и может применяться на начальном и продвинутом этапе обучения.

Цели языковой анимации:

- 1) Мотивация и преодоления трудностей общения.
- 2) Тренировка языка: игры на повторение и закрепление слов и выражений
- 3) Систематизация знаний

Далее представлены несколько примеров языковой анимации, которые были предложены на образовательном форуме. Большею своей частью они направлены на активизацию лексических навыков и могут быть эффективно использованы на уроке иностранного языка именно на этом этапе урока.

1. Языковая игра на закрепление правописания немецких букв "StillePost"

Дети делятся на две команды и садятся в ряд друг другу спиной. Последний игрок поочередно получает буквы и рисует их на спине впереди сидящего, тот в свою очередь проделывает тоже самое с игроком, сидящим впереди него. Самый первый игрок записывает буквы в слово, а потом вся команда пытается определить, какое слово было загадано. (Слово должно быть незнакомым, но являться интернационализмом, чтобы можно было догадаться о значении).

2. Языковая игра на закрепление лексических единиц "Wörtersalat".

Дети садятся в круг на стулья, один ведущий. На доске написаны новые слова. Каждый ребенок получает одно слово так, что одно и то же слово должно встречаться как минимум у двух человек. Ведущий называет одно слово из списка. Учащиеся, чье слово было названо, должны поменяться местами. Ведущий также стремится занять место. Тот, кому не хватило места, становится ведущим. Если ведущий говорит одну, заранее обговоренную фразу, например, *Wie heißt du*, все игроки должны встать и поменяться своими местами.

3. Языковая игра на закрепление лексических единиц "Buchstaben-Staffellauf"

Группа делится на две команды. На доске висит плакат с алфавитом для каждой команды. Участники каждой команды по очереди пишут слово на каждую букву. Кто быстрее?

4. Игра на закрепление лексических единиц по теме "Одежда"

Участники встают в круг. Ведущий стоит в центре круга и обращается к одному из игроков "Magst du deine Nachbarn?". Тот, к кому обращаются, отвечает „Ja, ich mag meine Nachbarn, aber nicht die mit einem Rock“. Те участники, которые одеты в юбку, меняются местами, ведущий, в свою очередь, пытается занять место одного из детей.

5. Игра "Портрет" на закрепление лексических единиц по теме «Внешность»

Участники садятся в круг, каждый получает карандаш и лист бумаги. Учитель называет какую-то часть тела, дети хором повторяют. Затем они ее рисуют и передают лист другому учащемуся по часовой стрелке, получая в свою очередь лист от соседа. Учитель называет другую часть тела и т. д. В итоге получают портреты, которые можно повесить в классе.

5. Игра на закрепление лексических единиц («MemoSpiel»)

Принцип игры такой же как с карточками, только в качестве карточек выступают сами участники. 2 ведущих выходят из класса. Остальные делятся на пары. Каждая пара загадывает для себя слово/словосочетание: один на русском, другой то же слово/словосочетание на немецком. Все участники становятся в два ряда. Ведущие по очереди "открывают карточки" - касаются двоих детей. Они называют свое словосочетание. Каждый ведущий имеет право за один ход открыть две карточки. Кто из ведущих угадает больше пар, тот победитель.

6. Игра на закрепление лексических единиц («Bingo»):

Участникам предлагается список слов на немецком языке, из которого они выбирают 5 самых трудных для запоминания или интересных слов и записывают их. Затем учитель диктует все слова из списка на русском языке. Учащиеся отмечают в своем списке те слова, которые называет учитель. Кто отметит все свои 5 слов первым, кричит "Бинго" и считается победителем.

6. Игра на закрепление порядка слов в предложении.

Один учащийся выходит из класса. Каждый ребенок получает слово. Когда ведущий заходит в класс, участники непрерывно произносят свое слово до тех пор, пока ведущий не поставит их в правильном порядке в соответствии с местом слова в предложении.

7. Игра на внимательность "Kaiser, wie viele Schritte darf ich gehen?"

Игрок, который изображает кайзера, стоит к остальным игрокам спиной. Игроки стоят позади в линию. Кайзер не оборачивается назад. Игроки поочередно спрашивают кайзера "Wie viele Schritte darf ich gehen?". Кайзер говорит "Drei kleine Schritte" oder "einen Sprung" usw. Игрок, прежде чем сделать шаг, должен удостовериться и спросить: "Darf ich?". Если игрок забудет переспросить, он возвращается на свое место и начинает игру сначала. Тот, кто первым доберется до кайзера, занимает его место, и игра начинается сначала.

8. Игра на систематизацию знаний.

Смысл игры заключается в том, чтобы соединить в предложение существительное, прилагательное и глагол. Для динамизма игры необходим мяч. Один игрок называет слово-существительное и бросает мяч любому игроку. Тот в свою очередь должен подобрать к нему подходящее прилагательное. Третий игрок подбирает глагол в нужной форме. Затем все начинается сначала.

Таким образом, если обобщить характерные особенности данных языковых игр, то можно заключить, что в них отчетливо проявляются тенденции к игрофикации, драматизации, анимации, познанию чужой культуры, которые на сегодняшний день являются ведущими принципами в процессе обучения иностранному языку за рубежом, и которые могут достаточно успешно применяться в отечественной практике преподавания, не только немецкого, но также и других иностранных языков.

Литература

1. Стронин М. Ф. Обучающие игры на уроке английского языка / М. Ф. Стронин — М.: Просвещение, 2001—370 с.

Gataullina E.M. teacher of English and German, gymnasium № 77 NaberezhnyeChelny, e-mail: gataullinaelvira@mail.ru
Strakhova I.V. senior lecturer, NaberezhnyeChelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, e-mail: istrahova@yandex.ru

GAME AS A MEANS OF ACTIVATION OF LEXICAL SKILLS IN TEACHING FOREIGN LANGUAGES

*Abstract:*The article is devoted to modern European trends and the most relevant and popular achievements in the teaching of German as the first or the second foreign language. In this context, the analysis of the best European experience is carried out, in particular, the phenomenon of language animation and its peculiarities are examined in detail. The article also contains numerous definite examples of the use of language animation in the educational process, which can be used not only for teaching German, but also for other foreign languages.

