

**О МЕТОДЕ ЧАСТИЦ ДЛЯ СИСТЕМЫ РЕЛЯТИВИСТСКИХ УРАВНЕНИЙ ВЛАСОВА-МАКСВЕЛЛА**

Рассмотрим задачу Коши для системы релятивистских уравнений Власова-Максвелла вида:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F^\pm}{\partial t} + \frac{c \langle \mathcal{G}, \nabla_x F^\pm \rangle}{\sqrt{\mathcal{G}^2 + m_\pm^2 c^2}} \pm e \langle E + \frac{[\mathcal{G}, B]}{\sqrt{\mathcal{G}^2 + m_\pm^2 c^2}}, \nabla_{\mathcal{G}} F \rangle &= 0 \\ \frac{1}{c} \cdot \frac{\partial E}{\partial t} - [\nabla_x, B] &= 4\pi e \int_{R^3} \left[ \frac{\mathcal{G} F^+(t; x; \mathcal{G})}{\sqrt{\mathcal{G}^2 + m_+^2 c^2}} - \frac{\mathcal{G} F^-(t; x; \mathcal{G})}{\sqrt{\mathcal{G}^2 + m_-^2 c^2}} \right] d\mathcal{G} \\ \frac{1}{c} \cdot \frac{\partial B}{\partial t} + [\nabla_x, E] &= 0; \quad \langle \nabla_x, B \rangle = 0, \\ \langle \nabla_x, B \rangle &= 4\pi e \int_{R^3} [F^+(t; x; \mathcal{G}) - F^-(t; x; \mathcal{G})] d\mathcal{G}, \end{aligned} \tag{1}$$

где  $F^\pm(0; x; \mathcal{G}) = F_0^\pm(x; \mathcal{G})$ ,  $E(0; x) = E_0(x)$ ,  $B(0; x) = B_0(x)$

Здесь  $x, \mathcal{G}$  - точки трехмерного евклидова пространства  $R^3$ ,  $e$  - заряд электрона,  $m_\pm$  - масса иона и электрона,  $c$  - скорость света;  $\langle \cdot, \cdot \rangle, [\cdot, \cdot]$  - скалярное и векторное произведения в  $R^3$ ;  $\nabla_x, \nabla_{\mathcal{G}}$  - оператор градиента;  $E(t; x), B(t; x)$  - напряженности электрического и магнитного полей;  $F^\pm(t; x; \mathcal{G})$  - функция распределения ионов и электронов.

В работе [1] с помощью теоремы Т. Като [2] доказано существование в малом по времени единственного классического решения системы (1).

В данной работе доказывается сходимость функций распределения метода частиц [3] (см. также [4]) к решению системы (1).

Ранее, в работе [5] был доказан аналогичный результат для системы нерелятивистских уравнений Власова-Максвелла.

Пусть  $P$  - некоторое гильбертово пространство. Определим пространство Соболева  $H^s(R^m, P)$  с нормой (производные  $D^\alpha u$  рассматриваются в обобщенном смысле):

$$\|u\|_{s,m} = \left( \sum_{|\alpha| \leq S} C_\alpha \int_{R^3} |u(x)|^2 dx \right)^{\frac{1}{2}},$$

где  $C_\alpha$  - некоторые положительные константы.

**Определение.** Будем говорить, что начальные функции  $F_0^\pm(x; \mathcal{G}), E_0(x), B_0(x)$  удовлетворяют условию (A), если выполняется следующее:

- а)  $F_0^\pm(x; \mathcal{G}) \in H^s(R^6; R^1); E_0(x), B_0(x) \in H^s(R^3; R^3), S > 4;$
- б)  $Supp F_0^\pm(x; \mathcal{G}) \in \{(x; \mathcal{G}) : |x| < R; |\mathcal{G}| < R\};$
- в)  $\|F_0^\pm\|_{s,6} \leq M; \|E_0\|_{s,3} \leq N; \|B_0\|_{s,3} \leq N;$
- г)  $\iint_{R^3 R^3} F_0^\pm(x; \mathcal{G}) dx d\mathcal{G} = 1,$

где  $R, M, N$  - некоторые положительные константы.

Пусть  $F^\pm(t, x, v) \in C(0, T_0; D)$ , где  $D = \{h : h \in H^s(R^6, R^1); \|h\|_{s,6} < 2M\}$ .

Определим оператор  $B(F^\pm, \lambda) : F^\pm(t, x, v) \rightarrow F_\lambda^\pm(t, x, v)$  из  $C(0, T_0; R^6) \times R^1$  в  $C(0, T_0; R^6)$  по следующему правилу: по заданной функции  $F(t, x, v) \in C(0, T_0; D)$  построим функции  $E_\lambda(t; x)$ ,  $B_\lambda(t; x)$  как решение системы уравнений Максвелла вида:

$$\frac{1}{c} \cdot \frac{\partial E_\lambda}{\partial t} - [\nabla_x, B_\lambda] = 4\pi e \int_{R^3} \left[ \frac{\mathcal{G}F_\lambda^+(t; x; \mathcal{G})}{\sqrt{\mathcal{G}^2 + m_+^2 c^2}} - \frac{\mathcal{G}F_\lambda^-(t; x; \mathcal{G})}{\sqrt{\mathcal{G}^2 + m_-^2 c^2}} \right] d\mathcal{G}$$

$$\frac{1}{c} \cdot \frac{\partial B_\lambda}{\partial t} + [\nabla_x, E_\lambda] = 0; \quad \langle \nabla_x, B_\lambda \rangle = 0, \quad E_\lambda(0; x) = E_0(x),$$

$$\langle \nabla_x, B_\lambda \rangle = 4\pi e \int_{R^3} [F_\lambda^+(t; x; \mathcal{G}) - F_\lambda^-(t; x; \mathcal{G})] dv; \quad B_\lambda(0; x) = B_0(x),$$

где  $F_\lambda^\pm(t; x; v) = \lambda \int_{R^3} R_\varepsilon(x-y) F^\pm(t; y; v) dy + (1-\lambda) F^\pm(t; x; v)$ ,

$$R_\varepsilon(u) \in \{R_\varepsilon(u) : 0 \leq R_\varepsilon(u) \in C^\infty(R^3); \int_{R^3} R_\varepsilon(u) du = 1\}$$

Затем положим  $F_\lambda^\pm(t; x; v) = F_0[X_\lambda^\pm(t; x; v), V_\lambda^\pm(t; x; v)]$ , где  $(X_\lambda^\pm, V_\lambda^\pm)$  значения в точке  $\tau = t$  решения системы

$$\frac{\partial X_\lambda^\pm}{\partial \tau} = -\frac{cV_\lambda^\pm}{\sqrt{V_\lambda^{\pm 2} + m_\pm^2 c^2}}, \quad X_\lambda^\pm(0; x; v) = x, \tag{2}$$

$$\frac{dV_\lambda^\pm}{d\tau} = \mp e \{E_\lambda(X_\lambda^\pm, t - \tau) + \frac{[V_\lambda^\pm, B_\lambda(X_\lambda^\pm, t - \tau)]}{\sqrt{V_\lambda^{\pm 2} + m_\pm^2 c^2}}\}, \quad V_\lambda^\pm(0; x; v) = v$$

Справедливы следующие вспомогательные результаты:

**Лемма 1.** Оператор  $B(F^\pm, \lambda)$  дифференцируем по  $F^\pm$  и его производная Гато в точке  $B(F^\pm, \lambda)$  даётся формулой

$$B'_{F^\pm}(F^\pm, \lambda) = \langle \nabla_Q F_0[Q_\lambda^\pm(F^\pm)], \int_0^t Z[Q_\lambda^\pm(F^\pm), t - \tau] \mathfrak{B}[Q_\lambda^\pm] d\tau \rangle,$$

где  $Z[Q_\lambda^\pm(F^\pm)]$ - матрица Коши системы в вариациях, соответствующих системе (2),

вычисленная на решении  $Q_\lambda^\pm(F^\pm) = (X_\lambda^\pm, V_\lambda^\pm)$ ,  $\mathfrak{B}[Q_\lambda^\pm(F^\pm)]$ - вектор с компонентами

$$(0, e \{E_\lambda^\pm[\bar{F}^\pm](X_\lambda^\pm, [\bar{F}^\pm], t - \tau) + e \frac{[V_\lambda^\pm, B_\lambda(X_\lambda^\pm, t - \tau)]}{\sqrt{V_\lambda^{\pm 2} + m_\pm^2 c^2}}\}).$$

**Лемма 2.** Оператор  $B(F^\pm, \lambda)$  непрерывен по  $(F^\pm, \lambda)$  в метрике  $[C(0, T_0; R^6) \times R^1 \rightarrow C(0, T_0; R^6)]$  на множестве  $\mathcal{H}_r \times [0; 1]$ , где  $\mathcal{H}_r = \{h: \max_{0 < t < T_0} \|h(t; 0)\|_{s,6} < r\}$ .

**Лемма 3.** Пусть начальные функции  $F_0(x, v)$ ,  $E_0(x)$ ,  $B_0(x)$  удовлетворяют условию (А), тогда на некотором интервале  $(0, T_0)$ ,  $T_0 > 0$  для каждого  $\lambda \in [0; 1]$  существует единственное в классе  $[C(0, T_0; H^s(R^6, R^1))] \cap C^1[0, T_0; H^{s-1}(R^6, R^1)]$  классическое решение системы уравнений Власова:

$$\frac{\partial F_\lambda^\pm}{\partial t} + \frac{c \langle \mathcal{G}, \nabla_x F_\lambda^\pm \rangle}{\sqrt{\mathcal{G}^2 + m_\pm^2 c^2}} \pm e \langle E_\lambda + \frac{[\mathcal{G}, B_\lambda]}{\sqrt{\mathcal{G}^2 + m_\pm^2 c^2}}, \nabla_{\mathcal{G}} F_\lambda^\pm \rangle = 0.$$

Пусть  $F^{\pm, \varepsilon}(t; x; 0)$  и  $F^\pm(t; x; v)$ - решения сглаженной и несглаженной систем уравнений Власова-Максвелла.

**Лемма 4.** Если при  $\varepsilon \rightarrow +0$ ,  $\int_{R^3} R_\varepsilon(u) |u| du \rightarrow 0$ , тогда

$$\max_{0 \leq t \leq T_0} \|F^{\pm, \varepsilon}(t, \cdot) - F^\pm(t, \cdot)\|_{s,6} \rightarrow 0, \varepsilon \rightarrow +0.$$

Пусть модельная плазма состоит из  $2N$  точечных частиц, заполняющих некоторый объем координатного пространства. Каждая частица в зависимости от признака " $\pm$ " характеризуется координатной  $X_j^\pm(t)$ , скоростью  $V_j^\pm(t)$ , зарядом  $\pm e_j$  и массой  $m_j^\pm$ , где  $j = \overline{1, N}$ . В методе частиц функция распределения частиц каждого сорта " $\pm$ " представляется в виде:

$$F_N^{\pm, \varepsilon}(t, x, \mathcal{G}) = N^{-1} \sum_{j=1}^N R_\varepsilon(x - X_j^\pm(t)) \delta(\mathcal{G} - V_j^\pm(t)),$$

где ядро преобразования  $R_\varepsilon(x - y)$  определяет вид дискретной модели и распределение плотности заряда внутри частиц. Кроме того, ядро  $R_\varepsilon(x - y)$  удовлетворяет условию нормировки  $\int_{R^3} R_\varepsilon(x - y) dx = 1$ , означающему сохранение заряда каждой частицы.

Пусть  $R_\varepsilon(u) \in \{R_\varepsilon(u) : 0 \leq R_\varepsilon(u) \in C^\infty(R^3); \int_{R^3} R_\varepsilon(u) du = 1\}$ . Уравнения движения

модельных частиц тогда записываются в виде:

$$\frac{dX_j^\pm}{dt} = -\frac{cV_j^\pm}{\sqrt{\mathcal{G}_j^2 + m_j^{\pm 2} c^2}}, \quad X_j^\pm(0; x; \mathcal{G}) = x_j;$$

$$\frac{dV_j^\pm}{dt} = \mp e_j \left\{ E_N(X_j^\pm) + \frac{[V_j^\pm, B_N(X_j^\pm)]}{\sqrt{\mathcal{G}_j^2 + m_j^{\pm 2} c^2}} \right\}, \quad V_j^\pm(0; x; \mathcal{G}) = \mathcal{G}_j,$$

где

$E_N(X_j^\pm), B_N(X_j^\pm)$  -определяются из системы уравнений:

$$\frac{1}{c} \cdot \frac{\partial E_N(X_j^\pm)}{\partial t} - [\nabla_x, B_N(X_j^\pm)] = \frac{4\pi}{c} \cdot \frac{e_j}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{V_j^\pm R_\varepsilon(X_j^\pm - X_i^+)}{\sqrt{V_j^{\pm 2} + m_j^+{}^2 c^2}} - \frac{V_j^\pm R_\varepsilon(X_j^\pm - X_i^-)}{\sqrt{V_j^{\pm 2} + m_j^-{}^2 c^2}} \right),$$

$$\frac{1}{c} \cdot \frac{\partial E_N(X_j^\pm)}{\partial t} - [\nabla_x, E_N(X_j^\pm)] = 0, \quad \langle \nabla_x, B_N(X_j^\pm) \rangle = 0,$$

$$\langle \nabla_x, E_N(X_j^\pm) \rangle = \frac{4\pi e_j}{N} \sum_{i=1}^N (R_\varepsilon(X_j^\pm - X_i^+) - R_\varepsilon(X_j^\pm - X_i^-)),$$

$$E_N(X_j^\pm(0)) = E_{0N}(x_j), \quad B_N(X_j^\pm(0)) = B_{0N}(x_j); \quad j = \overline{1, N}.$$

Имеет место

**Теорема.** Пусть начальные функции  $F_0^\pm(x, \mathcal{G}), E_0(x)$  и  $B_0(x)$  удовлетворяют условию (А) и пусть  $(X_j^\pm(t), V_j^\pm(t)), j = \overline{1, N}$  - решение системы (2).

Тогда при  $N \rightarrow +\infty$  существует такое  $\varepsilon(N) \rightarrow +0$ , что если  $F_{0N}^{\pm\varepsilon}(x, \mathcal{G})$  слабо сходится к  $F_0^\pm(x, \mathcal{G})$  и

$$\int_{R^3} R_\varepsilon(u) |u| du \rightarrow 0,$$

то  $F_N^{\pm\varepsilon}(t, x, \mathcal{G})$  слабо сходится к локальному по времени решению системы (1).

Доказательство следует из теоремы 2.1 главы 6 [2, стр.54] и леммы 4.

*Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими*

#### Литература

1. Алмазиян Е.И. Исследование математических свойств системы релятивистских уравнений Власова-Максвелла. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. физ.-мат. наук. М., 1986, 57 с.
2. Kato Т.-Arch. Rational Mech. Anal., 1975, v. 58, p. 181, 205.
3. Березин Ю.А., Вшивков В.А. Метод частиц в динамике разреженной плазма.-Новосибирск: Наука, 1980.
4. Сигов Ю.С. Численные методы кинетической теории плазмы.-М.: МФТИ, 1984, 95 с.
5. Гадозода М. республиканской научно-практической конференции (17-19.03.1997). «Социально-экономической проблемы прогрессии Таджикистана», Инст. пред. и сервиса, 1997, с. 214-217.

**М. Гадозода**

#### ДАР БОРАИ МЕТОДИ ЗАРРАЧАХО БАРОИ СИСТЕМАИ МУОДИЛАХОИ РЕЛЯТИВИСТИИ ВЛАСОВ-МАКСВЕЛЛ

Дар мақола наздикшавии методи заррачаҳо барои системаи муодилаҳои релятивистии Власов-Максвелл исбот карда шудааст.

**M. Gadozoda**

#### THE METHOD OF PARTICLES FOR RELATIVISTIC VLASOV-MAXWELL'S EQUATIONS SYSTEM

**НОВОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ФОРМУЛЫ ДАЛАМБЕРА  
И РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО  
И ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ТИПОВ**

В поиске эффективных подходов системного решения краевых задач теплофизики важным является, какими конечными или приближенными методами математической физики производится анализ всех входных функций тепловых нагружений, для того чтобы выполнить соответствующим образом синтез искомого температурного поля. Объединенное уравнение теплопроводности гиперболического типа ( $\delta_1 = 1, \delta_2 \neq 0$ ) в пластине  $\left(m = 0, -1 \leq \xi = \frac{x}{R} \leq 1\right)$ ,

цилиндре  $\left(m = 1, 0 \leq \xi = \frac{r}{R} \leq 1\right)$  и шаре  $\left(m = 2, 0 \leq \xi = \frac{r}{R} \leq 1\right)$

$$\delta_1 \frac{\partial T_0}{\partial Fo} + \delta_2 \frac{\partial T}{\partial Fo} = \frac{1}{\xi^m} \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \xi^m \frac{\partial T}{\partial \xi} \right) + \frac{q_v R^2}{\lambda} \psi_0(\xi) f(Fo), \quad (1)$$

где  $Fo = \frac{at}{R^2}$ ,  $\delta_2 = Fo = \frac{at_r}{R^2}$  – конечное число Фурье времени релаксации, интегральным усреднением по переменной времени преобразованием Лапласа с экспоненциально убывающим ядром  $K(p, Fo) = \exp(-pFo) : \bar{T}(\xi, p) = \int_0^\infty T(\xi, Fo) \exp(-pFo) dFo$  при начальных условиях

$T(\xi, 0) = f_0(\xi), \left(\frac{\partial T_0}{\partial Fo}\right)_{Fo=0} = f_1(\xi)$  трансформируется к виду

$$L_1[\bar{T}(\xi, p), \xi, p] = \frac{d}{d\xi} \left( \xi^m \frac{\partial \bar{T}}{\partial \xi} \right) - (\delta_1 p + \delta_2 p^2) \bar{T}(\xi, p) \xi^m + \frac{q_v R^2 \xi^m}{\lambda} \psi_0(\xi) \bar{f}(p) + (\delta_1 + \delta_2 p) f_0(\xi) \xi^m + \delta_2 f_1(\xi) \xi^m \quad (2)$$

и для классического уравнения параболического типа ( $\delta_1 = 1, \delta_2 = 0$ )

$$L_1[\bar{T}(\xi, p), \xi, p] = \frac{d}{d\xi} \left( \xi^m \frac{\partial \bar{T}}{\partial \xi} \right) - [p \bar{T}(\xi, p) - f_0(\xi) \xi^m] + \frac{q_v R^2 \xi^m}{\lambda} \psi_0(\xi) \bar{f}(p) = 0. \quad (3)$$

В тех случаях, когда начальные условия и распределения внутренних источников нагружения заданы произвольными функциями  $f_0(\xi), f_1(\xi), \psi_0(\xi)$ , решения граничных задач для уравнений (2), (3) становятся сложным и, интегральным преобразованием Лапласа уравнения гиперболического типа решаются при постоянных начальных условиях.