Key words: language animation, learning German, European experience in teaching

УДК 614.8

Заболотская Н.Н., кандидат медицинских наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

Муратова З.М., старший преподаватель, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

ФАКТОРЫ РИСКА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ КАК ПРИЧИНА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАБОТНИКОВ

Аннотация: Работа на предприятиях энергетической отрасли сопряжена с комплексом опасных и вредных производственных факторов. Профессиональные риски отрасли, обусловленные спецификой производства, являются причиной заболеваемости работников. Анализ заболеваемости работников одного из предприятий данной отрасли показал, что большая часть дней нетрудоспособности приходится на «недифференцированные» заболевания с длительными сроками пребывания на больничных листах. Хроническая профессиональная патология не зарегистрирована.

Ключевые слова: предприятия электроэнергетики, профессиональные риски, заболеваемость работников, больничный лист, профессиональная патология.

Развитие добывающих производств, обусловленное их интенсификацией и увеличением объема продукции, сопровождается ростом числа работающих в отрасли, в том числе в электроэнергетике. Однако, это происходит в большинстве случаев на основе устаревших технологий и оборудования, при сокращении финансирования мероприятий по улучшению условий труда, обеспечения работающих средствами индивидуальной защиты, что создает условия повышенной опасности для здоровья работающих. Оценка факторов риска, имеющихся в отрасли, играет огромную роль в прогнозировании заболеваемости работников данного ведомства.

Работа на предприятиях энергетической отрасли сопряжена с комплексом опасных и вредных производственных факторов, способных вызвать профессиональные заболевания, травматические повреждения, несчастные случаи с летальным исходом. Основными обстоятельствами и условиями возникновения чрезвычайных ситуаций у работников электроэнергетики являются несовершенство технологических процессов, конструктивные недостатки, несоответствие рабочих мест санитарно-гигиеническим требованиям, неприменение средств индивидуальной защиты и их несовершенство. В области охраны труда для работодателя существует значительно больше рисков (как по количеству, так и по объему финансовых обязательств), нежели в сфере оплаты труда. То есть это одна из самых рискованных зон для работодателя. По данным Росстата 27,5% рабочих мест в России квалифицируются как места, находящиеся во вредных и опасных условиях труда, тогда как в энергетике этот показатель достигает 32,9%. Удельный вес рабочих мест, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам по техническому состоянию и организации в электроэнергетике выше, чем в среднем по стране [1, с.27]. В то же время инвестиции в охрану труда в расчете на одного работника на предприятиях электроэнергетики составляют от 7 тысяч рублей до 20 тысяч рублей в отличие от предприятий России в целом, где этот показатель не превышает 5,4 тысяч рублей. [2]

Одним из важных источников риска являются физические факторы воздействия, которые могут явиться причиной развития целой группы профессиональных заболеваний. К факторам риска физических причин опасностей в энергетике относятся вибро-акустические воздействия, тепловое излучение, электромагнитные и другие излучения и поля, оборудование, работающее под давлением в котельных и на электростанциях.

Второй не менее значимый источник риска – это воздействие химических факторов, таких как промышленные аэрозоли, содержащие кремний, оксид углерод, диоксид серы, свинец и его соединения, газообразный хлор, сажу, цементную пыль. В эту группу следует включить воздействие органических растворителей.

Физические и химические факторы воздействия являются параметрами гигиены рабочей среды. Этот источник риска помимо перечисленных факторов можно дополнить аномальным микроклиматом и нерациональным освещением.

В процессе трудовой деятельности работники энергетических предприятий подвергаются воздействию биологических факторов: болезнетворных бактерий и вирусов, смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), которые способны вызвать нарушения иммунитета, аллергию и даже онкологические заболевания.

Работники энергетической отрасли испытывают на себе воздействие таких негативных факторов, как тяжесть и напряженность труда. Тяжесть работы определяется величиной физических усилий, статической нагрузкой, напряженной рабочей позы. Напряженность труда связана с психоэмоциональными нагрузками и определяется такими факторами риска как неправильный режим труда и отдыха, персональная ответственность, монотонность труда, продолжительное сосредоточение внимания в течение рабочей смены. Большое количество зрительной и звуковой информации, часто возникающие нештатные ситуации, требующие быстрого принятия решений, повышенная ответственность за свои действия - все это создает значительную нагрузку на нервную систему работников.

В последние десятилетия особую значимость среди источников риска приобретают быстроразвивающиеся информационные технологии, создающие финансовые риски, связанные с промышленным шпионажем, финансовым мошенничеством, разглашением информации, спамом, ошибками в программном обеспечении.

Профессиональные риски отрасли, обусловленные спецификой производства, являются причиной заболеваемости работников. В структуре заболеваний данной отрасли выделяют заболевания, связанные с воздействием физических, химических, биологических факторов – это интоксикации, аллергические заболевания, новообразования, бронхо-легочная патология, поражения опорно-двигательного аппарата. По данным Росстата в Российской Федерации в последние годы отмечено снижение показателей профессиональной заболеваемости, в то время как в электроэнергетике наблюдается нарастание показателей впервые зарегистрированных случаев. Особенно высока заболеваемость на тепловых электростанциях, электрических сетях (линиях электропередач и электроподстанциях), тепловых сетях.

По данным литературы наиболее часто регистрируются случаи профзаболеваний у слесарей-ремонтников, электросварщиков ручной сварки, электрогазосварщиков. Наибольшее число профессиональных заболеваний у электроэнергетиков зарегистрировано в Уральском и Сибирском регионах, где ведущее место занимают заболевания, связанные с воздействием физических факторов, промышленных аэрозолей и с перенапряжением отдельных органов и систем (радикулопатия, периартрозы, остеопорозы), а также аллергические заболевания.

Среди впервые выявленных профессиональных заболеваний доля профзаболеваний среди женщин составила 11,8%. В структуре нозологических форм профессиональных заболеваний у женщин преобладали интоксикации (25%), аллергические заболевания (8,8%),

заболевания, связанные с воздействием физических факторов (22%), с физическими перегрузками и перенапряжением отдельных систем организма (22%).

Тревожным является то обстоятельство, что удельный вес числа работников (в том числе женщин), занятых в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, в электроэнергетике (27,9-29,9%) значительно выше, чем в целом по России (21,4-24,9%).

По данным Росстата регистрируемый уровень профзаболеваний в России не отражает истинной ситуации и не соответствует состоянию условий труда. Очевидно, что основная часть профессиональных заболеваний маскируется в структуре общей заболеваемости, т.е. работники с нарушениями здоровья, возникшими в процессе труда, не получают надлежащего медицинского обслуживания и соответствующих социальных компенсаций за утрату здоровья. Имеются тенденции сокрытия имеющихся рисков развития профессиональной заболеваемости. Основная часть профзаболеваний маскируется в структуре общей заболеваемости [3].

Удельный вес профессиональных заболеваний в Республике Татарстан составляет 0,74-0,72%, в Российской Федерации – 1,76%. Структура профзаболеваний по этиологии возникновения аналогична российской. Отмечена тенденция к росту временной нетрудоспособности в организациях электроэнергетики на 38,8%, в то время как в целом по России – на 33,1%. Менее половины случаев профзаболеваний в электроэнергетической отрасли привели к утрате трудоспособности (41,2%), при этом у женщин – 44,1%

Хронические профзаболевания у работников выявляются, главным образом, при проведении периодических медицинских осмотров. Однако, как показывает практика, организация и проведение медосмотров является одним из узких мест выявления профессиональной патологии. Совершенно очевидно также, что регистрируемый уровень профессиональной заболеваемости в России не отражает истинной ситуации и не соответствует состоянию условий труда. Низкое качество проводимых медосмотров обусловлено недостаточной

обеспеченностью медучреждений, осуществляющих этот процесс, диагностическим оборудованием, отсутствием специалистов, имеющих специальные знания по профпатологии, отсутствием данных об интенсивности и уровнях воздействия производственных факторов на конкретных рабочих местах.

Нами был проведен анализ заболеваемости работников одного из предприятий электроэнергетики города НЧ ТЭЦ за период 2012-2015 годов. По данным, представленным здравпунктом предприятия, видно, что большая часть дней нетрудоспособности приходится на «недифференцированные» заболевания с длительными сроками пребывания на больничных листах (таблица 1), а также на бытовые травмы. Заболевания бронхо-легочной системы, опорно-двигательного аппарата, периферической нервной системы, электроофтальмия представлены единичными случаями. Хроническая профессиональная патология не зарегистрирована.

Таблица 1.

Структура заболеваемости работников предприятия электроэнергетики «Набережночелнинская ТЭЦ» по годам

| Нозологические формы | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|--|------|------|------|------|
| Травмы бытовые | 6 | 12 | 16 | 8 |
| Недифференцированные заболевания с длительными больничными листами | 6 | 15 | 20 | 10 |
| Онкологические заболевания | 2 | 3 | 4 | 2 |
| Почечно-каменная болезнь | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Заболевания крови | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Острые бронхо-легочные заболевания | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Заболевания опорно-двигательного аппарата | 1 | - | - | - |
| Заболевания периферической нервной системы | - | - | - | - |
| Оперативное лечение | 3 | 4 | 6 | 3 |
| Инфаркт миокарда | - | - | 2 | 1 |
| Электроофтальмия | - | 1 | - | - |

Анализ заболеваемости в зависимости от пола работников с учетом их возраста показал, что женщины до 40 лет болеют чаще мужчин того же возраста. И совершенно противоположная картина отмечается после 40 лет, когда заболеваемость мужчин значительно превосходит показатели женщин.

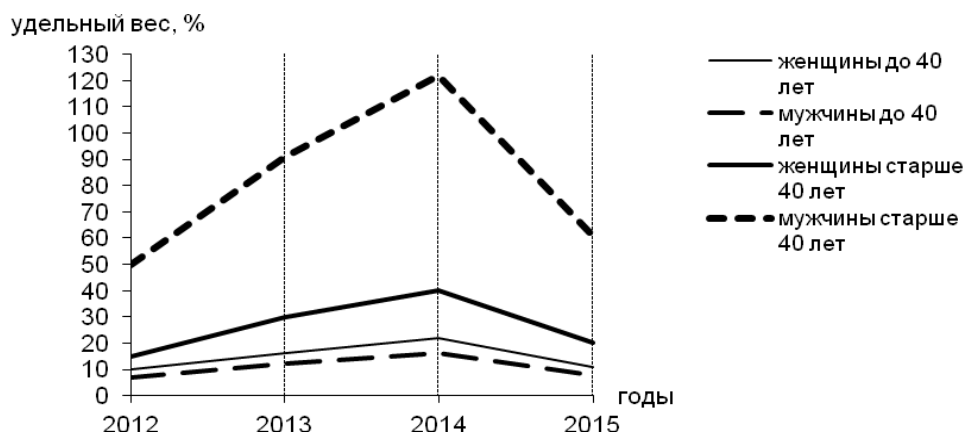


Рис. 1. Удельный вес дней нетрудоспособности работников НЧ ТЭЦ

Отсутствие разработанных для широкого применения методологических подходов к использованию профессионального риска, не способствует формированию эффективных и конкретных мер по профилактике профессиональной заболеваемости работающих, принятию обоснованных и адресных управленческих решений.

На предприятии НЧ ТЭЦ проводится большая работа по пропаганде здорового образа жизни, профилактике заболеваний. Разработаны целевые программы по улучшению условий труда на предприятии, так как основными факторами риска для работников электроэнергетики являются несовершенство технологических процессов, конструктивные недостатки средств труда, несовершенство рабочих мест, неприменение СИЗ.

Таким образом, при решении вопросов сохранения здоровья работников должен осуществляться комплексный подход, включающий определение опасных и вредных факторов производственной среды, степени риска повреждения здоровья, систематические медицинские обследования работников с целью своевременного выявления нарушений состояния здоровья, проведения

реабилитационных и профилактических мероприятий. Обеспечение здоровых и безопасных условий труда является предпосылкой для высокой производительности труда, залогом сохранения трудовых ресурсов, а также устойчивого социально-экономического развития государства в целом.