Например, гиперболическое уравнение теплопроводности в полуограниченной среде ( $0 \leq x < \infty$ ) преобразованием Лапласа при  $f_0(\xi) = T_0, f_1(\xi) = 0, \psi_0(\xi) = 0$  исследовано в [1]. Систематическое применение операционного исчисления путем решения уравнения (3) для каждого тела в отдельности при условиях  $f_0(\xi) = T_0, \psi_0(\xi) = 1$  выполнено в [2].

В гиперболическое ( $\delta_2 \neq 0$ ) и параболическое ( $\delta_1 = 1, \delta_2 = 0$ ) уравнения теплопроводности входят одинаковые дифференциальные операторы по эллиптическим координатам, и это означает, что собственные функции  $\psi_k(\xi, m), m = 1, 2, \dots, n$ , определяемые решением уравнения

$$\frac{1}{\xi^m} \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \xi^m \frac{\partial \psi}{\partial \xi} \right) + \mu_k^2 \psi(\xi, m) = 0 \text{ при условиях } \left( \frac{\partial \psi}{\partial \xi} \right)_{\xi=0} = 0,$$

выписываются для каждого тела в отдельном виде

$$\psi_k(\xi, 0) = \cos \mu_k \xi, \quad \psi_k(\xi, 1) = I_0(\mu_k \xi), \quad \psi_k(\xi, 2) = \frac{\sin \mu_k \xi}{\mu_k \xi},$$

где  $\mu_k$  – корни девяти характеристических уравнений (1) в зависимости от граничных условий первого, второго и третьего рода

$$\left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi=0} = 0, \left(\frac{\partial T}{\partial \xi} + Bi T(\xi, Fo)\right)_{\xi=1} = Bi \left[\varphi(Fo) + \frac{q(Fo)}{\alpha}\right]. \quad (4)$$

Соответственно для  $m = 0; 1; 2$  такими уравнениями являются

$$\operatorname{ctg} \mu = \frac{\mu}{Bi}, \quad \frac{I_0(\mu)}{I_1(\mu)} = \frac{\mu}{Bi}, \quad \operatorname{tg} \mu = \frac{\mu}{p_n}$$

и выписываются из граничного условия  $\left(\frac{d\psi}{d\xi}\right)_{\xi=0} = 0, \left(\frac{d\psi}{d\xi} + Bi \psi(\xi, m)\right)_{\xi=1} = 0.$

Для функций  $f(\xi), \varphi(\xi)$ , определенных в трех простых телах, скалярным произведением будет  $(f, \varphi) = \int_0^1 f(\xi)\varphi(\xi)d\sigma$ , где  $d\sigma = (m+1)\xi^m d\xi$  – дифференциал меры трех простых тел ( $d\sigma = d\xi$  – для пластины,  $d\sigma = 2\xi d\xi$  – по площади круга,  $d\sigma = 3\xi^2 d\xi$  – по объему шара). Тогда интегрируемая функция  $f(\xi)$  может быть разложена в ряд по ортогональной системе собственных функций  $\{\psi_k(\xi, m)\}$  в виде

$$f(\xi) = \sum_{k=1}^{\infty} b_k \psi_k(\xi, m) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\int_0^1 f(\gamma)\psi_k(\gamma, m)\gamma^m d\gamma}{\int_0^1 \psi_k^2(\gamma, m)\gamma^m d\gamma} \psi_k(\xi, m). \quad (5)$$

Введем интегральное преобразование по эллиптической координате  $\xi$  с ядром  $K(\mu_k, \xi) = \psi_k(\xi, m)$  с дискретным спектром  $\mu_k$ :

$$T^*(\mu_k, Fo) = \int_0^1 T(\xi, Fo) K(\mu_k, \xi) \xi^m d\xi, \quad (6)$$

тогда интегрированием дважды по частям находим

$$\int_0^1 \frac{1}{\xi^m} \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \xi^m \frac{\partial T}{\partial \xi} \right) K(\mu_k, \xi) \xi^m d\xi = -\mu_k^2 T^*(\mu_k, Fo) + \Gamma(\mu_k, Fo),$$

где  $\Gamma(\mu_k, Fo) = \left[ \frac{\partial T}{\partial \xi} K(\mu_k, \xi) - T^*(\xi, Fo) \frac{\partial K}{\partial \xi} \right]_{\xi=1}$ .

При граничных условиях (4) внесением  $\left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi=1} = Bi \left[ T(1, Fo) - \varphi(Fo) + \frac{q}{\alpha} \right]$ ,

$\left(\frac{\partial K}{\partial \xi} + Bi K(\mu_k, \xi)\right)_{\xi=1} = 0$  находим  $\Gamma(\mu_k, Fo) = K(\mu_k, Fo) Bi [\varphi(Fo) + q(Fo)/\alpha]$ . В случаях

граничных условий первого  $(T(\xi, Fo))_{\xi=1} = \varphi(Fo)$  и второго рода  $\left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi=1} = -\frac{Rq(Fo)}{\lambda}$

соответственно получим  $\Gamma(\mu_k, Fo) = -\varphi(Fo) \left(\frac{\partial K}{\partial \xi}\right)_{\xi=1}$ ,  $\Gamma(\mu_k, Fo) = \frac{Rq(Fo)}{\lambda} K(\mu_k, 1)$ .

Таким образом, доказана формула перехода дифференциального оператора второго порядка в линейное выражение относительно изображения  $T^*(\mu_k, Fo)$ :

$$\frac{1}{\xi^m} \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \xi^m \frac{\partial T}{\partial \xi} \right) \leftrightarrow -\mu_k^2 T^*(\mu_k, Fo) + \Gamma(\mu_k, Fo). \quad (7)$$

Применим преобразование (6) к уравнению (1) при  $\delta_1 = 1$ ,  $\delta_2 = 0$ . Тогда для трех видов граничных условий с учетом формулы перехода (7) получим трансформированное уравнение

$$\frac{dT^*}{dFo} + \mu_k^2 T^*(\mu_k, Fo) = \frac{q_v R^2}{\lambda} \psi_0^*(\mu_k) f(Fo) + \Gamma(\mu_k, Fo),$$

решением которого при начальных условиях  $T^*(\mu, 0) = f_0^*(\mu_k) = \int_0^1 f_0(\xi) K(\mu_k, \xi) \xi^m d\xi$

будет

$$T^*(\mu_k, Fo) = f_0^*(\mu_k) \exp(-\mu_k^2 Fo) + \int_0^{Fo} \left[ \frac{q_v R^2}{\lambda} \psi_0^*(\mu_k) f(\tau) + \Gamma(\mu_k, \tau) \right] \exp[-\mu_k^2 (Fo - \tau)] d\tau.$$

Так как изображение искомого решения  $T^*(\mu_k, Fo)$  найдено, то синтез искомой температуры по формуле (5) выписывается при произвольных функциях  $f_0(\xi)$ ,  $\psi_0(\xi)$  в виде

$$T(\xi, Fo) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{T^*(\mu_k, Fo)}{\int_0^1 \psi_k^2(\gamma, m) \gamma^m d\gamma} \psi_k(\xi, m) \quad (8)$$

Применим преобразование (6) относительно  $\bar{T}^*(\mu_k, p) = \int_0^1 \bar{T}(\xi, p) K(\xi, \mu_k) \gamma^m d\gamma$  к уравнению (2).

Тогда из операторного уравнения находим

$$T^*(\mu_k, Fo) = \frac{q_v R^2}{\lambda} \psi_0^*(\mu_k) \frac{\bar{f}(p)}{\delta_2 p^2 + \delta_1 p + \mu_k^2} + \frac{f_0^*(\mu_k)(\delta_2 p + \delta_1)}{\delta_2 p^2 + \delta_1 p + \mu_k^2} + \frac{f_1^*(\mu) \delta_2}{\delta_2 p^2 + \delta_1 p + \mu_k^2} + \frac{\bar{\Gamma}(\mu_k, p)}{\delta_2 p^2 + \delta_1 p + \mu_k^2}.$$

Для передаточных функций простого инерционного нового звена

$$\bar{W}_1(\mu_k, p) = \frac{\delta_2}{\delta_2 p^2 + \delta_1 p + \mu_k^2}, \quad \bar{W}_2(\mu_k, p) = \frac{\delta_2 p + \delta_1}{\delta_2 p^2 + \delta_1 p + \mu_k^2}.$$

Легко находятся их оригиналы  $W_1(\mu_k, Fo)$ ,  $W_2(\mu_k, Fo)$ , и по теореме свертки имеем

$$T^*(\mu_k, Fo) = \frac{q_v R^2}{\lambda} \frac{\psi_0^*(\mu_k)}{\delta_2} \int_0^{Fo} f(\tau) W_1(\mu_k, Fo - \tau) d\tau + f_0^*(\mu_k) W_2(\mu_k, Fo) + f_1^*(\mu_k) W_2(\mu_k, Fo) + \frac{1}{\delta_2} \int_0^{Fo} \Gamma(\mu_k, \tau) W_1(\mu_k, Fo - \tau) d\tau. \quad (9)$$

Теперь внесением значения (9) в представление (8) находим синтез температурного поля как решение гиперболического уравнения (1) в трех простых телах при краевых условиях первого, второго и третьего рода.

В системном подходе к интегральным преобразованиям анализом является переход в область изображений всех входных заданных и искомой функции, а синтезом будет определение изображения искомой температуры решением трансформированного уравнения и обратный переход к оригиналу. Преобразование Лапласа по переменной времени вносит в трансформированное уравнение начальные данные, а интегральное преобразование по эллиптической координате вводит граничные функции теплового нагружения.

Рассмотрим задачи, когда эллиптическая переменная задана в полуограниченных или неограниченных интервалах. Температура в полуограниченной среде ( $0 \leq x < \infty$ ) при нестационарных коэффициентах теплопроводности  $\lambda = \lambda(t)$  и температуропроводности  $a = a(t)$  находится решением задачи

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a(t) \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{q_v(x, t)}{c\gamma}, \quad T(x, 0) = f_0(x), \quad \left( -\lambda(t) \frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=0} = q(t). \quad (10)$$

Косинус-преобразованием

$$T^*(\eta, t) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^{\infty} T(x, t) \cos \eta x dx \quad (11)$$

При условиях  $\lim_{x \rightarrow \infty} T(x, t) = 0$ ,  $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\partial T}{\partial x} = 0$  эта задача трансформируется к виду

$$\frac{\partial T^*}{\partial t} + a(t)\eta^2 T^*(\eta, t) = \frac{q_v^*(\eta, t)}{c\gamma} + \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{a(t)}{\lambda(t)} q(t), \quad T^*(\eta, 0) = f_0^*(\eta) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty f_0(x) \cos \eta x dx,$$

решением которой будет

$$T^*(\eta, t) = f_0^*(\eta) e^{-\tilde{a}(t)\eta^2} + \frac{1}{c\gamma} \int_0^t \left[ q_v^*(\eta, \tau) + \sqrt{\frac{2}{\pi}} q(\tau) \right] \exp[-\eta^2(\tilde{a}(t) - \tilde{a}(\tau))] d\tau,$$

где  $\tilde{a}(t) = \int_0^t a(z) dz$ ,  $\frac{\lambda(t)}{a(t)} = \frac{1}{c\gamma} = \text{const}$ . Переход в область оригиналов выполняется суммированием по сплошному спектру, то есть вычислением интеграла по  $\eta$ :

$$T(x, t) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty T^*(\eta, t) \cos x \eta d\eta.$$

С учетом значения несобственного интеграла  $\int_0^\infty e^{-b\eta^2} \cos y \eta = \frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{b}} e^{-\frac{y^2}{4b}}$  и равенства

$\cos x \eta \cos \alpha \eta = \frac{1}{2} [\cos(x + \alpha)\eta + \cos(x - \alpha)\eta]$  после вычисления внутренних интегралов по переменной  $\eta$  температурное поле в полуограниченной среде при заданных тепловых потоках на границе  $x = 0$  приводится к виду

$$\begin{aligned} T(x, t) = & \frac{1}{2\sqrt{\pi}\sqrt{\tilde{a}(t)}} \int_0^t f_0(\alpha) \left\{ \exp\left[-\frac{(x+\alpha)^2}{4\tilde{a}(t)}\right] + \exp\left[-\frac{(x-\alpha)^2}{4\tilde{a}(t)}\right] \right\} d\alpha + \\ & + \frac{1}{2c\gamma\sqrt{\pi}} \int_0^t \frac{q(\tau)}{\sqrt{\tilde{a}(t) - \tilde{a}(\tau)}} \exp\left[-\frac{x^2}{4\tilde{a}(t) - \tilde{a}(\tau)}\right] d\tau + \\ & + \frac{1}{2c\gamma\sqrt{\pi}} \int_0^t \int_0^\infty \frac{q_v(\alpha, \tau)}{\sqrt{\tilde{a}(t) - \tilde{a}(\tau)}} \left\{ \exp\left[-\frac{(x+\alpha)^2}{4(\tilde{a}(t) - \tilde{a}(\tau))}\right] + \exp\left[-\frac{(x-\alpha)^2}{4(\tilde{a}(t) - \tilde{a}(\tau))}\right] \right\} d\tau d\alpha. \end{aligned}$$

Если положить  $a(t) = a = \text{const}$ ,  $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$  и ввести тепловой потенциал

$$E(x, \alpha; t, \tau) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \frac{1}{\sqrt{t - \tau}} \left\{ \exp\left[-\frac{(x+\alpha)^2}{4a(t - \tau)}\right] + \exp\left[-\frac{(x-\alpha)^2}{4a(t - \tau)}\right] \right\},$$

то получим

$$T(x, t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_0^t f_0(\alpha) E(x, \alpha; t, 0) d\alpha + \frac{1}{\xi} \int_0^t q(\tau) E(x, \alpha; t, \tau) d\tau + \frac{1}{\xi} \int_0^t \int_0^\infty q_v(\alpha, \tau) E(x, \alpha; t, \tau) d\tau d\alpha,$$

где  $\xi = \sqrt{x\gamma\lambda}$  – коэффициент тепловой активности [2]. Это решение было найдено раньше [5].

Последовательным применением односторонних преобразований с ядрами синуса или косинусами и двухсторонних преобразований Фурье находятся температурные поля в областях  $(0 \leq x < \infty, -\infty < y, z < +\infty)$  при граничных условиях первого и второго рода.

Задача колебания достаточно длинной струны  $(-\infty < x < \infty)$  с закрепленными концами

$$\left( \lim_{|x| \rightarrow \infty} U(x, t) = 0, \lim_{|x| \rightarrow \infty} \frac{\partial U}{\partial x} = 0 \right):$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = a_1^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + h(x, t), \quad U(x, 0) = f(x), \quad \left( \frac{\partial U}{\partial t} \right)_{t=0} = \varphi(x)$$

двухсторонним преобразованием Фурье  $U^*(\eta, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} U(x, t) e^{i\eta x} dx$  приводится к виду

$$\frac{\partial^2 U^*}{\partial t^2} = a_1^2 \eta^2 U^*(\eta, t) = h^*(\eta, t), \quad U^*(\eta, 0) = f^*(\eta), \quad \left( \frac{\partial U^*}{\partial t} \right)_{t=0} = \varphi^*(\eta),$$

решением которой будет

$$U^*(\eta, t) = f^*(\eta) \cos a_1 \eta t + \varphi^*(\eta) \frac{\sin a_1 \eta t}{a_1 \eta} + \frac{1}{a_1 \eta} \int_0^t h^*(\eta, \tau) \sin a_1 \eta (t - \tau) d\tau.$$

По формуле обращения [6] имеем

$$U(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} U^*(\eta, t) e^{-i\eta x} d\eta = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f^*(\eta) \cos a_1 \eta t e^{-i\eta x} d\eta + \\ + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\varphi^*(\eta) \sin a_1 \eta t}{a_1 \eta} e^{-i\eta x} d\eta + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_0^t \frac{h^*(\eta, \tau) \sin a_1 \eta (t - \tau)}{a_1 \eta} d\tau e^{-i\eta x} d\eta.$$

Вычисление первого интеграла даёт

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f^*(\eta) \frac{e^{ia_1 \eta t} + e^{-ia_1 \eta t}}{2} e^{-i\eta x} d\eta = \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f^*(\eta) e^{-i(x-a_1 t)\eta} d\eta + \right. \\ \left. + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f^*(\eta) e^{-i(x+a_1 t)\eta} d\eta \right] = \frac{1}{2} [f(x+a_1 t) + f(x-a_1 t)]$$

Так как  $\frac{\sin a_1 \eta t}{a_1 \eta} e^{-i\eta x} = \frac{1}{2a_1} \frac{e^{-i\eta(x-a_1 t)} - e^{-i\eta(x+a_1 t)}}{i\eta} = \frac{1}{2a_1} \int_{x-a_1 t}^{x+a_1 t} e^{-iz} dz$ , то второй интеграл

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi^*(\eta) \left[ \frac{1}{2a_1} \int_{x-a_1 t}^{x+a_1 t} e^{-iz} dz \right] d\eta = \frac{1}{2a_1} \int_{x-a_1 t}^{x+a_1 t} dz \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi^*(\eta) e^{-iz\eta} d\eta = \frac{1}{2a_1} \int_{x-a_1 t}^{x+a_1 t} \varphi(z) dz.$$

С учетом равенства  $\frac{\sin a_1 \eta (t - \tau)}{a_1 \eta} e^{-i\eta x} = \frac{1}{2a_1} \int_{x-a_1(t-\tau)}^{x+a_1(t-\tau)} e^{-iz\eta} dz$  аналогичное вычисление третьего

интеграла даёт  $\int_0^t d\tau \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} h^*(\eta, \tau) \frac{\sin a_1 \eta (t - \tau)}{a_1 \eta} e^{-i\eta x} d\eta = \frac{1}{2a_1} \int_0^t d\tau \int_{x-a_1(t-\tau)}^{x+a_1(t-\tau)} h(z, \tau) dz.$

Решение волнового уравнения при произвольных входных функциях нагружений определяется формулой

$$U(x, t) = \frac{1}{2} [f(x+a_1 t) + f(x-a_1 t)] + \frac{1}{2a_1} \int_{x-a_1 t}^{x+a_1 t} \varphi(z) dz + \frac{1}{2a_1} \int_0^t d\tau \int_{x-a_1(t-\tau)}^{x+a_1(t-\tau)} h(z, \tau) dz. \quad (12)$$

Отсюда при  $h(x, t) = 0$  приходим к известной формуле Даламбера, которая в литературе по математической физике выводится другим способом. Приведенный алгоритм доказательства этой формулы представляет методический интерес в учебном процессе изучения различных решений задач математической физики. Отметим, что даже в специальной монографии Титчмарша [6] по интегральным преобразованиям Фурье крайне мало приводится решения уравнений гиперболического типа.