Литература:

- 1.Дорофеев Н.П., Титов В.Л., Степанов Б.М. Анализ причин несчастных случаев на энергоустановках с 1 января 2001 по 1 мая 2005 года (по статистическим данным) // Энергобезопасность в документах и фактах. – 2005. - № 3. – с.25-29.
- 2.Аналитический доклад Объединения Ра Эл. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rael.elektra.ru>. (дата обращения 02.02.2018).
- 3.Аналитический материал Объединения Ра Эл «Вопросы сохранения и укрепления здоровья работающих, состояние профессиональной заболеваемости в электроэнергетике» - Москва, 2008. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rael.elektra.ru>. (дата обращения 02.02.2018).

Zabolotskaya N. N. candidate of medical Sciences, associate Professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, e-mail: Zabolotsckaya.nin@yandex.ru;

Muratova. Z. M, senior lecturer, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, e-mail: Zinfira_m@mail.ru

RISK FACTORS IN THE POWER SECTOR AS THE CAUSE OF MORBIDITY OF WORKERS IN THE INDUSTRY

Abstract: Work at the enterprises of power branch is connected with a complex of dangerous and harmful production factors. Occupational risks of the industry due to the specifics of production, are the cause of morbidity of workers.. The analysis of the incidence of workers of one of the enterprises of this branch showed that the most part of days of incapacity for work falls on "undifferentiated" diseases with long periods of stay on sick leaves. Chronic occupational pathology is not registered.

Key words: electricity industry, occupational risks, the incidence of employees sick leave, professional pathology.

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ФИНАНСЫ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

УДК 336.663

Прошкина О.В., кандидат экономических наук, доцент, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

УПРАВЛЕНИЕ ОБОРОТНЫМ КАПИТАЛОМ КАК ФАКТОР ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ФИРМЫ

Аннотация. В статье раскрыты понятие, факторы и индикаторы экономической безопасности предприятия, роль и место оборотного капитала в обеспечении экономической безопасности фирмы, перечислены мероприятия в области управления оборотным капиталом, способствующие укреплению финансово-экономической безопасности фирмы.

Ключевые слова: оборотный капитал; оборотные активы; оборотные средства; экономическая безопасность; финансовая устойчивость; экономическое равновесие; финансово-экономические коэффициенты; управление запасами; дебиторская задолженность; оптимизация структуры оборотных средств; производственный цикл; оборачиваемость.

Экономическая безопасность предприятия – это наличие конкурентных преимуществ, обусловленных соответствием материального, финансового, кадрового, технико-технологического потенциалов и организационной структуры фирмы ее стратегическим целям и задачам. Экономическая безопасность предполагает высокий уровень развития производительных сил, существование которых невозможно без достаточного оборотного капитала фирмы.

Основными факторами экономической безопасности предприятия являются как внешние (макроэкономические, демографические, рыночные и др.), так и внутренние (финансовые, производственные, материально-технические, кадровые, инвестиционно-технологические, сбытовые и др.).

Показателями (параметрами, индикаторами) экономической безопасности организации является все множество финансово-

экономических показателей фирмы – финансовая устойчивость, платежеспособность, кредитоспособность, ликвидность, а также производительность, деловая активность, рентабельность и многие другие. Каждый из них вносит свой вклад в обеспечение устойчивого выживания и развития фирмы.

В настоящее время не создано единого перечня показателей, гарантирующего комплексную и полную оценку степени экономической безопасности фирмы в силу разнообразия специфических особенностей предприятий, занимающихся предпринимательской деятельностью. Однако можно вывести обобщающую оценку уровня экономической безопасности на основании сопоставления (в том числе графического) предельных (критических и нормальных) и фактических значений показателей-индикаторов, выбор и значимость которых может устанавливаться каждым хозяйствующим субъектом самостоятельно. Эффективность управления оборотным капиталом является одним из таких показателей.

Оборотный капитал включает: сырье, материалы, комплектующие, материалы для эксплуатации, ремонта и других нужд; малоценные и быстроизнашивающиеся инструменты; материалы со сроком службы менее одного года, и др., готовую продукцию; НДС; дебиторскую задолженность, финансовые вложения, денежные средства и денежные эквиваленты. Из них основными элементами, от величины и скорости оборота которых зависит эффективность функционирования предприятия в целом, непрерывность производственного процесса, финансовое состояние предприятия, уровень его платежеспособности и материально-техническое обеспечение, являются запасы, дебиторская задолженность и денежные средства.

Проблема эффективного управления оборотным капиталом является важнейшей составляющей экономической безопасности предприятия, так как от качества управления им во многом зависит успешность его функционирования. Оптимизация механизма управления оборотным

капиталом способствует повышению экономической безопасности и эффективности производства предприятия.

Так, рациональное использование оборотных средств в условиях их хронического дефицита является одним из приоритетных направлений деятельности любого предприятия в настоящее время. Несвоевременное обеспечение производственного процесса может привести к срыву выполнения заключенных договоров, что негативно отражается на имидже предприятия как надежного партнера.

Одной из причин ухудшения экономического равновесия предприятия служит недостаток оборотных средств. Для увеличения доли собственных оборотных средств необходимы либо достаточный рост собственного капитала за счет прибыли, либо снижение величины внеоборотных активов. Второе нежелательно, т.к. ведет к уменьшению имущества организации и затруднению хозяйственной деятельности. Наиболее безрисковым способом пополнения источников формирования запасов является увеличение реального собственного капитала за счет накопления нераспределенной прибыли [1]. Собственные оборотные средства позволяют внедрять новые технологии, совершенствовать производство, повышать качество, финансировать научные исследования, осваивать новые рынки и т.д.

Другой стороной нарушения экономического равновесия являются излишние размеры оборотных активов. Поскольку положительным фактором финансовой устойчивости является наличие источников формирования запасов, а отрицательным фактором – величина запасов, то основными способами выхода из неустойчивого и кризисного финансовых состояний будет не столько пополнение источников оборотных активов, сколько оптимизация их структуры [1].

Таким образом, если величина оборотного капитала и условия управления им меняются, денежные средства в той или иной мере высвобождаются из оборота. Высвобождение ресурсов позволяет увеличить

объем производства без дополнительных финансовых затрат, или использовать их в соответствии с насущными нуждами предприятия.

Повышение эффективности использования оборотных средств достигается за счет ускорения их оборачиваемости. Ритмичность, слаженность и высокая результативность работы предприятия во многом зависят от обеспеченности производства оборотными средствами. Недостаток средств может привести к сокращению производства.

Поскольку оборотный капитал включает как материальные, так и денежные ресурсы, от его организации и эффективности использования зависит не только процесс материального производства, но и финансовая устойчивость предприятия.

Для повышения эффективности использования оборотного капитала необходима рациональная организация производственных запасов, сокращение пребывания оборотных средств в незавершенном производстве и эффективная организация фондов обращения (готовой продукции, дебиторской задолженности и денежных средств).

Оптимизация сумм, направляемых в запасы, дебиторскую задолженность и денежные средства (как основной вид оборотных активов) позволяют повысить прибыль и финансовую устойчивость.

Сокращение длительности производственного цикла приводит к уменьшению потребности в оборотных средствах, площади складских помещений, сырья, материалов, численности персонала, и, следовательно, к уменьшению себестоимости и росту прибыли.

Снижение удельных расходов сырья, материалов, топлива также влияет на снижение себестоимости и рост масштабов производства. Дальнейшее управление способствует внедрению новых технологий, освоению современных сырьевых ресурсов, использованию инноваций и т.п. Это повышает конкурентоспособность и рентабельность.

Обобщая, мероприятия по укреплению финансово-экономической безопасности фирмы можно представить в виде таблицы (табл. 1). Этот

комплекс мероприятий эффективно работает в организации любого типа, так как является достаточно универсальным. Для каждой конкретной фирмы он может быть дополнен в ходе общего анализа финансово-экономической деятельности.

Таблица 1

Мероприятия в области управления оборотным капиталом, способствующие укреплению финансово-экономической безопасности фирмы

| Мероприятие | Эффект от мероприятия |
|---|--|
| Сокращение запасов | Высвобождение денежных средств |
| Планирование и нормирование запасов | Оптимизация структуры оборотных фондов |
| Улучшение организации снабжения, соблюдение условий поставок, выбор надежных поставщиков | Сведение у минимуму оборотных средств в форме запасов |
| Реализация неиспользованных товарно-материальных ценностей | Снижение уровня запасов |
| Сведение к минимуму запасов материальных ресурсов на складском обеспечении за счет внедрения оптимального производственного плана | Улучшение общего финансового состояния компании |
| Снижение величины запасов и затрат | Снижение издержек производства, снижение себестоимости |
| Уменьшение периода оборачиваемости запасов | Интенсификация воспроизводства |
| Улучшение организации складского хозяйства | Экономия на содержании материалов и готовой продукции |
| Усиление работы по взысканию дебиторской задолженности | Повышение доли денежных средств, ускорение оборачиваемости оборотных средств, рост обеспеченности собственными оборотными средствами |
| Сокращение периода отсрочки, предоставляемой покупателям | Сокращение размеров дебиторской задолженности |
| Сокращение сроков дебиторской задолженности | Повышение ликвидности |
| Ускорение оборачиваемости дебиторской задолженности | Запас прочности по показателям платежеспособности |
| Соблюдение платежной дисциплины | Укрепление деловых отношений с партнерами |
| Продажа или сдача в аренду | Высвобождение средств для пополнения |

| Мероприятие | Эффект от мероприятия |
|--|---|
| неиспользуемых основных фондов | оборотных фондов |
| Преобразование неиспользуемых денежных активов в сырье, материалы, комплектующие и др. | Направление средств, не участвующих в создании нового продукта, из сферы обращения в производство |
| Совершенствование организации производства, улучшение технологий | Сокращение времени пребывания оборотных средств в незавершенном производстве |
| Сокращение товарно-материальных запасов до оптимальных размеров | Повышение прибыльности и рентабельности |
| Сокращение длительности производственного цикла | Более быстрая реализации готовой продукции |
| Техническое переоснащение производственных фондов | Сокращение времени простоя оборудования в периоды технического обслуживания и текущего ремонта |
| Ликвидация бесхозьяственного расходования и потерь материальных ценностей | Направление средств в более выгодные инвестиции, расширение производства |
| Оптимизации размеров неиспользуемых денежных активов | Увеличение объемов производства без дополнительных финансовых ресурсов |
| Увеличение доли собственного оборотного капитала | Укрепление финансовой стабильности |
| Ускорение оборота оборотных средств | Высвобождение средств и расширение деятельности |
| Высвобождение средств | Снижение экономических рисков |
| Повышению эффективности управления оборотным капиталом | Экономия финансовых ресурсов и снижение рисков |
| Снижение экономических рисков | Укрепление экономической безопасности фирмы |

Представление о состоянии экономической безопасности фирмы дают специальные критерии финансово-экономического характера. Среди них можно особо выделить финансовую устойчивость и платежеспособность фирмы, а также ряд показателей, характеризующих общее финансовое состояние организации. Так, косвенное воздействие ускорения оборота активов на размер прибыли определяется тем, что снижение сроков оборота оборотных средств приводит к соответствующему снижению потребности в них, т.е. к снижению затрат, а, следовательно, к увеличению прибыли.

Данную таблицу можно усовершенствовать, придав ей следующее направление: можно вынести в отдельную колонку весь спектр финансово-экономических показателей, на которые прямо или косвенно влияют оборотные активы.

Например, финансовая стабильность фирмы определяется коэффициентом автономии и коэффициентом эффективности предпринимательства, платежная способность фирмы определяется коэффициентом покрытия и коэффициентом абсолютной ликвидности, и т.д. (Коэффициент автономии определяется отношением собственного капитала к итоговой сумме капитала в балансе. Предельное значение – 0,5, но чем оно ближе к 1, тем лучше. Коэффициент эффективности определяется отношением реального основного капитала, представленного в зданиях, машинах, оборудовании и т.п., к сумме всех активов (не менее 0,5), и характеризует эффективность использования средств, которыми располагает предприятие) [2].

Показатели следует ввести в программу (Excel, Альт-Инвест и др.). В идеале автоматизированная система показателей будет отражать влияние изменения оборотных активов на перечень соответствующих коэффициентов (улучшение или ухудшение ситуации можно выделить цветом), и в конечном итоге – на интегральный показатель экономической безопасности фирмы, сформированный из комплекса финансовых коэффициентов с учетом их удельного веса (значимости в структуре параметров оценки). Можно использовать анализ чувствительности изменения (например, прибыли, рентабельности, финансовой устойчивости и т.д.) от изменения оборотных активов. Данная программа будет носить прикладной характер и позволит в считанные секунды получать прогнозные результаты (в том числе графически), по которым можно избирать самые перспективные направления оборотно-фондовой политики.