В решении (12) положим  $U = T(x, t)$ ,  $f(x) = f_0(x)$ ,  $\varphi(x) = f_1(x)$ ,  $h(x, t) = q_v(x, t)/x\gamma$ .

Тогда, с учетом  $a_1^2 = a/t_r$ ,  $\sqrt{\frac{a}{t_r}} = w_r$  – конечная скорость переноса тепла [2],  $t_r$  – время релаксации, волновой характер переноса тепла в упруго-волновой сплошной среде представляется формулой

$$T(x,t) = \frac{1}{2}[f_0(x+w_1t) + f_0(x-w_1t)] + \frac{1}{2w_1} \int_{x-w_1t}^{x+w_1t} f_1(z) dz + \frac{1}{2w_1 c \gamma} \int_0^t d\tau \int_{x-w_1(t-\tau)}^{x+w_1(t-\tau)} q_v(z,\tau) dz. \quad (13)$$

Математическая модель переноса тепла в полуограниченной упруго-волновой среде при граничных условиях второго рода ставится гиперболическим уравнением теплопроводности

$$t_r \frac{\partial^2 T}{\partial t^2} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{q_v(x,t)}{c\gamma}, \quad T(x,0) = f_0(x), \quad \left( \frac{\partial T}{\partial t} \right)_{t=0} = f_1(x), \quad \left( -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=0} = q(t)$$

и односторонним косинус-преобразованием (11) трансформируется к виду

$$t_r \frac{\partial^2 T^*}{\partial t^2} + a \eta^2 T^*(\eta,t) = \frac{q_v^*(\eta,t)}{c\gamma} + \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{q(t)}{c\gamma},$$

$$T^*(\eta,0) = f_0^*(\eta) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty f_0(x) \cos x \eta dx, \quad \left( \frac{\partial T^*}{\partial t} \right)_{t=0} = f_1^*(\eta),$$

решение, которой проще всего находится преобразованием Лапласа. После такого преобразования приходим к операторному уравнению, из которого следует

$$\bar{T}^*(\eta,p) = \frac{f_0^*(\eta)p}{p^2 + w_r^2 \eta^2} + \frac{f_1^*(\eta)}{p^2 + w_r^2 \eta^2} + \frac{1}{c \gamma t_r} \left[ \frac{\bar{q}_v^*(\eta,p)}{p^2 + w_r^2 \eta^2} + \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{\bar{q}(p)}{p^2 + w_r^2 \eta^2} \right]$$

где  $a/t_r = w_r^2$ . Для передаточных функций простого упруго-волнового звена по сплошному

спектру  $\eta$ :  $\bar{W}_1(\eta,p) = \frac{1}{p^2 + w_r^2 \eta^2}$ ,  $\bar{W}_2(\eta,p) = \frac{p}{p^2 + w_r^2 \eta^2}$  оригиналами являются [2]

$W_1(\eta,t) = \frac{\sin w_r \eta t}{w_r \eta}$ ,  $W_2(\eta,t) = \cos w_r \eta t$ . По теореме о свертке

$$T^*(\eta,t) = f_0^*(\eta) \cos w_r \eta t + \frac{f_1^*(\eta) \sin w_r \eta t}{w_r \eta} + \frac{1}{c \gamma t_r} \left[ \int_0^t \frac{q_v^*(\eta,\tau) \sin w_r \eta (t-\tau)}{w_r \eta} d\tau + \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^t \frac{q(\tau) \sin w_r \eta (t-\tau)}{w_r \eta} d\tau \right]. \quad (14)$$

Переход в область оригиналов по переменной  $x$  производится суммированием по непрерывному спектру и это приводит к вычислению интеграла

$$T(x,t) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty T^*(\eta,t) \cos x \eta d\eta.$$

После внесения (14) для первого слагаемого имеем

$$\sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty f_0^*(\eta,t) \cos w_r \eta t \cos x \eta d\eta = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty f_0^*(\eta) [\cos(x+w_r t)\eta + \cos(x-w_r t)\eta] d\eta.$$

Так как

$$\frac{\sin w_r \eta t \cos x \eta}{w_r \eta} = \frac{1}{2w_r \eta} [\sin(x+w_r t)\eta + \cos(x-w_r t)\eta] = \frac{1}{2w_r} \int_{x-w_r t}^{x+w_r t} \cos \alpha \eta d\alpha,$$

то для второго слагаемого

$$\sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty \frac{f_1^*(\eta,t) \sin w_r \eta t}{w_r \eta} \cos x \eta d\eta = \frac{1}{2w_r} \int_{x-w_r t}^{x+w_r t} d\alpha \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty f_1^*(\eta) \cos x \eta d\eta = \frac{1}{2w_r} \int_{x-w_r t}^{x+w_r t} f_1(\alpha) d\alpha.$$

Аналогичные преобразования в третьем интеграле дают

$$\frac{1}{c\gamma w_r t_r} \int_0^t d\tau \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty f_v^*(\eta, \tau) \frac{\sin w_r(t-\tau)\eta}{\eta} \cos x\eta d\eta = \frac{1}{2c\gamma w_r t_r} \int_0^\tau \int_{x-w_r(t-\tau)}^{x+w_r(t-\tau)} q_v(\alpha, \tau) d\tau d\alpha.$$

Для последнего слагаемого

$$\frac{2}{\pi} \int_0^t \left[ \int_0^\infty \frac{\sin w_r(t-\tau)}{w_r \eta} q(\eta) d\eta \right] \cos x\eta d\tau = \frac{2}{\pi} \int_0^t q(\tau) d\tau \cdot \int_0^\infty \frac{\sin w_r \eta(t-\tau)}{w_r \eta} \cos x\eta d\eta.$$

При любом значении  $l$  значение несобственного интеграла  $\int_0^\infty \frac{\sin l \eta}{\eta} d\eta$  равно  $\frac{\pi}{2}$ .

Поэтому результат суммирования по непрерывному спектру  $\eta$  как значение интеграла при

$$l = w_r(t-\tau) > 0: \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \frac{\sin w_r \eta(t-\tau)}{\eta} \cos x\eta d\eta < \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \frac{\sin w_r \eta(t-\tau)}{\eta} d\eta = 1. \text{ Несобственный интеграл}$$

сходится. Обозначим  $H[x, (t-\tau)] = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \frac{\sin w_r \eta(t-\tau)}{\eta} \cos x\eta d\eta$ . Тогда температура в

полуограниченной волновой среде при краевых условиях второго рода находится в виде

$$T(x, t) = \frac{1}{2} [f_0(x + w_r t) + f_0(x - w_r t)] + \frac{1}{2w_r} \int_{x-w_r t}^{x+w_r t} f_1(\alpha) d\alpha + \\ + \frac{1}{2c\gamma w_r t_r} \int_0^\tau \int_{x-w_r(t-\tau)}^{x+w_r(t-\tau)} q_v(\alpha, \tau) d\tau d\alpha + \frac{1}{c\gamma w_r t_r} \int_0^t q(\tau) H[x, (t-\tau)] d\tau.$$

Таким образом, интегральными преобразованиями по эллиптической переменной выполнено системное исследование краевых задач для уравнений теплопроводности гиперболических и параболических типов. В тех случаях, когда переменная изменяется в полуограниченном и неограниченном интервалах, синтез искомого решения производится суммированием по сплошному спектру  $\eta$  и температура находится в интегральном представлении, а при конечном интервале суммированием по дискретным спектрам  $\mu_k$  приводит к определению решения в виде функционального ряда.

*Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими*

\* *Швекоинтернейшл, Швеция*

### Литература

1. Баумайстер К., Хамилл Д. - Теплопередача, 1969, № 4, с. 112-119.
2. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М., Высшая школа, 1967, 600 с.
3. Карташов Э.М., Ремизова О.И. Труды РНТК – 3. М. Изд-во МЭИ, 2002, т. 7, с. 138–142.
4. Цой П.В. Системные методы расчета краевых задач теплопроводности. М., Изд-во МЭИ, 2005, 568 с.

5. Цой П.В. - Инженерно-физический журнал, 1961, т. 4, № 1, с. 120–123.
6. Титчмарш Е. Введение в теорию интегралов Фурье. М.,Л.: Физматгиз, 1948, 382 с.

**П.В. Цой, Ш. Нуриддинов**

**ИСБОТИ НАВИ ФОРМУЛАИ ДАЛАМБЕР ВА ҲАЛЛИ МУОДИЛАИ  
ГАРМИГУЗАРОНИИ ТИПҲОИ ГИПЕРБОЛӢ ВА ПАРАБОЛӢ**

Бо ёрии табдилоти интегралӣ аз рӯи тағйирёбандаи эллиптикӣ тадқиқи системавии масъалаҳои канории муодилаҳои гармигузаронии типҳои гиперболӣ ва параболӣ гузаронида шудааст. Ҳангоми дар интервалҳои ниммахдуд ва ғайримахдуд қимат гирифтани тағйирёбанда синтези ҳалли матлуб ба воситаи суммагирӣ аз рӯи спектри яклухти  $\eta$  ба чо оварда мешавад ва ҳарорат ба намуди ифодаи интегралӣ пешниҳод карда мешавад. Ҳангоми охиринок будани интервал ба воситаи суммагирӣ аз рӯи спектрҳои дискретии  $\mu_k$  ҳал ба намуди қатори функционалӣ ифода карда мешавад.

**P.V. Tsoi, Sh. Nuriddinov**

**THE NEW DEMONSTRATION OF DALAMBER FORMULA AND SOLVING EQUATION IN  
HYPERBOLIC AND PARABOLIC TYPES OF HEAT CONDUCTIVITY**

**А. Абдурасулов**  
**К МОЛЕКУЛЯРНОЙ ТЕОРИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**  
**МАССОПЕРЕНОСА В АСИММЕТРИЧНЫХ ЖИДКОСТЯХ**

Рассмотрим жидкую систему, состоящую из  $N$  одинаковых, жестких молекул произвольной формы массой  $m$  и моментом инерции  $I$ . Полагаем, что такие несферические молекулы обладают поступательными и вращательными степенями свободы, которые можно описать законами классической механики. Состояние этих молекул в фазовом пространстве описываем набором декартовых -  $\vec{X}(x; y; z)$  и угловых -  $\vec{\theta}(\theta; \psi; \varphi)$  координат, а также соответствующими компонентами импульса -  $\vec{P}(p_x; p_y; p_z)$  и момента импульса -  $\vec{M}(M_x; M_y; M_z)$  молекул.

Микроскопическую модель системы задаем гамильтонианом

$$H(\vec{P}_i, \vec{M}_i, \vec{X}_i, \vec{\theta}_i) = \sum_{i=1}^N H_i = \sum_{i=1}^N \left( \frac{P_i^2}{2m} + \frac{M_i^\alpha M_i^\beta}{2I_{\alpha\beta}} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \Phi_{ij}(\vec{X}_{ij}, \vec{\theta}_i, \vec{\theta}_j) \right), \quad (1)$$

где  $\Phi_{ij}$ - парная потенциальная энергия взаимодействия между  $j$ -ой и  $i$ -ой молекулами, которая в общем виде не является сферически симметричной.

Законы движения молекул с учетом (1) записываем в виде канонических уравнений движения Гамильтона.

Считаем, что неравновесное состояние жидкой системы характеризуется набором динамических величин  $\mathcal{F}_m(\vec{X}, \vec{\theta})$  локальные плотности, которых задаются в виде

$$\mathcal{F}_m(\vec{X}; \vec{\theta}) = \sum_i^N p_{mi} \delta(\vec{X} - \vec{X}_i) \delta(\vec{\theta} - \vec{\theta}_i), \quad (2)$$

где  $p_{mi}$  - микроскопическое выражение этих динамических величин.

Изменение состояния жидкости при динамических процессах описываем уравнениями изменения этих динамических величин по времени, которые имеют вид известных законов сохранения

$$\frac{\partial \mathcal{F}_m(\vec{X}, \vec{\theta})}{\partial t} + \frac{\partial \mathcal{F}_m^\alpha(\vec{X}, \vec{\theta})}{\partial X^\alpha} + \frac{\partial (a^{\alpha\beta} \mathcal{F}_m^\beta(\vec{X}, \vec{\theta}))}{\partial \theta^\alpha} = \mathcal{F}_m(\vec{X}, \vec{\theta}). \quad (3)$$

Здесь  $\mathcal{F}_m^\alpha(\vec{X}, \vec{\theta})$  - компоненты вектора локальной плотности соответствующих потоков переноса величины  $\mathcal{F}_m(\vec{X}, \vec{\theta})$ , обусловленных поступательными (t) и вращательными (r) степенями свободы несферических молекул жидкости, а  $\mathcal{F}_m(\vec{X}, \vec{\theta})$  - локальная плотность соответствующего источника изменения плотности динамической  $\mathcal{F}_m(\vec{X}, \vec{\theta})$  определяемое выражением (2).

Характер изменения состояния жидкой системы при динамических процессах, согласно (3), будет определяться неравновесным средним значением источников  $\langle \mathcal{F}_m(\vec{X}, \vec{\theta}) \rangle_t$ , которые носят релаксационный характер и обеспечивают необратимость уравнений (3). Когда  $\mathcal{F}_m(\vec{X}, \vec{\theta})$  представляют локальные плотности сохраняющихся величин (в нашем случае плотность числа частиц

$\mathcal{N}(\vec{X}, \vec{\theta}) = \sum_{i=1}^N \delta(\vec{X}_i - \vec{X}) \delta(\vec{\theta}_i - \vec{\theta})$  и плотность энергии системы

$\mathcal{H}(\vec{X}, \vec{\theta}) = \sum_{i=1}^N H_i \delta(\vec{X}_i - \vec{X}) \delta(\vec{\theta}_i - \vec{\theta})$ , где  $H_i$  определяется из выражение (1),  $\langle \mathcal{F}_m(\vec{X}, \vec{\theta}) \rangle_t \equiv 0$ .

Чтобы из уравнения типа (3) получить систему уравнений обобщенной гидродинамики и исследовать неравновесные свойства жидких систем, необходимо усреднить (3) по соответствующему неравновесному статистическому ансамблю.

Используя для усреднения системы уравнения (3), построенного в [2] по методу работы [1], неравновесную статистическую функцию распределения, получим систему уравнения обобщенной гидродинамики, позволяющую описать динамические процессы переноса в асимметричных жидкостях [3]. В частности, дифференцируя плотность числа частиц по времени,

получим закон сохранения массы, куда входят локальные плотности векторов диффузионных потоков

$$\mathfrak{F}_i^\alpha(\vec{X}, \vec{\theta}) = \sum_{i=1}^N \frac{\tilde{P}_i^\alpha}{m} \delta(\vec{X}_i - \vec{X}) \delta(\vec{\theta}_i - \vec{\theta}) \text{ и } \mathfrak{F}_r^\alpha(\vec{X}, \vec{\theta}) = \sum_{i=1}^N I_{\alpha\beta}^{-1} \tilde{M}_i^\beta \delta(\vec{X}_i - \vec{X}) \delta(\vec{\theta}_i - \vec{\theta}), \quad (4)$$

где  $\tilde{P}_i = \vec{P}_i - m\vec{u}(\vec{X}_i, t)$  и  $\tilde{M}_i = \vec{M}_i - I : \vec{\omega}(\vec{X}, t)$  - значения импульса и момента импульса молекул в сопровождающей жидкости системе координат. Наличие таких потоков в асимметричных жидкостях обусловлено тем, что под углом  $\vec{\theta}$  ориентированный элемент объема жидкости около точки  $\vec{X}$  перемещается с поступательными и вращательными скоростями, отличающимися от макроскопических скоростей поступательного ( $\vec{u}(\vec{X}, t)$ ) и вращательного ( $\vec{\omega}(\vec{X}, t)$ ) движения жидкости.

Дифференцируя (4) по времени и усредняя результаты по неравновесному статистическому ансамблю, получим часть уравнения обобщенные гидродинамики позволяющие исследовать динамический процесс переноса массы в асимметричных жидкостях [4, 5].

В случае пренебрежения влияния вязкоупругих и термоупругих свойств жидкости на перенос массы, полученная система уравнений становятся замкнутыми и значительно упрощаются [4]. Решая упрощенную систему относительно Фурье образов векторов  $\vec{J}_i(\vec{X}, \vec{\theta}, t)$  и  $\vec{J}_r(\vec{X}, \vec{\theta}, t)$ , получим

$$\begin{aligned} J_i^\beta(\vec{X}, \vec{\theta}, \nu) &= -\tilde{K}_{ir}^{\alpha\beta}(i\nu)\omega^\alpha(\vec{X}, \nu) + \tilde{K}_{ii}^{\alpha\beta}(i\nu)u^\alpha(\vec{X}, \nu) - \tilde{D}_{ii}^{\alpha\beta}(i\nu)\frac{\partial n'(v)}{\partial X^\alpha} - \\ &- \tilde{D}_{ir}^{\alpha\beta}(i\nu)\frac{\partial}{\partial \theta^\gamma}(a^{\gamma\alpha}n'(v)) - \tilde{T}_{ii}^{\alpha\beta}(i\nu)\frac{\partial T'(v)}{\partial X^\alpha} - \tilde{T}_{ir}^{\alpha\beta}(i\nu)\frac{\partial}{\partial \theta^\gamma}(a^{\gamma\alpha}T'(v)) \\ J_r^\beta(\vec{X}, \vec{\theta}, \nu) &= \tilde{K}_{rr}^{\alpha\beta}(i\nu)\omega^\alpha(\vec{X}, \nu) - \tilde{K}_{ri}^{\alpha\beta}(i\nu)u^\alpha(\vec{X}, \nu) - \tilde{D}_{ri}^{\alpha\beta}(i\nu)\frac{\partial n'(v)}{\partial X^\alpha} - \\ &- \tilde{D}_{rr}^{\alpha\beta}(i\nu)\frac{\partial}{\partial \theta^\gamma}(a^{\gamma\alpha}n'(v)) - \tilde{T}_{ri}^{\alpha\beta}(i\nu)\frac{\partial T'(v)}{\partial X^\alpha} - \tilde{T}_{rr}^{\alpha\beta}(i\nu)\frac{\partial}{\partial \theta^\gamma}(a^{\gamma\alpha}T'(v)) \end{aligned} \quad (5)$$

Входящие в (5) обобщенные коэффициенты диффузии – D, термодиффузии – T, конвекции – K комплексные и сложные (см. [5]). Используя особенности структуры и симметрии различных моделей жидкостей, упрощаем аналитические выражения этих коэффициентов.