Совместно со службой логистики можно сформулировать стратегический план развития компании на основе скорректированных

размеров запасов, дебиторской задолженности, денежных средств и других оборотных активов. Дополнительные средства, полученные в ходе использования данной модели, благополучно отразятся на экономической безопасности и устойчивости фирмы.

Благодаря оборотным активам можно скорректировать и кредитную политику фирмы. Сведение затрат к минимально возможному значению достигается оптимизацией структуры источников формирования оборотного капитала фирмы, т.е. сбалансированным сочетанием собственных и кредитных средств. Чем выше доля оборотных средств (высокая доля характерна для масштабных материалоемких производств или предприятий торговли), и, следовательно, ниже доля внеоборотных, тем больше предприятие может привлекать краткосрочных источников финансирования (краткосрочных кредитов и займов, отсрочек платежа поставщикам и т.п.) без ущерба для своей финансовой устойчивости и финансовой независимости.

Таким образом, оборотный капитал является важнейшим фактором экономической безопасности фирмы, так как он обеспечивает: бесперебойное снабжение производства необходимыми ресурсами, рациональную организацию сбыта готовой продукции, своевременный расчет с поставщиками и партнерами, соблюдение договорной и платежной дисциплины.

Эффективное использование оборотного капитала играет большую роль в обеспечении нормализации работы предприятия, повышении уровня рентабельности производства, финансовой устойчивости предприятия.

Ускорение оборота оборотных средств позволяет высвободить значительные суммы и таким образом увеличить объем производства без дополнительных финансовых ресурсов, а высвобождающиеся средства использовать в соответствии с потребностями предприятия, что способствует снижению финансовых рисков и, следовательно, укреплению экономической безопасности фирмы.

Влияние использования оборотного капитала оказывает воздействие на целый спектр дополнительных экономических коэффициентов и индикаторов, и в конечном итоге – на эффективность работы всей фирмы. Используя внутренние резервы рационализации движения оборотных средств, грамотно управляя производственными запасами можно значительно усилить экономическую устойчивость и безопасность развития фирмы.

Литература

1. Структура капитала предприятия. Анализ финансового состояния предприятия [Электронный ресурс] // Энциклопедия экономиста: сайт. – URL: <http://www.grandars.ru/college/ekonomika-firmy/finansovyy-risk-predpriyatiya.html>, <http://www.grandars.ru/college/ekonomika-firmy/finansovyy-analiz-predpriyatiya.html> (дата обращения 30.01.2018).
2. Показатели экономической безопасности фирмы [Электронный ресурс] // Экономика и менеджмент. Статьи и учебные материалы: сайт. – URL: http://www.topknowledge.ru/index.php?Itemid=23&catid=158%3A2012-07-19-19-34-13&id=3899%3A2012-07-20-17-16-11&option=com_content&view=article (дата обращения 30.01.2018).

Proshkina O.V., candidate of economic Sciences, assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

WORKING CAPITAL MANAGEMENT AS A FACTOR OF AN ENTERPRISE ECONOMIC SECURITY

Abstract. The article describes a concept, factors and indicators of the economic security of the enterprise, the role and the place of working capital in ensuring economic security, lists the activities in the field of working capital management that contribute to strengthening the company's financial and economic security.

Keywords: working capital, current assets, economic security, financial stability, economic equilibrium, financial and economic coefficients, inventory management, account receivables, optimization of the current assets structure, production cycle, turnover.

Сафаргалиев Э.Р., кандидат педагогических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», e-mail: 927242@mail.ru.

МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ ЛОГОТИПА ГОРОДА

Аннотация: В фокусе авторского научного интереса находятся маркетинговые исследования, позволяющие произвести оценку эффективности разработки визуального образа территории. Данная статья опирается на такие методы исследования, как массовый опрос, кабинетное исследование по анализу вторичных источников информации. В статье отмечается влияние мнения жителей города на формирование логотипа и бренда города. Недооценка такого влияния может отрицательно сказаться на целях и задачах его первоначальной стратегии. Результаты исследования могут быть применены в ходе разработки бренда определённой территории.

Ключевые слова: логотип города; брендинг территории; визуальный образ города; маркетинговые исследования.

В настоящее время всё более актуальным становится брендинг территорий, в основе которого заложена идея донесения информации об уникальности территории. В различных регионах это явление находится на разных стадиях. В ряде регионов бренд города активно развивается, оказывая положительное влияние на развитие территории в целом, отражая положительную динамику социальных и экономических показателей. В некоторых регионах местные жители не видят смысла в разработке бренда, а власти не предпринимают попытки изменить ситуацию.

Следует помнить, что брендинг территории позволяет развивать внутренние и внешние ресурсы территории, целенаправленно формирует представление об уникальности региона, повышает его узнаваемость.

Основой территориального брендинга являются инструменты маркетинга, отражающие идею о том, что территории, также как и компании, продают своим целевым аудиториям продукты и услуги, в качестве которых выступают туризм, архитектурные здания, природные памятники, объекты для

инвестиций и др. [1].

В настоящее время Менделеевский муниципальный район Республики Татарстан осуществляет поиск важных преимуществ территории, определяется проблемно-целевой каркас социально-экономического развития территории на долгосрочную перспективу, разрабатывается стратегия увеличения конкурентоспособности региона. В связи с чем, в октябре 2017 года было проведено маркетинговое пилотное исследование по выявлению визуального образа города Менделеевск, его возможного логотипа. В ходе исследования был применен метод количественного анализа, было опрошено 1000 респондентов. Необходимость исследования была продиктована потребностью в получении информации об атрибутах бренда города, которые в дальнейшем могут стать частью стратегии брендинга территории Менделеевского муниципального района.

При этом следует отметить, что проведённый анализ научной литературы позволяет сделать вывод, что не выработано единого мнения в понимании сущности территориального бренда, нет устоявшегося определения его атрибутов. У каждого автора имеется свой подход к рассмотрению данной проблемы [2, 3]. Так, среди принципов, позволяющих определить эффективность бренда выделяют такие понятия, как простота, читаемость, запоминаемость, универсальность, ассоциативность, функциональность, уникальность и др. Маркетинговые исследования, на наш взгляд, позволяют провести оценку логотипа согласно этим принципам.

На вопрос: «С каким цветом у Вас ассоциируется город Менделеевск?», большинство респондентов ответило, что с зелёным (32,5%). По 12,2% респондентов отметили, что это красный и голубой цвет, 10,6%, что это синий цвет. Цветовые решения, используемые в архитектуре, гораздо важнее и значимее, чем это может показаться на первый взгляд. Роль цвета в жизни человека, в восприятии им пространства давно доказана учеными. Исследование явления восприятия показали, что 80% цвета и света поглощаются нервной системой, а зрением – только 20%. Поэтому дизайнерам

и архитекторам важно учитывать эти свойства [4].

Большинство опрошенных считает, что Менделеевск – это спокойный город (зелёный цвет). Абсолютно зеленый есть самый спокойный цвет. Он никуда не движется и не имеет ни призвука радости, ни печали. Именно это полное отсутствие движения благотворно действует на утомленную психику, но может и прискучить со временем. При введении в зеленый цвет желтого он оживляется, становится более активным. При добавлении синего, наоборот, начинает звучать приглушенно, делается более серьезным. Далее идут власть (красный цвет) и опять-таки спокойствие (голубой цвет) (см. рис. 1).



Рис. 1. Цвет, с которым у респондентов ассоциируется г. Менделеевск, %

Ассоциации, возникающие с цветом, подтверждаются и следующим вопросом: «Если бы Менделеевск был человеком, то, как бы Вы описали его характер?». Большинство респондентов описали его, как «спокойный, скучный, медленный, безразличный» (34,5%). 22,7% описали его, как «быстрый, энергичный», 19,3% – «жизнерадостный, позитивный, приветливый», 11,8% – «мечтательный», 7,6% – «скрытный, мрачный, грязный».

В настоящее время город Менделеевск ассоциируется с такими

городскими объектами как ДК «Гассара» (12,2%), Аллея героев (12,7%), химические заводы (10,5%), Д.И. Менделеев (8,8%), завод имени Карпова (8,3%), Завод «Амоний» (7,7%) (см. рис. 2).

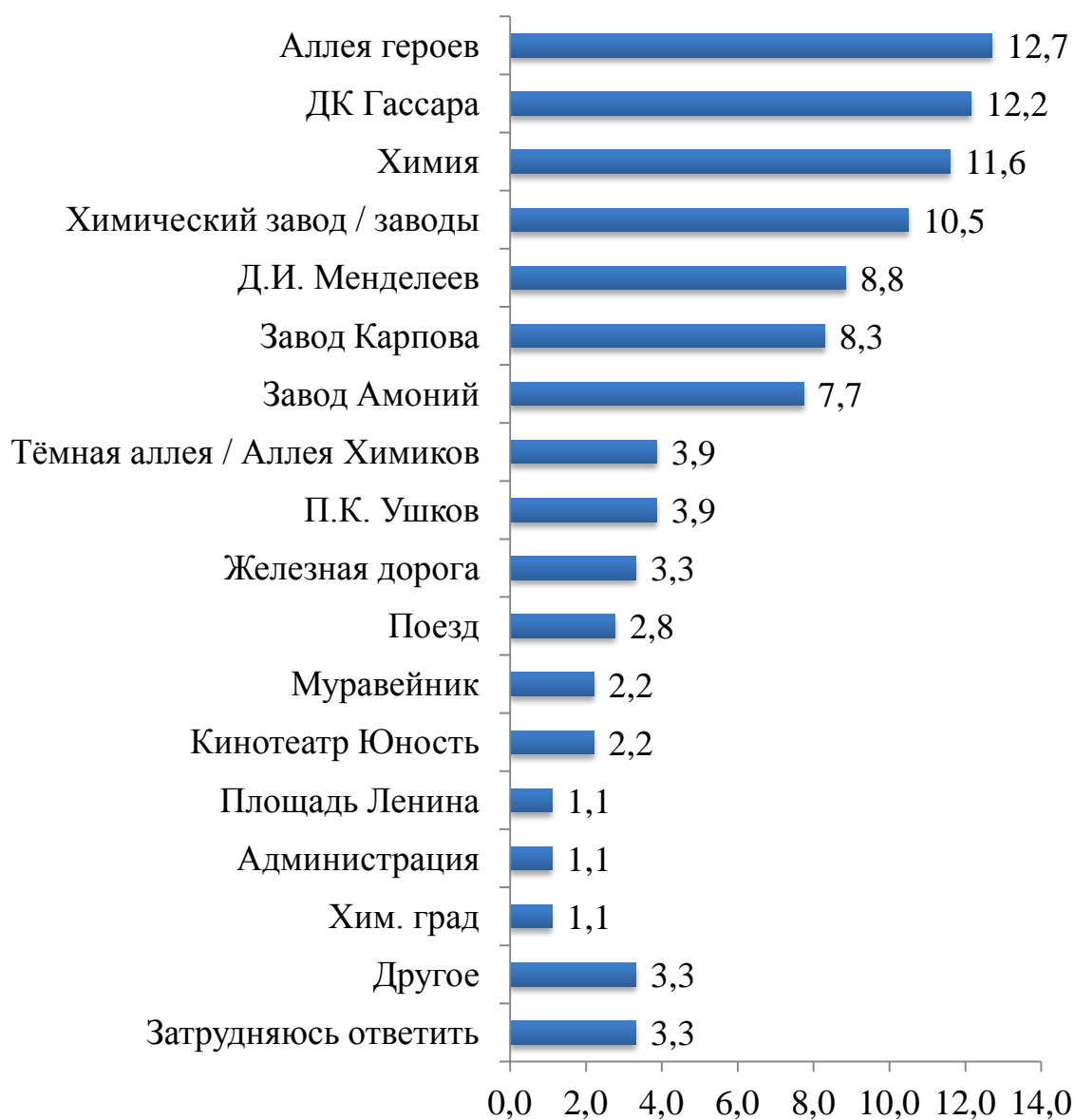


Рис. 2. Ассоциации респондентов с городом Менделеевск, %

Прослеживается чёткая взаимосвязь между городом и химией, у 48,1% возникает такая ассоциация. Этот показатель очень важно учитывать при разработке бренда города. Здесь возможны два пути: либо бренд города выстраивается на чёткой ассоциации с «химией». Либо возможно построение новой городской архитектуры бренда, но жители должны принять это нововведение.