1. При условии  $\tau_{ii} \ll \tau_{ri}, \tau_{ir} \ll \tau_{rr}$ , которое больше соответствует жидким системам с почти гладкими сферическими молекулами, для динамических коэффициентов диффузии и соответствующих им динамических модулей диффузионной упругости получим:

$$D_{ii}(v) = \frac{1}{m} \left( \frac{\partial P_i(\vec{X}, \vec{\theta}, t)}{\partial n} \right)_T \frac{\tau_{ii}}{1 + v^2 \tau_{ii}^2}; \quad M_{ii}^D(v) = \frac{1}{m} \left( \frac{\partial P_i(\vec{X}, \vec{\theta}, t)}{\partial n} \right)_T \frac{v^2 \tau_{ii}^2}{1 + v^2 \tau_{ii}^2}. \quad (6)$$

Как видно, в таких жидких системах динамический процесс переноса массы характеризуется главным образом вкладом трансляционного релаксационного процесса с характерным

$$\text{временем релаксации } \tau_{ii}^{\alpha\beta} = \frac{m}{\beta_{ii}^{\alpha\beta}} = \left( \frac{1}{3nmkT} \int_0^\infty dt \langle \mathfrak{F}^\alpha(\vec{X}, \vec{\theta}) \tilde{F}^\beta(t) \rangle_0 \right)^{-1}.$$

2. Рассматривая условие  $\tau_{rr} \ll \tau_{ri}, \tau_{ir} \ll \tau_{ii}$ , которое лучше отражает состояния жидких систем, состоящих из удлинённых, стержнеобразных молекул для тех же параметров массопереноса находим

$$D_{rr}(v) = \frac{1}{I} \left( \frac{\partial P_r(\vec{X}, \vec{\theta}, t)}{\partial n} \right)_T \frac{\tau_{rr}}{1 + v^2 \tau_{rr}^2}; \quad M_{rr}^D(v) = \frac{1}{I} \left( \frac{\partial P_r(\vec{X}, \vec{\theta}, t)}{\partial n} \right)_T \frac{v^2 \tau_{rr}^2}{1 + v^2 \tau_{rr}^2}. \quad (7)$$

Нетрудно видеть, что в этом случае динамический массоперенос описывается в основном вращательным релаксационным процессом с характерным временем

$$\tau_{rr}^{\alpha\beta} = \frac{I}{\beta_{rr}^{\alpha\beta}} = \left( \frac{1}{3nIkT} \int_0^\infty dt \langle \mathfrak{N}^\alpha(\vec{X}, \vec{\theta}) \tilde{N}^\beta(t) \rangle_0 \right)^{-1}.$$

Таким же образом, рассматривая условия  $\tau_{tt}, \tau_{rr} \ll \tau_{rt}, \tau_{tr}$  и  $\tau_{tt}, \tau_{rr} \gg \tau_{rt}, \tau_{tr}$ , получим упрощённые аналитические выражения для динамических коэффициентов диффузии, термодиффузии, конвекции и соответствующих им динамических модулей упругости жидких систем, состоящих из твердых шереховатых сфер, и из жестких молекул со смещенными центрами инерции.

Выбирая парный потенциал межмолекулярного взаимодействия в виде

$$\Phi_{12}^*(r) = \begin{cases} \infty, & \text{при } r \leq 1 \\ 4 \left( \frac{1}{r^{12}} - \frac{1}{r^6} \right), & \text{при } r > 1, \end{cases} \quad (8)$$

где  $\Phi^*(r) = \frac{\Phi_{12}^*(r)}{\varepsilon}$  - безразмерное значение потенциальной энергии взаимодействия молекул;  $\varepsilon$  - глубина потенциальной ямы;  $r = X_{ij}/\sigma$  - безразмерное взаимное расстояние, а  $\sigma$  - эффективный диаметр взаимодействующих молекул..

Радиальную функцию распределения молекул представим виде [6.7]  $g_0(r) = e^{-\frac{\Phi^*(r)}{T}} y(r)$

$$y(r) = \begin{cases} \frac{2-n}{2(1-n)^3}, & \text{при } r \leq 1; \\ \frac{C_0 e^{t_0(r-1)} + \frac{2}{3} C_1 e^{\gamma(1+\alpha)(r-1)}}{r(1-n)^2}, & \text{при } 1 < r < 2; \\ 1, & \text{при } r \geq 2 \end{cases} \quad (9)$$

где  $n^* = \frac{\pi \sigma^3 \rho}{6m}$  - приведенная плотность жидкости, проводим численные расчеты значения параметров динамического массопереноса для самой простой модели жидкости, состоящей из гладких сферических молекул (например, для жидкого аргона).

Результаты численного расчета зависимости коэффициента трения  $\beta_{tt}(T)$  и времени релаксации  $\tau_{tt}(T)$  от температуры (Т) для двух значений плотности ( $\rho_1=1388 \text{ кг/м}^3$  и  $\rho_2=1436 \text{ кг/м}^3$ ) без учета наличия радиальной структуры в жидкости приведены на рис. 1. Рассчитанные таким образом значения параметров  $\beta_{tt}$  и  $\tau_{tt}$  проявляют количественное расхождение с экспериментальными данными (■, ○). Аналогичная ситуация имеет место по температурной зависимости коэффициента диффузии жидкого аргона (см. рис. 3, кривые 1). Численные значения вычисленных параметров очень слабо реагируют на изменения плотности. Видно, что прямое вычисление параметров динамического диффузионного массопереноса с использованием простого, некорреляционного потенциала (8) не позволяет учитывать особенности структуры жидкостей.

Для учета влияния особенности равновесной структуры жидкости в (6) и (7) из многочастичной равновесной статистической функции распределения Гиббса переходим к равновесной радиальной функции распределения  $g_0(r)$ , и для коэффициента внутреннего трения жидкости находим выражение

$$\beta_{II} = 20,41 \cdot 10^{-13} \frac{n^*}{T_0^*} \int_0^{\infty} \left( \Phi'(r) \right)^2 g_0(r) r^2 dr, \quad \frac{z}{c}, \quad (10)$$

а для проведения численного расчета  $g_0(r)$  выбираем в виде (9).

На рис.2 представлены результаты численного расчета температурной зависимости параметров  $\beta_{II}$  и  $\tau_{II}$ , а на рис.3 (кривые 2) – коэффициента диффузии  $D_{II}(T)$  с учетом наличия радиальной структуры в жидком аргоне при тех же значения плотности. Как видно с учетом (9), расчетные значения параметров проявляют удовлетворительные совпадения с экспериментальными точками ( $\square, \blacklozenge, \bullet, \blacksquare, \square, \bullet$ ), например, с [8] и хорошо реагируют на изменения плотности жидкости. Это дает основание сказать, что полученные выражения и выбранные модели, которые учитывают наличие радиальной структуры у жидкостей, могут быть использованы для исследования динамических параметров переноса в жидких системах.

трех значений температуры. Видно, что с увеличением частоты значения  $D_{II}(\nu)$  уменьшается, а значения  $M_{II}^D(\nu)$  растет. Это соответствует известному утверждению о том, что в областях низких частот, динамический процесс переноса в жидкостях характеризуется низкочастотными значениями кинетических коэффициентов (в данном случае коэффициентом диффузии), а в высокочастотных областях высокочастотными значениями модулей упругости (в нашем случае высокочастотными значениями модуля диффузионной упругости). Абсцисса точки пересечения кривых  $D_{II}(\nu)$  и  $M_{II}^D(\nu)$  дают значения частоты, ниже которого в динамическом процессе переноса массы преобладают диффузионные механизмы, а на частотах выше этой характерной частоты массоперенос описывается диффузионно-упругими свойствами жидкости.

В конце заметим, что из-за отсутствия подходящего уравнения состояния взаимно согласованные значения плотности, температуры и давления для жидкого аргона были взяты из экспериментальных данных, а для определения производных  $\left( \frac{\partial P}{\partial n} \right)_T, \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_n$  было использовано уравнение состояния идеального газа.

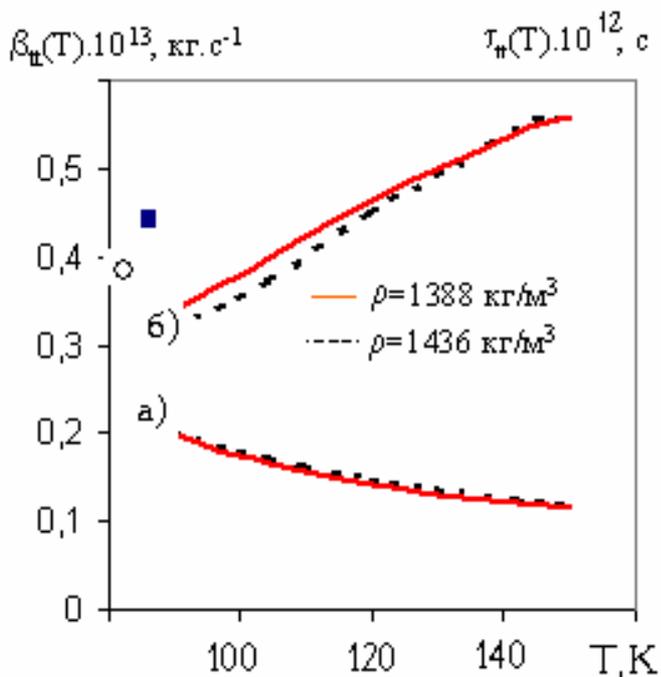


Рис.1. Зависимость коэффициента внутреннего трения  $\beta_{tt}$  (кривые а) и времени релаксации  $\tau_{tt}$  (кривые б) от температуры без учета  $g_0(r)$

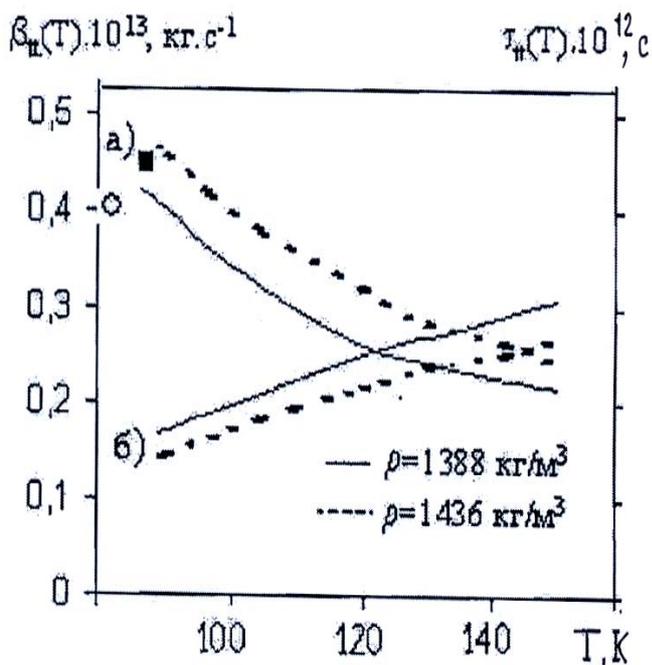


Рис.2. Зависимость коэффициента внутреннего трения  $\beta_{tt}$  (кривые а) и времени релаксации  $\tau_{tt}$  (кривые б) от температуры с учетом  $g_0(r)$

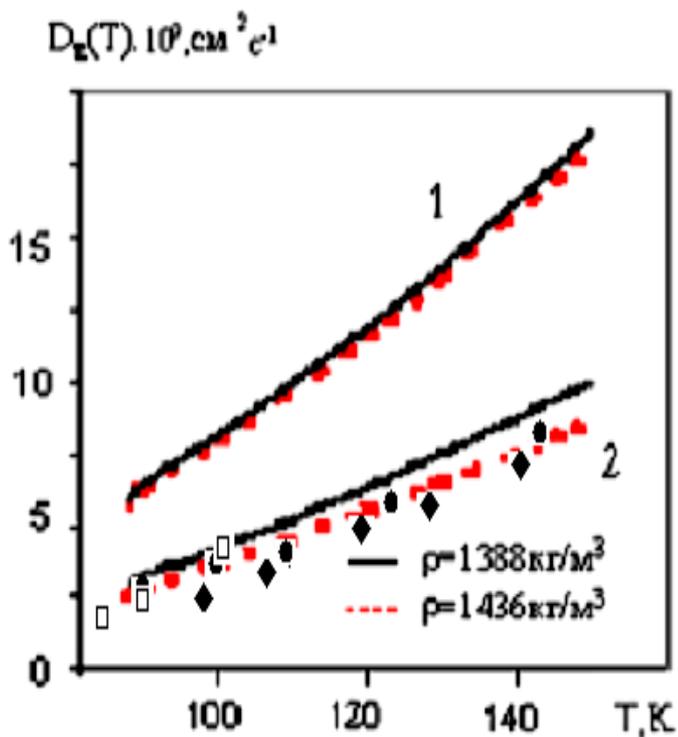


Рис. 3. Зависимость динамического коэффициента диффузии жидкого аргона от температуры при двух значениях плотности

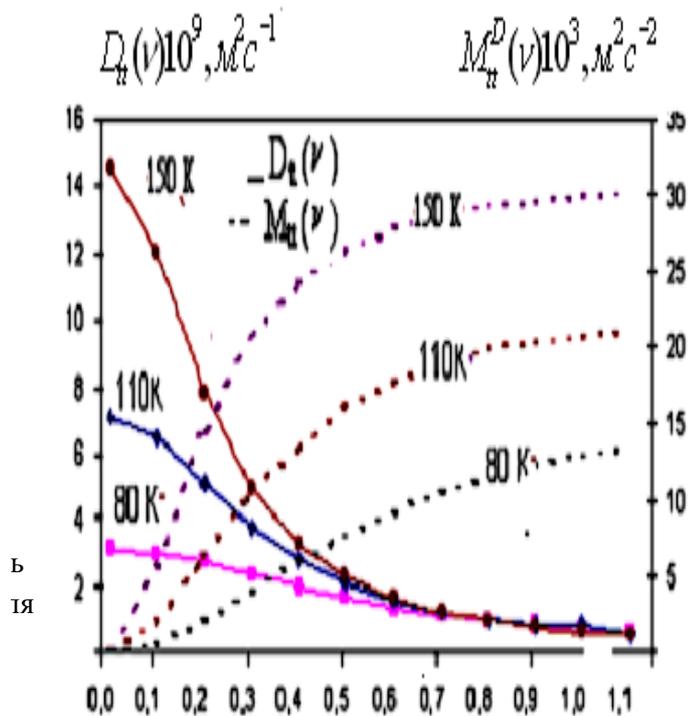


Рис.4. Частотная зависимость динамического коэффициента диффузии  $D_d(\nu)$  и соответствующей ему динамического модуля упругости  $M_d^D(\nu)$  для жидкого аргона при  $\rho=1230 \text{ кг/м}^3$  и трех значений температур.

### **Литература**

1. Зубарев Д.Н. Неравновесная статистическая термодинамика. М.: Наука, 1971, 416 с.
2. Абдурасулов А.А. - Докл. АН РТ, 1998, т.41, № 2-3, с.31-35.
3. Абдурасулов А.А. - Докл.АН РТ, 1999, т.42, №10, с.42-45.
4. Абдурасулов А. А.- Вісник Київський національний університет імені Т. Шевченка. Сер. Фізика. –2002, №4, с.52-56.
5. Одинаев С., Абдурасулов А. А., Муродов Ф. - УФЖ, 2005, т. 50, №7, с.669-673
6. Адхамов А.А., Одинаев С. Абдурасулов А. - Докл.АН Тадж ССР, 1989, т. 32, № 8, с.521-524
7. Одинаев С. Адхамов А.А. Молекулярная теория структурной релаксации и явлений переноса в жидкостях. Душанбе «Дониш», - 1998, 230 с.
8. Bailey C.J., Kellner K. – Physics, 1968, v.39, p. 444-462.

#### **А. Абдурасулов**

#### **ДОИР БА НАЗАРИЯИ МОЛЕКУЛАВИИ ИНТИҚОЛИ ДИНАМИКИИ МАССА ДАР МОЕЪҲОИ АСИММЕТРӢ**

Дар мақола натиҷаҳои омӯзиши интиқоли масса дар моеъҳои асимметрии ҳангоми рӯйдодҳои динамикӣ, бо истифода аз назарияи статистикӣ ғайримувозинатии моеъҳо, оварда шудааст. Барои коэффисиентҳои диффузия, термодиффузия конвексия ва модуҳои чандирии ба онҳо мувофиқифодаҳои аналитикӣ умумие ёфта шудаанд, ки хусусиятҳои сохтори молекулавии моеъҳо ва табиати ҳодисаҳои релаксационии дар онҳо ҷой доштаро хеле пурра дар бар мегиранд. Бо назардошти хусусиятҳои хоси сохтори молекулавии моеъҳо ифодаҳои аналитикӣ содда ва ҳисобкунии ададӣ гузаронида шуда барои омӯхтани интиқоли динамики масса дар моеъҳои гуногун татбиқ карда шудаанд.

#### **A. Abdurasulov**

#### **TO THE PROBLEM OF MOLECULAR THEORY OF DYNAMICAL PROCESS OF MASS TRANSFER IN ASYMMETRIC LIQUIDS**

## МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗОЛЯЦИИ АБС-ПЛАСТИКОВ

Прогресс во многих областях науки, техники и особенно технологии практически невозможен без необходимых достоверных данных, используемых при постановке задач по исследованию, проектированию и эксплуатации материалов и изделий.

Теплофизические свойства материалов: теплоемкость, линейное расширение, плотность, теплопроводность, температуропроводность являются важнейшими физическими характеристиками, определяющими закономерности поведения этих материалов при различных внешних воздействиях.

При расчетах данных технологических режимов нельзя пренебрегать изменением характеристик внутреннего ТМП (теплопереноса) по толщине изделий, обусловленное существенной зависимостью последних от температуры дисперсной среды и особенно от концентрации растворителя. Значительное усложнение задачи контроля и управления данными процессами возникает в случае аномальной диффузии растворителей в полимерах, когда характеристики внутреннего ТМП (теплопереноса) перерабатываемых материалов зависят не только от потенциалов переноса, но и от характера протекания технологического процесса, в течение которого происходит структурообразование материала.

Нами рассматривались два способа интенсификации технологических процессов удаления растворителей при производстве изделий из полимеров.

1. Оптимальное управление процессами диффузии, подчиняющихся закону Фика, путем поиска вектора управляющих воздействий, обеспечивающего максимальную интенсивность процесса на основе информации о характеристиках внутреннего ТМП (теплопереноса) перерабатываемых материалов и условиях тепло- и массообмена изделий с окружающей средой при ограничениях на поверхностную концентрацию и градиент концентрации внутри изделий.

2. Управление процессами аномальной диффузии растворителей в полимерах путем оперативного вмешательства в ход технологического процесса при достижении градиентов концентрации внутри изделий критических значений.

И в том, и в другом случаях возникает необходимость контроля локальных значений концентрации полярных растворителей в дисперсных средах в условиях непрерывно протекающих процессов диффузии. Конечно, механические и теплофизические свойства влияют на изменение процессов диффузии.

Отсутствие надежных средств контроля локальных значений концентрации полярных растворителей в дисперсных средах приводят к необходимости исследований процессов ТМП (теплопереноса) на основе информации об интегральных значениях концентрации, например, из кривой кинетики сушки, что в условиях значительных перепадов концентрации внутри изделий приводит к существенным погрешностям. В случае возникновения явления аномальной диффузии в полимерах задача становится практически неразрешимой вследствие отсутствия надежного математического описания процессов.

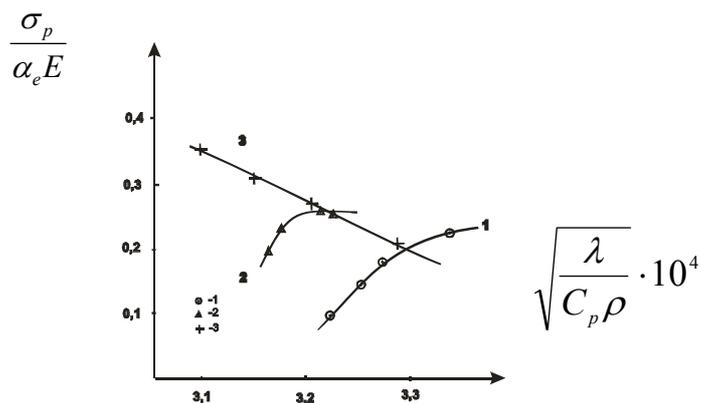
Целью работы являлось повышение эффективности процессов ТМП (теплопереноса) в дисперсных средах на основе обеспечения контроля локальных значений концентрации полярных растворителей и получение закономерности и эмпирической зависимости между механическими и теплофизическими свойствами. Для измерения теплофизических свойств изоляции АБС-пластиков нами использован метод монотонного разогрева. На основе экспериментальных данных по механическим и теплофизическим свойствам получены эмпирические уравнения.

Для определения взаимосвязи между механическими и теплофизическими свойствами исследуемых пластиков нами использованы следующие уравнения:

$$\frac{\sigma_p}{\alpha_e E} = f\left(\sqrt{\frac{\lambda}{C_p \rho}}\right); \quad (1)$$

$$SW = f\left(\sqrt{\frac{\lambda}{C_p \rho}}\right). \quad (2)$$

Для получения эмпирического уравнения нами использованы экспериментальные данные по механическим и теплофизическим свойствам исследуемых пластиков в виде следующего выражения [1,2]

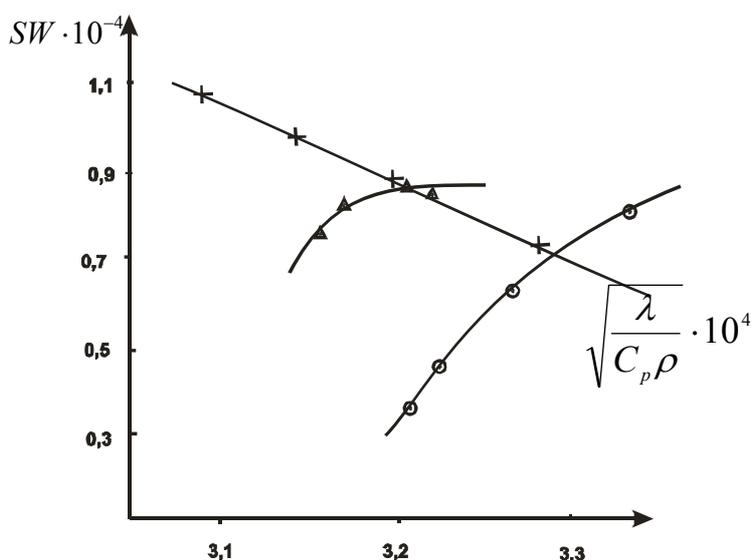


- 1 – (800, 890, 1700 и 3372 м.над.ур.м.,  $\tau = 3$ мес.);
- 2 – (800, 890, 1700 и 3372 м.над.ур.м.,  $\tau = 12$ мес.);
- 3 – (800, 890, 1700 и 3372 м.над.ур.м.,  $\tau = 3$ мес.);

**Рис. 1.** Зависимость комплексов  $\frac{\sigma_p}{\alpha_e E}$  от  $\sqrt{\frac{\lambda}{C_p \rho}}$  для изоляции АБС – пластиков, экспонированных в зависимости от высоты над ур.м. и времени выдержки условиях Таджикистана ( $T = 293$  К).

$$SW = \frac{\sigma_p}{\alpha_e E} \sqrt{\frac{\lambda}{C_p \rho}}, \quad (3)$$

Используя экспериментальные данные, при температуре  $T=298$  К, на плоскости нами построен график зависимостей комплексов  $\frac{\sigma_p}{\alpha_e E}$  от  $\sqrt{\frac{\lambda}{C_p \rho}}$ ; (3).



**Рис. 2.** Взаимосвязь между механическими и теплофизическими свойствами изоляции АБС – пластиков, экспонированных в зависимости от высоты над.ур.м. и времени выдержки условиях Таджикистана ( $T = 293$  К). Обозначения как на рис. 1.

Как видно из рис.1, взаимосвязь между механическими и теплофизическими свойствами исследуемых пластиков зависит от времени экспонирования. Например, при  $\tau = 3 \text{ мес.}$  и  $\tau = 12 \text{ мес.}$  эти зависимости комплексов  $\left(\frac{\sigma_p}{\alpha_e E} \text{ и } \sqrt{\frac{\lambda}{C_p \rho}}\right)$  увеличиваются по параболическому закону, а для  $\tau = 24 \text{ мес.}$  уменьшаются по линейному закону. Такие закономерности наблюдаются  $\left(SW = \frac{\sigma_p}{\alpha_e E} \sqrt{\frac{\lambda}{C_p \rho}}\right)$  от  $\left(\sqrt{\frac{\lambda}{C_p \rho}}\right)$  (рис.2) [1].

Используя выражения (1) и (2) и экспериментальные данные, нами получены линейные и квадратичные закономерности.

Для расчета коэффициентов прямых и кривых линий использован метод наименьших квадратов, который имеет следующее выражение:

- для изоляции АБС –пластиков ( $h=800,890,1700$  и  $3372$  м.над.ур.м.),  $\tau = 3$  мес.

$$\frac{\sigma_p}{\alpha_e E} = -3,5 \cdot 10^8 \left(\sqrt{\frac{\lambda}{C_p \rho}}\right)^2 + 2,42 \cdot 10^5 \left(\sqrt{\frac{\lambda}{C_p \rho}}\right) - 41,37. \quad (4)$$

- для изоляции АБС –пластиков ( $h=800,890,1700$  и  $3372$  м.над.ур.м.),

$\tau = 12$  мес.

$$\frac{\sigma_p}{\alpha_e E} = -4,31 \cdot 10^7 \left(\sqrt{\frac{\lambda}{C_p \rho}}\right)^2 + 4,27 \cdot 10^4 \left(\sqrt{\frac{\lambda}{C_p \rho}}\right) - 9,01. \quad (5)$$

- для изоляции АБС –пластиков ( $h=800,890,1700$  и  $3372$  м.над.ур.м.),

$\tau = 24$  мес.

$$\frac{\sigma_p}{\alpha_e E} = 2,266 - 0,62 \cdot 10^4 \left(\sqrt{\frac{\lambda}{C_p \rho}}\right). \quad (6)$$

На основе полученных выражений (4)-(6) можно рассчитать механические свойства изоляции АБС-пластиков в интервале температур 293-358 К, зная их теплофизические свойства.

*Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими*

## Литература

1. Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электротехнические материалы. Учебник для вузов.-Л.: Энергоатомиздат,1985, 304 с.
2. Ходжаева У.Т. Тепло- и электрофизические свойства изоляционных пластиков кабельных изделий, экспонированных в различных условиях Республики Таджикистан. Дисс.на соиск. уч. ст. к.т.н., Душанбе, 2006

**У.Т.Ходжаева, М.М. Сафаров, М.С. Сайдуллаева**

### **ХОСИЯТҲОИ МЕХАНИКИЮ ГАРМОФИЗИКИИ ИЗОЛЯЦИЯҲОИ АВС– ПЛАСТИКҲО**

Дар мақолаи мазкур натиҷаҳои таҷрибавии хосиятҳои механикию гармофизикии изолятсияҳои АВС–пластикҳо дар шароити мухталифи Ҷумҳурии Тоҷикистон оварда шудааст. Дар асоси натиҷаҳои хосиятҳои гармофизикии ва механикии муодилаи эмпирикии ҳосил шудааст.

**U.T.Khojaeva, M.M.Safarov, M.S. Saidulloeva**

### **MECHANICAL AND THERMOPHYSICAL PROPERTIES IZOLETION ABS-PLASTICS**

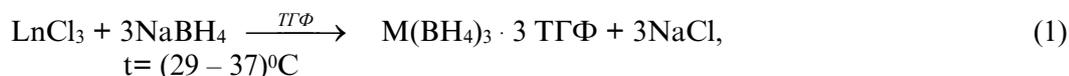
А.Б. Бадалов, Б.А Гафуров\*, М. Икрамов, И.З Хакеров,\*\* И.Б Шаймуродов  
**ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ  
 ХАРАКТЕРИСТИКИ БОРОГИДРИДОВ ЛАНТАНИДОВ  
 ИТТРИЕВОЙ ПОДГРУППЫ**

Успешное развитие концепции перехода к водородной экономике и водородной цивилизации будущего [1-4] связано с фундаментальными исследованиями химии неорганических гидридов, в частности бинарных, интерметаллических и комплексных гидридов лантанидов.

Эти исследования имеют важное значение для развития химии и химической технологии, для прогресса во многих смежных дисциплинах материаловедения, металлургии, энергетики. Актуальность этих исследований заключается также в создании фундаментальной базы для расширяющихся областей применения редкоземельных металлов и их соединений благодаря наличию больших запасов и технологию получения чистых металлов, их соединений. Об этом свидетельствует тематика международных конференций [5-7].

В данной работе приведены результаты исследования процесса термического разложения тристетрагидрофуранатов, борогидридов лантанидов  $Ln(BH_4)_3 \cdot 3 \text{ТГФ}$ , где  $Ln$  – гадолиний, эрбий, иттербий и лютеций; ТГФ – тетрагидрофуран. Исследование проведено методом тензиметрии с мембранным нульманометром [7] в равновесных условиях. Каждая фигуративная точка на кривой зависимости давления пара от температуры (барограмма) выдерживалась в течение 150 ч. до достижения постоянного значения давления в системе в течение пяти часов. Давление измерялось с точностью  $\pm 2$  мм рт. ст., а температура  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Достижение равновесия в исследуемых системах проверялось и при обратном ходе барограммы (при охлаждении системы). При этом наблюдалось заметное понижение давления пара в системе, но полной воспроизводимости прямого и обратного хода барограммы не удалось достичь даже при двукратном увеличении времени выдержки фигуративной точки.

Синтез борогидридов лантанидов осуществлен по обменной реакции между хлоридами лантанидов и борогидридом натрия в среде ТГФ, выражается уравнением:



где  $M$  – Gd, Er, Yb и Lu.

Особенность реакции заключается в практической нерастворимости  $NaCl$  в ТГФ. Продукт синтеза – борогидрид лантанида очищен путем повторной кристаллизации и отгонки растворителя в вакууме или нагреванием раствора до 340 К. По результатам химического элементного анализа продукт синтеза соответствует составу  $Ln(BH_4)_3 \cdot 3 \text{ТГФ}$ .

В работе [8] нами показана возможность полной десольватации  $Ln(BH_4)_3 \cdot 3 \text{ТГФ}$ , в равновесных условиях с получением несольватированных борогидридов лантанидов. Установлен двухступенчатый характер процесса десольватации  $Ln(BH_4)_3 \cdot 3 \text{ТГФ}$  в интервале температур 370 – 395 К и рассчитаны термодинамические характеристики отдельных ступеней процесса.

Полученные таким образом несольватированные борогидриды Gd, Er, Vb и Lu были нами подвергнуты дальнейшему термическому разложению. Исследования показали, что процесс термического разложения изученных борогидридов протекает в одну стадию в интервале температур 420 – 530 К.

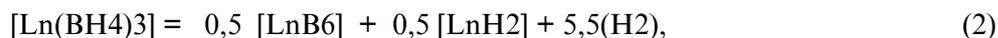
Для установления химической схемы процесса термического разложения исследованных борогидридов был проведен рентгенофазовый анализ продуктов их пиролиза на приборе ДРОН-3М. Рентгенограмма продукта пиролиза борогидрида самария (табл.1) характеризуется одинаковым расположением и интенсивностями рефлексов и сходна с рентгенограммой низкотемпературной модификации металлического самария, а остальные рефлексы проидентифицированы как кубическая ячейка со структурой  $CaB_6$ , относящейся к  $SmB_6$  ( $a = 0.4150$  нм и  $v = 7.14703$  нм<sup>3</sup>). Аналогичные результаты наблюдались на рентгенограммах продуктов остальных изученных борогидридов.

Таблица 1  
 Результаты идентификации рентгенограммы продуктов разложения  
 борогидрида самария

J	Q	Sin <sup>2</sup> Q		hKl	Фазы
		Экспер.	Теорет.		
сл.	15.25	0.069185	0.069022	110	SmB <sub>6</sub>
ср.	15.40				SmH <sub>2</sub>
ср.	18.77	0.103535	0.103533	111	SmB <sub>6</sub>
сл.	21.80	0.137914	0.138044	200	SmB <sub>6</sub>
о.сл.	22.60				SmH <sub>2</sub>
сл.	24.55	0.172629	0.172555	210	SmB <sub>6</sub>
сл.	25.20				SmH <sub>2</sub>
о.сл.	27.05	0.206813	0.207066	211	SmB <sub>6</sub>
ср.	30.20				SmH <sub>2</sub>
ср.	31.70	0.276120	0.276088	220	SmB <sub>6</sub>
ср.	32.00				SmH <sub>2</sub>

сл.- слабые, ср.- средние, о.сл.- очень слабые

На основании количественных тензиметрических опытов по определению числа молей газообразного продукта, образующихся при пиролизе борогидридов лантанидов и РФА предлагается следующая схема термического разложения:



где Ln - Gd, Er, Yb и Lu.

Барограммы процесса термического разложения Ln(BH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, изображенные в виде зависимости lgP<sub>H<sub>2</sub></sub> = f(1/T), выражаются уравнениями, приведенными в табл.2. По этим уравнениям рассчитаны термодинамические характеристики процесса пиролиза борогидридов (табл.2).

Таблица 2

Значения коэффициентов уравнений и термодинамические  
 характеристики процесса пиролиза борогидридов

Соединения	lgP <sub>H<sub>2</sub></sub> , атм. = B – A/T 10 <sup>3</sup>			ΔH <sup>0</sup> <sub>T</sub> , кДж·моль <sup>-1</sup>	ΔS <sup>0</sup> <sub>T</sub> , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>
	A	B	T, К		
Gd(BH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	3.7±0.1	6.8±0.3	450 – 540	429.7±20	753.0±30
Er(BH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	4.1 ±0.1	7.4±0.3	450 – 530	457.7±30	785.0±40
Yb(BH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	3.8±0.1	7.3±0.3	440 – 540	430.1±20	790.0±30
Lu(BH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	4.3±0.1	7.3±0.3	470 – 630	488.3±30	781.0±40

Определение стандартных термодинамических характеристик исследованных процессов пиролиза и индивидуальных борогидридов лантанидов возможно при учете изменения теплоемкости всех компонентов системы в пределах интегрирования. С этой целью, а также для оценки отсутствующих в литературе термодинамических характеристик гексаборидов лантанидов, образующихся в процессе термического разложения борогидридов (уравнение 2), нами проведен системный анализ термодинамических свойств некоторых соединений лантанидов [9 – 12].

На основании оцененных нами характеристик и справочных данных рассчитаны стандартные термодинамические характеристика процесса пиролиза и индивидуальных борогидридов гадолиния, эрбия, иттербия и лютеция (табл.3).

Таблица 3

Стандартные термодинамические характеристики процесса термического разложения борогидридов и индивидуальных соединений

Соединение	Термодинамика процесса (2)		Термодинамические свойства индивидуальных соединений			
	$\Delta H^{0}_{298}$ , кДж/моль	$\Delta S^{0}_{298}$ , Дж/мольК	$-\Delta fH^{0}_{298}$ , кДж/моль	$S^{0}_{298}$ , Дж/мольК	$-\Delta fG^{0}_{298}$ кДж/моль	$C_p^{0}$ , Дж/мольК
Gd(BH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	398±30	759±40	568±30	32	338±40	371±4
Er(BH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	450±35	764±50	643±30	42	393±40	373±5
Yb(BH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	528±35	769±40	631±30	29	399±40	374±5
Lu(BH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	484±35	767±50	646±30	29	401±40	374±5

Таким образом, получены относительно подробные сведения о термодинамических свойствах несольватированных борогидридов гадолиния, эрбия, иттербия и лютеция и их термической стабильности. Эти сведения пополнят банк термодинамических величин химических соединений новыми данными, позволят выявить существующие закономерности изменения свойств комплексных гидридов лантанидов, что будет и способствовать их широкому применению.

*Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими*

*\* Курган-Тюбинский государственный университет им. Н. Хусрава*

*\*\* Агентство по ядерной и радиационной безопасности АН РТ*

### Литература

1. Водородное материаловедение и химия углеродных наноматериалов: Труды 8-й межд. конф., Украина, 2005, 670 с.
2. Водородная обработка материалов: Труды 4-й межд. конф. «ВОМ – 2004», Донецк: Дон НТУ, 2004, 586 с.
3. Гольцов В.А., Везироглу Т.Н., Гольцова Л.Ф. - Вестн. водородной экономики и экологии, 2004, № 1, с. 18
4. Труды 5-й межд. конф. «Водородная экономика и водородная обработка материалов (ВОМ - 2007)» Донецк, Украина, 21 – 25 мая 2007, ч. 1,2.
5. Abstracts of XVI International Conference on chemical thermodynamic in Russia (RCCT 2007) and X International Conference on the Problems of Salvation and Complex Formation in Solutions, Suzdal, 1 – 6 July, 2007 vol. 1, 35 p, vol.2, 350 p.
6. Abstracts of X International Conference of «Hydrogen Materials Science and Chemistry of Carbon Nan materials», Sudak – Crimea –Ukraine, 22-28 September, 2007.
7. Жарский И.М., Новиков Г.И. Физические методы исследования в неорганической химии. – М: Высшая школа 1988, 271с.
8. Гафуров Б.А., Мирсаидов У.М., Бадалов А.Б., Курбонбеков А. Труды 9-й межд. конф. «Водородное материаловедение и химия углеродных наноматериалов», Украина, Севастополь, 2005, с. 218 – 219.
9. Мирсаидов У.М., Бадалов А.Б. и др. –Труды 4 – й межд. конф ««Благородные и редкие металлы» БРМ – 2003», Донецк, 22-26 сент. 2003, Украина, с. 549 – 551.

10. Мирсаидов У.М., Бадалов А.Б. Водородное материаловедение и химия углеродных наноматериалов: Труды 8 – й межд. конф. «ICNMS – 2003», Судак, 14 – 20 сент. 2003, Украина, с. 76 – 77.

11. Бадалов А.Б., Мирсаидов И.М. Журн. физ. Химии, 2006, – т.80, № 9, с. 1713 – 1716.

12. Бадалов А.Б. Докл. АН Тадж. ССР, 1990, т.33, № 5, с. 316-319.

**А.Б. Бадалов, Б.А Гафуров, М. Икромов, , И.З Хакеров, И.Б Шаймуродов**

**УСТУВОРИИ ТЕРМИКӢ ВА ТАВСИФИ ТЕРМОДИНАМИКИИ  
БОРОҲИДРИДҲОИ ЛАНТАНИДҲОИ ЗЕРГУРӮҲИ ИТТРИЙ**

Бо усули тензиметрӣ аз таъсири гармӣ вокуниши бороҳидридҳои гадолиний, эрбий, иттербий ва лютетсий омӯхта шудааст. Бо усулҳои рентгенӣ ва таҳлили химиявӣ тарзи химиявии вокуниш исбот карда шудааст. Дар асоси натиҷаҳои тадқиқот тавсияи термодинамикии таомули химиявӣ ҳисобида шуд. Маҷмӯи натиҷаҳои тадқиқотӣ ва истифодаи усули нимэмпирикӣ имконият дод, ки тавсияи термодинамикии бороҳидридҳои гадолиний, эрбий, иттербий ва лютетсий муайян карда шаванд.

**A.B. Badalov, B.A. Gafurov, M. Ikromov, I.Z. Khacarov, I.B. Shaimurodov**

**THERMIC DECOMPOSITION AND THERMODYNAMICAL CHARACTERISTICS OF  
BOROHYDRIDS LANTANINIDS OF ITTRIUM SUBCLASSIFICATION**

Д.К. Хакимова, Д.Ш. Шарипов, Г.К. Рузматова,  
Т.Ч.Идрисов\*, А.Б.Бадалов

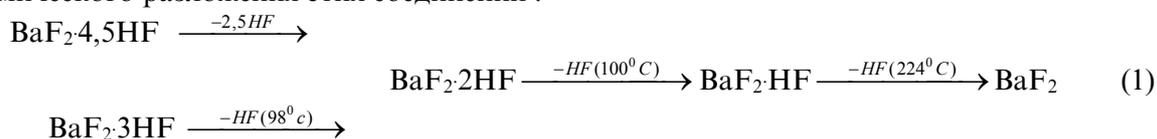
## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ГИДРОФТОРИДОВ СТРОНЦИЯ И БАРИЯ

Создание новых материалов с определенными свойствами, поиск и разработка эффективных технологических процессов, соответствующих требованиям современных отраслей техники и технологии, будет успешными при наличии достоверных термодинамических характеристик компонентов системы, термодинамическом и кинетическом анализе возможных процессов, протекающих при аномальных условиях эксплуатации. В этом аспекте исследование физико-химических свойств и определение термодинамических характеристик неорганических фторидов, в частности гидрофторидов, имеет важное научно-практическое значение. Неорганические фториды применяются в атомной энергетике, как ядерное топливо и теплоноситель, в ракетной технике - как окислители ракетного топлива, при выплавке стали и в цветной металлургии - как флюсующие добавки, в волоконной светотехнике, в электронике и лазерной технике - как твердые электролиты, катодные материалы, стеклообразные и кристаллические фторидные матрицы, в стекольной и керамической промышленности, в сельском хозяйстве и химической технологии [1-4].

Анализ литературы показывает, что среди гидрофторидов типа  $MF_x \cdot nHF$ , где М – щелочные (ЩМ), щелочноземельные металлы (ЩЗМ), и  $n = 1 \div 4$ , относительно подробно изучена термическая устойчивость и получены термодинамические характеристики гидрофторидов некоторых щелочных металлов [4-7]. Термическое разложение гидрофторидов ЩЗМ изучены в основном методом термогравиметрического анализа [4, 8-10].

Так, в работе [4] на основании экспериментальных данных многих работ, полученных методом ДТА, и стандартных значений энтальпий разложения бифторидов ЩМ типа  $MnF_2$ , установлено возрастание термической устойчивости указанных соединений с увеличением ионного радиуса в интервале температур 300...600К. Показано, что бифториды лития и натрия термически разлагаются, не плавясь в твердой фазе. Бифториды последующих ЩМ под действием температуры подвергаются полиморфному превращению, а затем разлагаются с плавлением.

На примере гидрофторидов бария предлагается следующая ступенчатая схема процесса термического разложения этих соединений:



В схеме приведены значения температуры максимального развития процесса.

Согласно сведениям [4],  $\text{SrF}_2 \cdot 2,5\text{HF}$  термически разлагается по следующей схеме:



Показано, что  $\text{CaF}_2 \cdot 2\text{HF}$  также отщепляет сразу 2HF при температуре 1300С с образованием фторида кальция. Установлено симбатное увеличение термической устойчивости гидрофторида ЩЗМ от ионного радиуса катиона ЩЗМ.

Термодинамические характеристики гидрофторидов ЩЗМ изучены крайне мало. Лишь в работах [11- 13] методом калориметрии растворения была определена энтальпия образования гидро- и дигидрофторидов бария, полученных в результате взаимодействия карбоната бария с фтористоводородной (плавиковой) кислотой.

В работах [4, 8 -13] показано, что в системе водного раствора соединений ЩЗМ с плавиковой кислотой образуются полигидрофториды ЩЗМ. В разбавленных растворах (до 30%) плавиковой кислоты образуются гидрофториды, а в концентрированных (30% и выше) дигидро-фториды ЩЗМ.

В настоящей работе приведены результаты исследования процесса термического разложения гидрофторидов бария и стронция. Исследование проведено методом тензиметрии с мембранным нуль-манометром [14,15] в условиях, близких к равновесным в масляном термостате. Мембрана была изготовлена из химического стекла марки «пирекс», которое позволяет проводить измерения до температуры 450 К [16] с агрессивными объектами наших исследований. Точность измерения давления в исследуемой системе данным методом составляла  $\pm 0,4$  мм рт.ст., а температура с точностью до  $\pm 1$  градуса.

Исследуемые гидрофториды стронция и бария синтезированы нами в результате взаимодействия раствора плавиковой кислоты с карбонатами бария и стронция. Синтез гидрофторидов типа  $\text{MF}_2 \cdot \text{HF}$  произведен в 30%-ом растворе плавиковой кислоты по схеме

$$\text{MCO}_3 + 3\text{HF} = \text{MF}_2 \cdot \text{HF} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O},$$

где М – Sr и Ba.

Синтез дигидрофторидов стронция и бария типа  $\text{MF}_2 \cdot 2\text{HF}$  осуществлен в 40%-ом растворе HF по схеме



Синтез  $\text{SrF}_2 \cdot 2,5\text{HF}$  осуществлен в 45%-ом растворе HF.

Полученные гидрофториды были отделены и высушены в вакууме при температурах: комнатной и не выше 300 К до постоянной массы.

На основании литературных сведений и полученных нами количественных тензиметрических опытов, предложена следующая схема процесса термического разложения исследованных гидрофторидов ЩЗМ (табл.1).

Таблица 1

Схема процесса термического разложения гидрофторидов ЩЗМ

Соединение	Схема процесса	Номер схемы
$\text{SrF}_2 \cdot 2,5\text{HF}$	$\text{SrF}_2 \cdot 2,5\text{HF}_{(т)} = \text{SrF}_2 \cdot 2\text{HF} + 0,5 \text{HF}_{(т)}$	(1)
$\text{SrF}_2 \cdot 2\text{HF}$	$\text{SrF}_2 \cdot 2\text{HF}_{(т)} = \text{SrF}_{2(т)} + 2\text{HF}_{(т)}$	(2)
$\text{SrF}_2 \cdot \text{HF}$	$\text{SrF}_2 \cdot \text{HF}_{(т)} = \text{SrF}_{2(т)} + \text{HF}_{(т)}$	(3)
$\text{BaF}_2 \cdot 2\text{HF}$	$\text{BaF}_2 \cdot 2\text{HF}_{(т)} = \text{BaF}_2 \cdot \text{HF} + \text{HF}_{(т)}$	(4)
$\text{BaF}_2 \cdot \text{HF}$	$\text{BaF}_2 \cdot \text{HF}_{(т)} = \text{BaF}_2 + \text{HF}_{(т)}$	(5)

Проведенные тензиметрические исследования показали, что процесс термического разложения изучаемых нами гидрофторидов ЩЗМ начинается при температурах выше 300 К. Для каждого объекта проведено два и более опытов. Измерение давления пара, образующегося при разложении гидрофторидов ЩЗМ, производилось как при нагревании, так и при охлаждении мембраны. Установлена хорошая воспроизводимость экспериментальных данных на кривой зависимости давления пара от температуры (барограмма). В табл.2 в качестве примера приведены результаты экспериментов по измерению давления пара HF, образующегося при разложении  $\text{SrF}_2 \cdot \text{HF}$ .

Экспериментальные данные, обработанные в виде  $\lg P = f\left(\frac{1}{T}\right)$ , хорошо ложатся на прямые, которые выражаются уравнениями, приведенными в табл.3. Обработка данных произведена по МНК с использованием t-значений критериев Стьюдента с доверительной вероятностью выше 95%.

Таблица 2

Значения давления (Р мм.рт.ст.) фтороводорода от температуры (t, °С) при разложении  $\text{SrF}_2 \cdot \text{HF}$

t	Р	t	Р	t	Р	t	Р
Опыт № 1							
Нагрев				Охлаждение			
35	24	75	250	96	591	61	163
38	41	81	323	92	527	58	130
46	57	84	364	89	466	52	112
50	74	89	458	84	394	49	90
57	110	93	503	82	358	32	27
63	146	95	554	80	316	30	24
71	220	97	595	72	227		
		99	652				
Опыт № 2							
Нагрев				Охлаждение			
31	25	70	206	99	660	69	225
36	36	74	247	98	624	60	134
41	49	79	302	92	522	52	115
49	74	81	326	84	363	45	62

53	93	85	394	81	332	36	35
56	104	94	551	74	239		
59	128	96	592				
64	153	98	640				
66	175	101	704				

Исходя из полученных уравнений, рассчитаны термодинамические характеристики процесса термического разложения исследованных гидрофторидов ЩЗМ, которые приведены в табл.4. Термодинамические характеристики процессов определены без учета изменения теплоемкости в пределах интегрирования.

Таблица 3

Данные барограмм процесса термического разложения гидрофторидов ЩЗМ

Соединения	Схема процесса	$\lg K_p = B - \frac{A}{T}$		Интервал температур, К
		A	B	
SrF <sub>2</sub> •2,5HF	(1)	1302 ± 105	4,89 ± 0.15	305-380
SrF <sub>2</sub> •2HF	(2)	4634 ± 98	17,86 ± 0.21	304-384
SrF <sub>2</sub> •HF	(3)	2489 ± 115	9,57 ± 0.16	308-384
BaF <sub>2</sub> •2HF	(4)	2566 ± 110	9,53 ± 0.13	302-360
BaF <sub>2</sub> •HF	(5)	5000 ± 120	10,20 ± 0.20	360-400

Таблица 4

Термодинамические характеристики процесса термического разложения гидрофторидов ЩЗМ

Гидрофториды	Схема процесса	Термодинамические характеристики процесса		
		$\Delta H^0_T$ кДж•моль <sup>-1</sup>	$\Delta S^0_T$ Дж•моль <sup>-1</sup>	$\Delta G^0_T$ кДж•моль <sup>-1</sup>
SrF <sub>2</sub> •2,5HF	(1)	24.91 ± 1.67	38.52 ± 1.21	10.43 ± 2
SrF <sub>2</sub> •2HF	(2)	88.76 ± 2.93	286.96 ± 8.88	3.25 ± 3
SrF <sub>2</sub> •HF	(3)	47.69 ± 2.51	128.16 ± 8.88	9.50 ± 3
BaF <sub>2</sub> •2HF	(4)	49.12 ± 2.91	127.36 ± 6.92	11.17 ± 3
BaF <sub>2</sub> •HF	(5)	95.69 ± 3.01	140.08 ± 7.11	53.94 ± 3

Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими

\*Таджикский аграрный университет

### Литература

1. Опаловский А. А. На краю периодической системы. М.: Химия, 1985, 220 с.
2. Раков Э. Г. Химия и технология неорганических фторидов. М.: МХТИ, 1990, 162 с.
3. Исикава Н., Кобаяси Е. Фтор. Химия и применения М.: Мир, 1982, 276 с.
4. Опаловский А.А., Федотова Т.Д. Гидрофториды. Новосибирск, СО. АН СССР: Наука, 1973, 148 с.
5. Cox I.D, Wagman D.D., and Medvedev V.A, CODATAK. Thermodynamics, Hemisphere Publ. Corp., N.Y., 1989.
6. Gurvich L.V, Veyts, I.V. and Alcock, C.B. Thermodynamic Properties of Individual Substains, Fourth Ed., v.1, Hemisphere Publ. Corp., N.Y., 1989
7. Gurvich, L.V., Veyts I.V., and Alcock, C.B., Thermodynamic Properties of Individual Substains, Fourth Ed., V.3, CRC Press, Boca Raton, FL, 1994.
8. Opalovsky A.A., Fedorov V.E., Fedotova T.D. J. Therm Anal., 1969, v.1, p.301
9. Опаловский А.А., Федоров В.Е., Федотова Т.Д., Тюленева Н.И. II Всесоюзный симпозиум по неорганическим фторидам. М., 1970, с.41.
10. Икрами Д. Д., Парамзин А. С. - Докл АН Тадж. ССР, 1970, вып. 13, с 40.

11. Курбанов А. Р., Абдукадырова С. А., Шарипов Д., Орипов С., Икрами Д. Д. – Докл. АН. Тадж. ССР, 1984 т. 27, №6, с. 320- 323 .
12. Курбанов А. Р., Абдукадырова С. А., Шарипов Д., Икрами Д. - Докл АН Тадж. ССР, 1986, т. 29, № 5, с. 287- 289.
13. Хакимова Д.К., Шарипов Д.Ш., Бадалов А.Б. Исломова М.С. - ДАН РТ, 2005, т. XLVIII, №11-12, с.65.
14. Суворов А.В. Термодинамическая химия парообразного состояния.-Л.:Химия, 1970, 208 с.
15. Новиков Г.И. Физические методы неорганической химии.- Минск: Высшая школа, 1975, 261с.
16. Леонидов В.Я., Медведев В.А. Фторная калориметрия. М.:Наука, 1978, 296 с.

**Д.К. Ҳакимова, Д.Ш Шарипов , Г.К Рузматова , Т.Ч. Идрисов\*, А.Б. Бадалов**  
**ТАВСИЯИ ТЕРМОДИНАМИКИИ ТАОМУЛИ АЗ ГАРМӢ ТАҶЗИЯИ ҲИДРОФТОРИДҲОИ**  
**СТРОНСИЙ ВА БАРИЙ**

Омӯзиши ба гармӣ тобоварӣ ва муайян намудани хосияти термодинамикии фторидҳо барои истифодаи пурсамари онҳо дар соҳаҳои гуногуни илм ва техникаи муосир мусоидат менамояд. Бо усули тензиметрӣ таомули аз таъсири гармӣ таҷзияи гидрофторидҳои стронсий ва барий омӯхта шуда, фосилаи ҳароратии гузариш муайян карда шудааст.

**D.K. Khakimova , D. Sh. Sharipov , G.K Rusmatova ,**  
**T.Ch. Idrisov, A.B. Badalov**

**THERMODYNAMIC CHARACTERISTIC OF THE THERMIC DECOMPOSITION**  
**OF Sn AND Ba HYDROFLUORIDES**

Х. САИДОВ, А. Х. БАБАЕВА

**К ВОПРОСУ О ДИНАМИКЕ ВРАЩЕНИЯ СЫРЦОВОГО ВАЛИКА  
ПО СЛОЯМ ПРИ ПИЛЬНОМ ДЖИНИРОВАНИИ ХЛОПКА**

В работе [1] отмечается, что структура сырцового валика при пыльном дженировании неоднородна, лишь в работе [2] он рассматривается как тела ускорителя и вне его. Таким образом, из-за сложности природы образования сырцового валика этот вопрос с повестки дня не снимается и по настоящее время.

Согласно нашим исследованиям [3-5], сырцовый валик движется по условным трем слоям в сложном режиме движения: импульсном, планетарном и с переменной массой по слоям во время дженирования.