Следующий вопрос был открытым, он позволил респондентам без

подсказок провести прямую зависимость между визуальным образом и городом. После структурирования ответов получился следующий рейтинг (см. рис. 6). В целом следует отметить, что практически треть респондентов (35,3%) предложило включить в логотип города конкретного человека. Это – Д.И. Менделеев (18,6%), П.К. Ушков (7,8%), Чершинцев В.С. (6,9%) и Карпов.



Рис. 3. Объекты, которые по мнению респондентов, могут войти в логотип г. Менделеевск, %

На сегодняшний день Менделеевск – город с ярко выраженной монопрофильной структурой. Доля химической отрасли составляет порядка 90%. Это же обуславливает и структуру занятости в городе и проблемы с кадровыми ресурсами. Из рисунка 3 видно, что значительный процент респондентов считает, что на логотипе должно размещаться то, что ассоциируется с химией: химические элементы (10,8%), химические заводы

(9,8%), химическая колба (4,9%), химия (4,9%) и др. Среди других ответов можно выделить: «Таблица Менделеева», «H₂O», «Колба с надписью Md», «Голуби и небо», «Летающий белый гусь, дети идут вперед», «Дружба народов», «Памятник Ленину», «Чёрный дельфин».

Следует утонить, что город основан в 1868 году как посёлок Бондюжский, в 1967 году он получает статус города, поэтому респондентам был задан вопрос: «Должен ли логотип – визуальный образ города отражать богатую его историю?» был получен однозначный ответ. Большинство респондентов (85,9%) считает, что логотип должен отражать историю города (см. рис. 4).

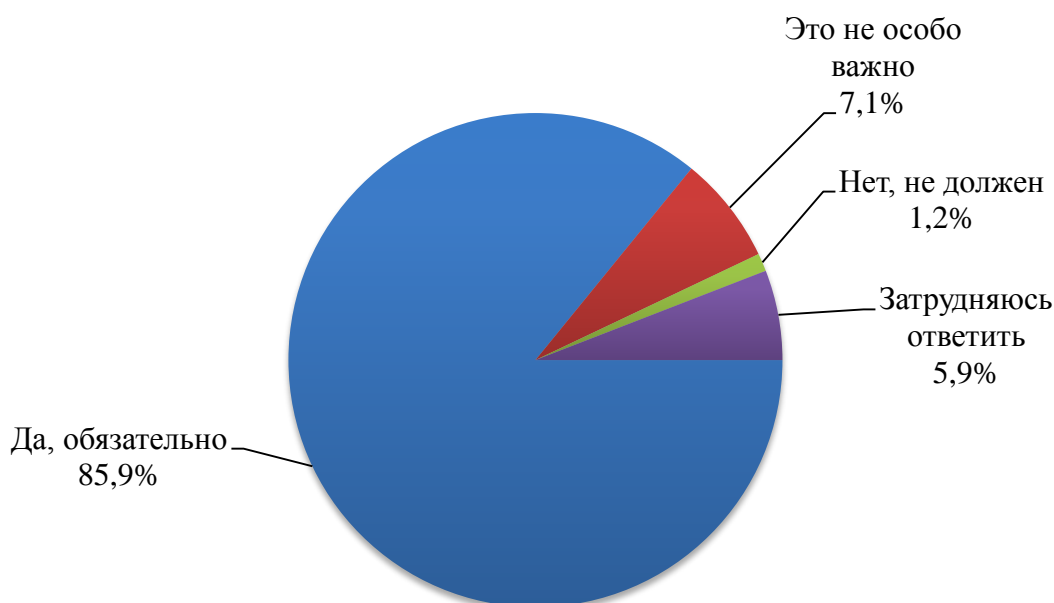


Рис. 4. «Должен ли логотип – визуальный образ города - отражать богатую его историю?», %

Бренд города должен базироваться на реальности, а не быть иллюзией, распространяемой искусственно. Именно жители города оказывают влияние на формирование логотипа и бренда города, недооценка этого влияния может отрицательно сказаться на целях и задачах его первоначальной стратегии. Невозможно удовлетворить пожелания всех горожан, однако мнение

большинства необходимо учитывать. Ведь именно эти люди будут дальше жить в этом городе, строить, развивать его, повышать его конкурентоспособность. Собственное отношение к месту, где они живут, работают и развлекаются, люди могут транслировать туристам и гостям в виде рекомендаций или жалоб. Навыки, талант и деловая хватка жителей также вносят свой вклад в рост и процветание города и региона. Так или иначе, но горожане увеличивают ценность бренда родного города. И основным инструментом, позволяющим узнать их мнение, мы считаем маркетинговые исследования.

Литература

1. Сафаргалиев Э.Р., Комарова Ю.В. Ребрендинг как закономерность продвижения товарного бренда // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). – 2013. – № 9 (29). – С. 73.
2. Аакер Д. Аакер о брендинге. 20 принципов достижения успеха. – М.: Эксмо, 2016. – 256 с.
3. Траут Джек, Райс Эл. Маркетинг снизу вверх. От тактики до бизнес-стратегии (Bottom-up Marketing). – М.: Вильямс, 2018. – 224 с.
4. Safargaliev E.R., Komarova Y.V. Management of socio-economic components of branding in the company // Middle East Journal of Scientific Research. – 2013. – Vol. 17. № 3. – P. 296-299.

Safargaliev E.R., candidate of pedagogical Science, Docent, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, 927242@mail.ru.

MARKETING RESEARCH IN ESTIMATION OF EFFICIENCY OF DEVELOPMENT OF THE CITY LOGO

Abstract: The author's scientific interests are focussed on marketing studies that allow to evaluate the effectiveness of developing of the city logo. This paper uses the following research techniques: marketing survey, desk review of secondary data. The article notes the influence of the opinion of city residents on the formation of the city's logo and brand. Underestimation of such influence can adversely affect the

goals and objectives of its initial strategy. The results of the research can be applied during the development of the brand of a certain territory.

Key words: logo of the city; territory branding; visual image of the city; marketing research.