В работе дается условие вращения элементарной рассматриваемой массы второго слоя сырцового валика в виде:

$$\omega_{2 \leq}^{\geq} \omega_1^n,$$

где  $\omega_2$  - угловая скорость элементарной массы второго слоя;

$\omega_1^n$  - предельная угловая скорость первого слоя (семенного валика).

$$\omega_{2 \leq}^{\geq} \omega_1^n = [m \cdot \ell (f_3 \sin a + 2 \cdot f_3 f_1 \cdot \cos^2 a / 2)]^{-1/2}.$$

$$\sqrt{\begin{aligned} & f_1 \cdot [(1 - f_3 \cdot f) \cdot \sin a - (f_3 + f) \cdot \cos a] + \\ & + f_1 \cdot [(1 - f_3 \cdot f) \cdot \sin a - (f_3 + f) \cdot \cos a] - \\ & - f_1 \cdot [(1 - f_3 \cdot f) \cdot \sin a - (f_3 + f) \cdot \cos a] + \\ & + f_1 \cdot [(1 - f_3 \cdot f) \cdot \sin a - (f_3 + f) \cdot \cos a] + \\ & + f_1 \cdot [(1 - f_3 \cdot f) \cdot \sin a - (f_3 + f) \cdot \cos a] + \\ & + f_1 \cdot [(1 - f_3 \cdot f) \cdot \sin a - (f_3 + f) \cdot \cos a]. \end{aligned}} \quad (1)$$

В выражении (1)  $\omega_1^n$  - это предельная угловая скорость первого слоя (семенного валика), при которой элементарная масса второго слоя начинает вращаться вокруг своей оси. Тогда угловая скорость элементарной массы второго слоя равняется:

$$\omega_2 = \omega_1 + \frac{r + s}{r} \cdot (\omega_3 - \omega_1),$$

где  $r$  - радиус элементарной массы (ролика) второго слоя.

Мгновенная мощность, затрачиваемая на трение между слоями, приведенная к наружному слою (третьему), определяется по формуле:

$$N_T = n \cdot \left( \frac{r}{U_{3-1} - 1} + r + s \right) \cdot [\mu_1 \cdot P + m \cdot s \cdot (\mu_2 \cdot \omega_1^2 - \mu_3 \cdot \varepsilon_1)] \cdot (\omega_3 - \omega_1), \quad (2)$$

где  $U_{3-1} = \omega_3 / \omega_1$  - передаточное число от третьего слоя к первому;

$\mu_1, \mu_2, \mu_3$  - приведенные коэффициенты трения слоев сырцового валика;

$n$  - число элементарных масс (роликов) второго слоя.

Из выражения (2) следуют полезные рекомендации: мощность от трения можно уменьшить в основном за счет уменьшения коэффициентов трения между слоями сырцового валика. Это значит, что хлопок должен быть сухим и однородным, не иметь засоренностей и инородных тел; размеры и число образовавшихся элементарных промежуточных масс (между слоями) должны быть малы; разности угловых скоростей первого и третьего слоев должны быть минимальными и т.д. На самом деле, хлопок неоднороден по сортам, селекции, засоренности и влажности. Отсюда изменения мощности при дженировании. Это вызывает нестабильность во вращении сырцового валика, сопровождается рывками, ударами при вращении, что приводит к излишним расходам энергии при дженировании, падению производительности и ухудшению качества продукции.

В работе вращение слоев сырцового валика рассмотрено и в режиме переменной массы.

Действительно в процессе дженирования хлопка масса сырцового валика меняется, особенно в моменты пуска и останова - увеличивается в момент пуска и уменьшается в момент останова, то есть в момент пуска идет процесс скапливания массы хлопка, а в момент останова – прекращение подачи хлопка и процесс удаления волокна и оголенных семян из массы сырцового валика.

Колебание массы сырцового валика происходит и в установившемся периоде дженирования. Здесь колебания массы возникают из-за неоднородности физико-механических свойств поступающего в камеру хлопка-сырца. Безусловно, колебания массы происходят по слоям сырцового валика.

Для рассматриваемого участка масса слоя сырцового валика выражается формулой:

$$m_n = (m_0 + m'_n) + (R_n \cdot h \cdot b \cdot \rho) \cdot \varphi.$$

Скорость изменения массы сырцового валика для данного слоя выражается формулой:

$$\frac{dm_n}{dt} = \left( \frac{dm_0}{dt} + \frac{dm'_n}{dt} \right) + (R_n \cdot h \cdot b \cdot \rho) \cdot \frac{d\varphi}{dt},$$

где  $m_n$  - масса рассматриваемого участка для  $n$ -го слоя сырцового валика;

$m_0$  - условная масса сырцового валика, которая считается условно постоянной - масса семенного валика;

$m'_n$  - масса всех  $n-1$  слоев хлопка;

$R_n$  - радиус до середины  $n$ -го слоя сырцового валика;

$h$  - толщина слоя;

$b$  - ширина слоя;

$\rho$  - плотность слоя хлопка;

$\varphi$  - угол поворота слоя;

$t$  - время.

При  $\frac{dm_0}{dt} = 0$ ,  $\frac{dm'_n}{dt} = 0$  и  $\frac{d\varphi}{dt} = \omega$  скорость изменения массы слоя сырцового валика можно

упрощенно выразить через формулу:

$$\frac{dm_n}{dt} = (R_n \cdot h \cdot b \cdot \rho) \cdot \omega,$$

здесь  $\omega$  - угловая скорость рассматриваемого слоя сырцового валика.

$$m_n = \pi \cdot (R_{n-1}^{*2} - R_0^2) \cdot b \cdot \rho,$$

где  $R_{n-1}^* = R_0 + (n-1) \cdot h$  - радиус  $n-1$  слоя сырцового валика;

$R_0$  - радиус семенного валика.

Так как  $m'_n$  имеет квадратную зависимость от номера слоя сырцового валика, то масса рассматриваемого слоя сырцового валика в зависимости от номера слоя хлопка в камере имеет закон квадратной параболы.

Рассмотрен закон изменения момента инерции сырцового валика. Момент инерции сырцового валика при наматывании первого слоя хлопка имеет вид:

$$J_1 = J_{01} + J_{g1},$$

где  $J_{01}$  - момент инерции семенного валика относительно его оси вращения;

$J_{g1}$  - момент инерции части полосы первого - наружного слоя на дуге от  $0$  до  $\varphi$ ,

$$\text{здесь } J_{g1} = \int_0^{\varphi} (R_1^3 \cdot h \cdot b \cdot \rho \cdot d\varphi).$$

В работе для  $n$ -го слоя (наматываемого) хлопка в рабочей камере момент инерции записан в виде:

$$J_n = J_{01} + b \cdot \rho \cdot \left[ \frac{\pi}{2} \cdot (R_{n-1}^* - R_0^4) + R_n^3 \cdot h \cdot \varphi \right],$$

где  $R_{n-1}^* = R_0 + (n-1) \cdot h$ .

Пользуясь теоремой Штейнера, формулу для момента инерции сырцового валика относительно центра массы для  $n$ -го слоя можно записать в виде:

$$\begin{aligned} J_{sn} = & \left\{ J_{01} + \frac{\pi \cdot b \cdot \rho}{2} (R_{n-1}^{*4} - R_0^4) \right\} + (R_n^3 \cdot h \cdot b \cdot \rho) \cdot \varphi - \\ & - \left\{ m_0 + \pi \cdot [(R_0 + (n-1) \cdot h)_{n-1}^2 - R_0^2] \cdot b \cdot \rho - \right. \\ & \left. - (R_n \cdot h \cdot b \cdot \rho) \cdot \varphi \right\} \cdot \frac{4 \cdot R_n^2}{(g - \varphi)} \cdot \sin^2 \varphi / 2, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $R_{n-1}^* = R_0 + (n-1) \cdot h$ .

Анализ полученного выражения (3) показывает, что определение значения момента инерции сырцового валика по слоям и в целом действительно представляет определенные трудности, так как зависит от многих факторов и относится к многофакторным функциям. Но заключение реальное, то есть момент инерции сырцового валика зависит от момента инерции семенного валика, радиуса слоя хлопка, толщины слоя, ширины слоя, плотности слоя хлопка, угла намотки, угла поворота настила слоя хлопка, числа слоев и т.д.

*Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими*

### Литература

1. Левкович Б.А. и др. Первичная обработка хлопка. М, 1950.
2. Тютин П.Н. Принудительное вращение сырцового валика. Диссертация на соискание доктора технических наук, Кострома, 1995.
3. Саидов Х. Дифференцированное джинирование хлопка. ТаджикИНТИ, №41, Душанбе, 1984.
4. Саидов Х. Джинирование хлопка при переменной массе слоев сырцового валика. ТаджикИНТИ, И.Л. №179, Душанбе, 1987.
5. Саидов Х., Бабаева А.Х. ДАН РТ, 2005, XLVIII, № 9-10.

**Ҳ. Саидов, А.Ҳ. Бабаева**

**РОЦЕЪ БА МАСОИЛИ ДИНАМИКАИ ДАВРЗАНИИ НАВАРДЧАИ МАСОЛЕҲИ ҚАБАТА  
ДАР ҲОЛАТИ ЧИНОНИДАНИ АРРАГИИ ПАХТА**

Дар мақола ҳаракати навардчаи масолеҳи пахтаро дар асоси модели қабата тасвир карда, таъсири динамикии ин қабатҳо барои чинонидани пахта оварда шудааст.

Қайд карда шудааст, ки дар вақти чинонидани пахта қабати дувуми навардчаи масолеҳӣ нақши асосиро иҷро мекунад.

**H. Saidov, A.H. Babaeva**

**TO THE PROBLEM OF DYNAMIC ROTATION OF ROLLER DURING SAW GINNING  
PROCESS OF COTTON**

### НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ХРАНЕНИЯ И СУШКИ РАЙОНИРОВАННЫХ СОРТОВ ХЛОПКА-СЫРЦА

Вопросы заготовки и хранения хлопка-сырца различных селекционных и промышленных сортов, занимают важное место в хлопкоочистительной промышленности. От работы хлопкоперерабатывающих заводов по организации хранения хлопка-сырца, во многом зависит качество выпускаемой продукции - хлопкового волокна, линта, семян и волокнистых отходов. Хлопкоочистительные заводы и заготовительные пункты несут полную ответственность за качественное хранение заготовленного хлопка-сырца.

Многолетние наблюдения показывают, что основная масса хлопка-сырца заготавливается в течение 1,5÷2 месяцев, поэтому хлопкоочистительные заводы и хлопкозаготовительные пункты должны это учитывать и организовать на должном уровне работу по приемке и хранению хлопка-сырца. Определенный процент заготовленного хлопка-сырца хлопкоочистительные заводы перерабатывают в течение заготовительного сезона, а остальную часть укладывают на хранение для переработки его в последующие месяцы.

Хлопок-сырец должен храниться в условиях, при которых полностью сохраняются природные свойства хлопкового волокна и качество хлопковых семян. В настоящее время на хлопкозаводах и заготпунктах принимаемый хлопок-сырец в основном хранится в бунтовых площадках размером 14 x 25 м. Одним из основных условий хранения является сохранение кондиционной влажности хлопка-сырца, нормы которой в зависимости от класса и сорта следующие (в процентах):

1 класс (ручной сбор):

I - 9,0; II - 10,0; III - 11,0; IV - 13,0;

2 класс (машинный сбор):

I - 12,0; II - 13,0; III - 15,0; IV - 17,0;

3 класс (подбор):

I - 14,0; II - 16,0; III - 18,0; IV - 20,0; V - 22,0.

Указанные проценты относятся и к новым селекционным и районированным сортам хлопка-сырца.

Установлены нормы высоты бунта в метрах и массы хлопка-сырца, укладываемой в один бунт, в зависимости от сорта и влажности хлопков[1].

Таблица 1

Зависимость высоты бунта и массы хлопков от влажности и сорта

Сорт	Влажность, %	Высота бунта, м		Масса, т
		без применения отсоса воздуха	с применением отсоса воздуха	
I	до 9	8	-	400
I	9,1 ÷ 12,0	-	8	350
I	12,1 ÷ 14,0	-	7	300
I	> 14,0	-	6	250
II	до 10,0	8	-	370
II	10,1 ÷ 13,0	-	8	300
II	13,1 ÷ 16,0	-	7	250
II	> 16,0	-	6	200
III	до 11,0	7	-	350
III	11,1 ÷ 15,0	-	7	300
III	15,1 ÷ 18,0	-	6	250
III	> 18,0	-	6	230
IV	до 13,0	6	-	300
IV	13,1 ÷ 17,0	-	5	250
IV	17,1 ÷ 20,0	-	4	200
V	20,1 ÷ 22,0	-	3	150

Проведенные исследования по хранению селекционных сортов «Гиссар», «Мехргон», «Наманган-77» и «НС-60» показали, что сорт «НС-60» по некоторым свойствам отличается от других сортов хлопка-сырца. В частности, размеры хлопковых семян этого сорта несколько меньше, чем у вышеуказанных сортов, что подтверждено при измерении размеров семян селекционных сортов «НС-60» и «Наманган-77», которые приведены в табл. 2.

Таблица 2

Размеры хлопковых семян селекционных сортов «НС-60» и «Наманган-77»

Позиции отбора семян	Размеры хлопковых семян, мм	
	длина	толщина
после джина	9,6 / 10,8	4,4 / 4,6
после первого линтерования	9,0 / 9,4	4,2 / 4,4
после второго линтерования	8,7 / 9,2	4,0 / 4,2

Примечание: в числителе указаны сорт «НС-60», в знаменателе «Наманган-77».

Поэтому при хранении сорта «НС-60» на бунтовых площадках, усадка бунта будет несколько больше. Это означает, что при укладке хлопка-сырца первых сортов в бунтовые площадки, если через 10-15 дней высота бунта уменьшается на 1,0÷1,5 м, то для селекционного сорта «НС-60» эта цифра составляет 1,1÷1,6 м.

Кроме того, проведенные работы по хранению низких сортов хлопка с повышенной влажностью показали, что оптимальным вариантом их хранения является разделение бунтовой площадки размером 14 x 25м на две части [2]. Это дает возможность быстрому формированию бунта, а также приведет к улучшению работы вентиляционных установок для отсоса влажного воздуха и лучшему сохранению природных свойств хлопка-сырца.

Анализ результатов исследований кинетики изменения качественных показателей, влияние кратности сушки на геометрические, разрывные и структурно-механические характеристики волокна показали, что хлопковое волокно обладает малой устойчивостью к действию повышенных температур и воздействию рабочих органов хлопкоочистительных машин в пределах допустимого значения. Начало необратимых изменений как в структуре, так и в свойствах волокон при переработке зависит от исходной влажности хлопка-сырца, соответствующей температуры сушильного агента в 130–160<sup>0</sup>С и уменьшения воспринимающих нагрузок со стороны рабочих органов машин.

Естественно, процесс сушки хлопка-сырца можно считать нормальным, когда сохраняются важнейшие физико-механические свойства и природный цвет волокна, то есть данная операция отрицательно не сказывается на последующих технологических процессах переработки. Поэтому при выборе температурных режимов сушки необходимо учитывать комплекс показателей воздействия температуры сушки в производственных условиях на дальнейшие операции, которые осуществляются на хлопкозаводах.

Производственные испытания разработанного режима сушки проводились в АО «Умед-1» (Кургантюбинский хлопкозавод) при переработке средневолокнистых сортов хлопка-сырца селекционных разновидностей «Гулистон» и «Мехргон» II–IV сортов по 30 тонн соответственно, со средней исходной влажностью 10,2; 13,8 и 19,8% и засоренностью 4,2; 6,5 и 8,4%, а длиноволокнистый сорт 9326-B II-III сортов с исходной влажностью 10,0 и 18,5% и засоренностью 3,5 и 6,7% соответственно.

Режим работы хлопковых сушилок 2СБ–10 и СБО представлен в табл. 3. После определения влагоотбора сушилки данный сырец был переработан и определены очистительный эффект очистительных машин, структура хлопка-сырца, массовая доля пороков и сорных примесей в волокне в зависимости от указанных режимов сушки. Результаты представлены в табл. 4.

Таблица 3

## Режим работы хлопковых сушилок

Исходная влажность хлопко-сырца, %	Кратность сушки		Производительность сушилки, т/час		Температура сушильного агента, °С		Количество сушилок, шт.	
	существующая	предлагаемая	существующая	предлагаемая	существующая	предлагаемая	существующее	предлагаемое
Средневолокнистые сорта хлопка «Мехргон» и «Гулистон»								
10,2	1	1	9	9	115	100	1	1
13,8	1	1	8	8	160	145	1	1
19,8	1	2	8	6	250	150/130	1	2
Длинноволокнистый сорт хлопка 9326 - В								
10,0	1	1	6	6	140	110	1	1
18,5	1	2	4,5	4,5	250	150/120	1	2

Примечание: а) в числителе для первой сушилки, в знаменателе для второй; б) сушилки устанавливаются последовательно.

Исследования показали, что в качественных показателях волокна средневолокнистых сортов после сушки существенного изменения от исходных показателей не наблюдается, а у длиноволокнистого с применением жесткого режима сушки обгорают кончики волокон и длина укорачивается на 0,6-1,0 мм, о чем свидетельствует определение длины волокна на измерительной системе «Спинлаб».

В результате производственной проверки было выявлено, что при использовании предлагаемого режима сушки эффективность переработки хлопко-сырца значительно повышается, то есть стабилизируется влажность и структура хлопко-сырца при переработке, снижается массовая доля пороков и сорных примесей в волокне, уменьшаются производственные отходы.

Таблица 4

## Результаты переработки хлопко-сырца в производственных условиях

Показатели	Результаты переработки	Исходная влажность хлопко-сырца, %				
		средневолокнистые сорта хлопко-сырца			длинноволокнистые сорта хлопко-сырца	
		10.2	13.8	19.8	10.0	18.5
Влажность хлопко-сырца, %	существующая	8.8	10.8	11.4	6.2	9.5
	предлагаемая	9.0	9.1	9.8	7.0	8.5
Влагоотбор сушилки, %	существующий	1.4	3.0	8.4	3.8	9.0
	предлагаемый	1.2	4.8	10.0	3.0	10.0
Очистительный эффект, %	существующий	90.8	87.2	83.4	88.5	84.1
	предлагаемый	92.7	89.3	86.2	90.2	86.0
Структура хлопко-сырца, %:	существующая	35.6	30.4	25.6	29.2	27.4
	предлагаемая	28.3	25.6	23.6	27.3	26.2
Массовая доля пороков и сорных примесей в волокне, %	существующая	3.3	3.6	3.8	3.3	4.6
	предлагаемая	2.8	3.1	3.4	3.0	4.2

Таким образом, хлопкоочистительным заводам и хлопкозаготовительным пунктам рекомендуется при приемке и формировании бунта хлопко-сырца селекционного сорта «НС-60» учесть указанную рекомендацию и сделать соответствующие выводы по высоте бунта и его массе. Для всех остальных низких сортов хлопка необходимо разбивать бунтовую площадку на две части, а также для сушки установить последовательно две сушилки с более низкой температурой агента сушки.

### **Литература**

1. Технологический регламент переработки хлопка-сырца (ПДКИ – 02 - 97). – Ташкент.: Мехнат, 1997.
2. С.З Зульфонов, Ф.М. Сафаров, И.К. Собиров. Об одной задаче охлаждения бунта из влажного хлопка-сырца. Доклады АН РТ, том XIV, Душанбе, 2002, № 11-12.- с. 130 - 137.
- 3.

**С.З.Зулфонов, Х.И. Иброгимов, Ф.М. Сафаров**

#### **БАЪЗЕ МАСЪАЛАҲОИ НИГОҲ ДОШТАН ВА ХУШККУНИИ НАВЪҲОИ НОҲИЯБАНДИШУДАИ ПАХТА**

Дар мақолаи мазкур баъзе масъалаҳои нигоҳ доштани пахтаи ба корхонаҳои пахтатозакунӣ дохилшуда ва раванди хушккунии онҳо таҳлил шудааст. Тадқиқотҳо нишон медиҳанд, ки пахтаи навъи селексионии «НС-60» бо баъзе хосиятҳои аз пахтаҳои миёнаҳои дигар фарқ мекунад. Илова бар ин, тарзи дурусти хушккунии баъзе навъҳои пахта бо вобастагӣ аз намнокӣ ва ҳарорати хушккунӣ нишон дода шудааст.

**S. Z. Zulfonov, X. I. Ibrogimov, F. M. Safarov**

#### **SOME PROBLEMS OF STORING AND DRYING OF RAW COTTON DEVIDED INTO DISTRICTS**

## НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛА ПРИ ПРЕССОВАНИИ ПОЛЫХ ЗАГОТОВОК

Напряженно-деформированное состояние в пластической области при прессовании центробежно-литых заготовок имеет важное значение при разработке технологических процессов. Знание напряженно-деформированного состояния при формоизменении металла способствует выявлению и устранению причин возникновения напряжения в металле и определению рациональной формы технологического инструмента. В начале процесса происходит срез внутреннего дефектного слоя, затем раздача отверстия. В заключительной стадии процесса происходит прессование готового изделия на оправочной части пуансона под действием прессующей части.

При помощи метода линий скольжения определяем напряженно-деформированное состояние металла. Линии скольжения обладают рядом важных факторов, позволяющих определить нахождение напряжений по объему тела при плоской и асимметричной деформации.

Зная напряжение в любой точке, можно определить напряжение на контактной поверхности. Для выявления локальных явлений и определения напряженного состояния в каждой точке пластической зоны для заключительной стадии необходимо получить полное решение. Это решение должно удовлетворять замкнутой системе для напряжений [1]:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial x} - 2 \cdot k \cdot \cos 2\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial x} - 2 \cdot k \cdot \sin 2\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial y} - 2 \cdot k \cdot \sin 2\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial x} + 2 \cdot k \cdot \cos 2\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial y} = 0$$

Рассмотрим заключительную стадию процесса - прессование с двусторонним истечением металла (рис.1).

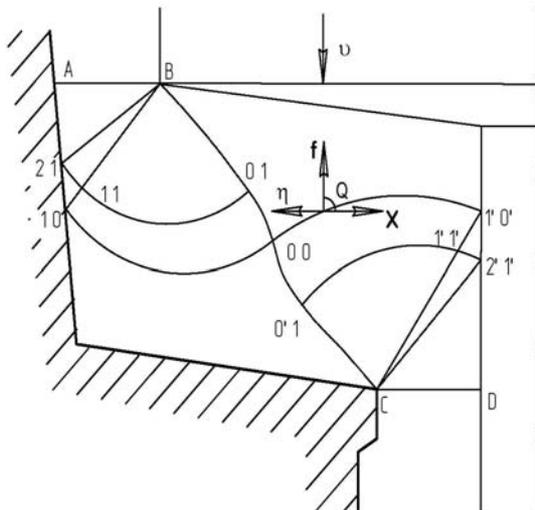


Рис. 1. Поле линий скольжения для конца прессования.

Коэффициент трения на боковых поверхностях пуансона и контейнера принимаем  $\mu = 0$ . Заданное значение коэффициента трения  $\mu$  позволяет определить угол  $\beta$ , под которым характеристики пересекают контур инструмента [2].

$$\gamma = \frac{1}{2} \arccos 2\mu$$

Построение поля линий скольжения ведется одновременно с двух сторон истечения металла, то есть от двух поверхностей АВ и СД, свободных от напряжений. Рассмотрим построение поля от линии АВ. Учитывая полученное значение  $\beta$ , на контуре контейнера строим область равномерного напряженного состояния А - В - 21. Точка В предполагается особой точкой на физической плоскости. Решением вырожденной задачи Гурса [1] строим центрированное поле линий скольжения В - 21 - 01, по заданным граничным условиям. Далее определяется угол  $\beta$ ,

$$(d\vartheta_\xi - d\vartheta_2 \cdot d\alpha) = 0,$$

$$(d\vartheta_2 - d\vartheta_\xi \cdot d\alpha) = 0,$$

который даёт характеристики семейства  $\square$  с внутренней поверхностью контейнера. Граничное (см. рис.1.) условие на стенках контейнера и известная характеристика 21-11 позволяют построить поле линий скольжения в области 21-11-10 путем решения смешанной характеристики задачи [2]. Полученная характеристика 11-10 и известная характеристика 11-01 позволяют построить поле линий скольжения в области 10-11-01-00 путем решения начальной характеристической задачи (задачи Римана).

Последующим построением подобных задач продолжается построение поля линий скольжения от поверхности свободной от напряжений АВ.

Аналогично строится поле линий скольжения и от другой поверхности, свободной от напряжений, - СД. Построение полей от линий АВ и СД продолжаются с обязательным условием наложения их друг на друга. Чтобы определить величину напряжения в любой точке пластической области, нужно знать эту величину хотя бы в одной точке построенного поля линий скольжения. Определим распределение напряжений для поля, построенного от поверхности АВ.

Со стороны линии АВ внешнее усилие равно нулю. Проектируя все силы, действующие на сторонах треугольника А-В-21 на направление оси У и приравнявая их сумму к нулю, получим гидростатическое давление на линии В-21.

$$\sigma = -K$$

Зная среднее давление в точке 21 и угол наклона  $\square$  линий первого семейства  $\square$  в этой точке, из соотношений Генки (5) определяем среднее давление в узловых точках поля линий скольжения, построенного от поверхности свободной от напряжений АВ.

$$(\sigma - 2k\alpha) = const$$

$$(\sigma + 2k\alpha) = const$$

Аналогично определяется среднее давление  $\square$  в узловых точках поля линий скольжения, построенного от поверхности свободной от напряжений СД.

По методу сопряжений [3], на пересечении полей, построенных от поверхностей АВ и СД, определяются линии равных углов и равных давлений, где соответственно углы  $\square$  и гидростатические давления  $\square$  для обоих полей одинаковы. Пересечение линий равных углов и линий равных давлений даёт точку сопряжения 00 полей линий скольжения для двух полей. Области распространения выше линии В-00-100 и ниже линии 10-00-С являются жесткими областями. А линии скольжения В-00-С и 10-00-100 являются жестко-пластическими границами, разделяющими жесткие и пластические области. По найденным значениям среднего давления  $\square$  в каждой точке пластической области, в том числе и на жестко-пластических границах, можно определить компоненты напряжений в декартовых координатах  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\tau_x$ ,  $\tau_y$  в проекции на ось Х и У соответственно

$$\sigma_x = \sigma - k \cdot \sin 2\theta,$$

$$\sigma_y = \sigma + k \cdot \sin 2\theta, \tag{1}$$

$$\tau_y = k \cdot \cos 2\theta,$$

$$\tau_x = k \cdot \cos 2\left(\theta - \frac{\pi}{4}\right).$$

По выбранной модели жестко-пластического тела жесткая зона, применяющаяся непосредственно к пуансону, является как бы его продолжением. Учитывая это, а также формулы (1), определено распределение напряжений вдоль жестко-пластической границы В-00-100.

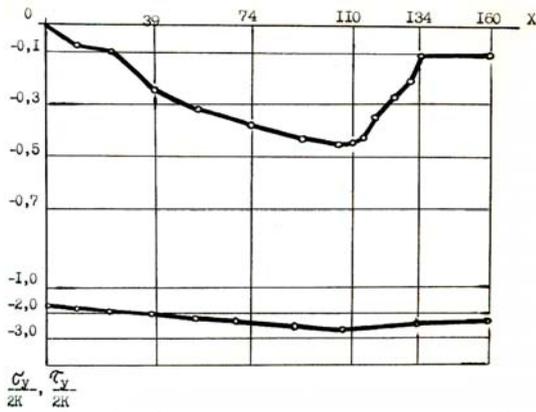


Рис.2. Распределение напряжений

$\frac{\sigma_y}{2k}$  и  $\frac{\tau_y}{2k}$  для начала прессования.

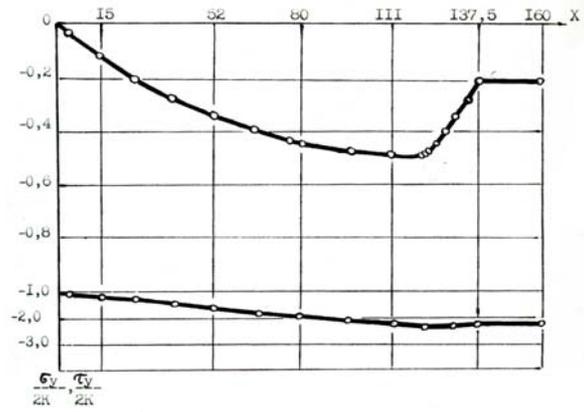


Рис.3. Распределение напряжений

$\frac{\sigma_y}{2k}$  и  $\frac{\tau_y}{2k}$  для промежуточного момента прессования.

На рис.2 показано распределение напряжений  $\frac{\sigma_y}{2k}$  и  $\frac{\tau_y}{2k}$  для начала прессования. На рис.3 показано распределение напряжений  $\frac{\sigma_y}{2k}$  и  $\frac{\tau_y}{2k}$  для промежуточного момента прессования. На рис.4 показано распределение напряжений  $\frac{\sigma_y}{2k}$  и  $\frac{\tau_y}{2k}$  для конца прессования. По этим распределениям напряжений определяется удельное усилие прессования.

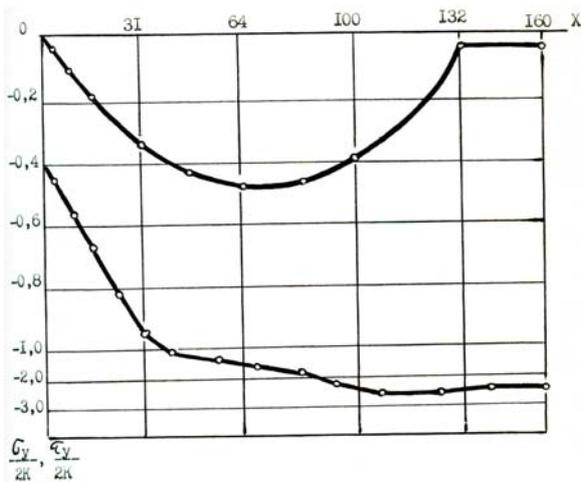


Рис.4. Распределение напряжений  $\frac{\sigma_y}{2k}$

и  $\frac{\tau_y}{2k}$  для конца прессования.

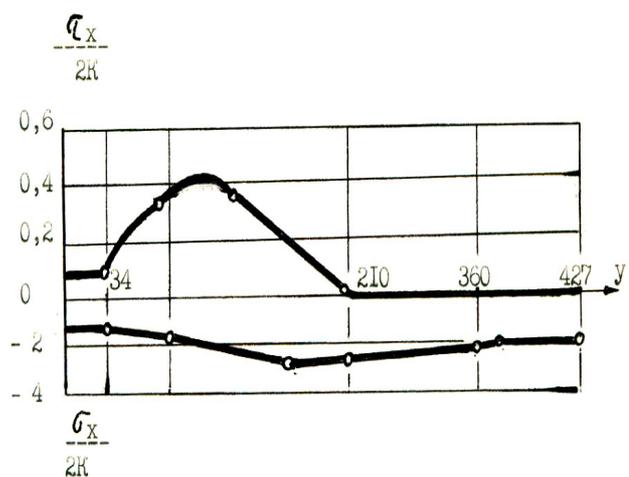


Рис.5. Распределение напряжений

$\frac{\sigma_x}{2k}$  и  $\frac{\tau_x}{2k}$  для начала прессования.

Одним из основных вопросов процесса прессования полых изделий является вопрос устойчивости пуансона, особенно в заключительной его стадии. В частности, устойчивость пуансона определяет такую важнейшую характеристику прессования полых изделий, как разностенность. Это вызывает необходимость оценки силовых нагрузок, действующих на боковую поверхность пуансона.

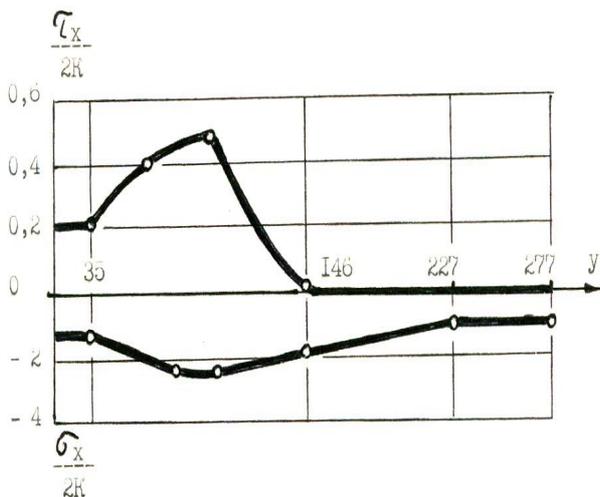


Рис. 6. Распределение напряжений  $\frac{\sigma_x}{2k}$  и  $\frac{\tau_x}{2k}$  для промежуточного момента прессования.

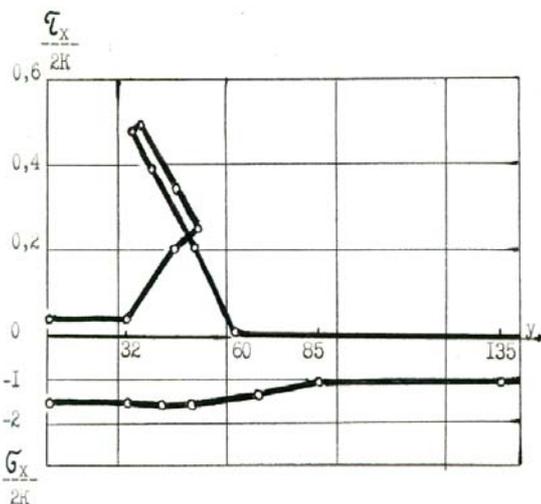


Рис. 7. Распределение напряжений  $\frac{\sigma_x}{2k}$  и  $\frac{\tau_x}{2k}$  для конца прессования.

Учитывая, что жестко-пластическая граница, примыкающая к пуансону, является как бы его продолжением, формулой (1), определены распределения напряжений вдоль жестко-пластической границы В.00-100 и вертикальной поверхности контакта пуансона 100 - Д.

На рис.5 показано распределение напряжений  $\frac{\sigma_x}{2k}$  и  $\frac{\tau_x}{2k}$  для начала прессования. На рис.

6. показано распределение напряжений  $\frac{\sigma_x}{2k}$  и  $\frac{\tau_x}{2k}$  для промежуточного момента прессования.

На рис. 7 показано распределение напряжений  $\frac{\sigma_x}{2k}$  и  $\frac{\tau_x}{2k}$  для конца прессования. По этим распределениям напряжений определяется удельное давление на боковую поверхность пуансона.

Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими

#### Литература

1. Томленов А.Д. Теория пластического деформирования металлов. М.: Metallurgy, 1972, 408 с.
2. Овчинников В.И. Пластическое течение металлов в процессе объемной штамповки. М.: Машиностроение, 1975, №5, 324 с.
3. Джонсон В., Кудо Х. Механика процессов выдавливания металлов. М.: Metallurgy, 1965, 288 с.

С.Т. Раҳматов, И.М. Мирзоалиев, А.Н. Убайдуллоев

#### ШИДДАТНОКИИ МЕТАЛЛИ ДЕФОРМАТСИЯШУДА ҲАНГОМИ ФИШУРДАНИ НАМУНАҲОИ ДАРУНХОЛӢ

Дар мақола дар бораи бо ёрии усули ҳатти лағжиш муайян намудани ҳолати шиддатнокии металлҳои шаклдигаргуншуда маълумот дода мешавад. Ин усул имконият медиҳад, ки шиддатнокӣ дар ҳаҷми металлҳои ҳангоми шаклдигаршавии ҳамвор ва ассиметри муайян карда шавад.

S.T. Rahmatov, I.M. Mirzoaliev, A.N. Ubaidullaev

#### STRESS-DEFORMED CONDITION OF METAL BY PRESSING OF HOLLOW UPPERS

## РАБОЧИЕ ОРГАНЫ И МЕХАНИЗМЫ НОВОЙ ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ ДВУХНИТОЧНОГО ЦЕПНОГО СТЕЖКА

Целью нашей работы является создание швейной машины двухниточного цепного стежка с более простой конструкцией, а также расширение технологических возможностей машины и повышение качественных показателей строчки двухниточного цепного стежка.

Как известно, из всех существующих видов движения самым простым является вращательное движение. Рабочие органы, совершающие вращательное движение, способны работать на довольно высоких скоростях. Приводы, сообщающие рабочим органам вращательное движение, очень просты (зубчатые, ременные, зубчато-ременные передачи и т.д.). Рабочие органы, совершающие вращательное движение, можно разделить на две группы: вращающиеся в пазу и вращающиеся на валу. В качестве примера для рабочих органов, вращающихся в пазу, можно привести челнок челночных швейных машин, а для рабочих органов, вращающихся на валу, – петлитель с хвостом однониточные цепные швейные машины. Рабочие органы, вращающиеся в пазу состоят из множества деталей, а рабочие органы, вращающиеся на валу могут состоять из одной детали. Кроме этого, для вращающихся в пазу рабочих органов необходимо подавать масло в зону контакта рабочего органа с пазом, а рабочие органы, вращающиеся на валу, не требуют масла. Таким образом, применение в швейных машинах рабочих органов, совершающих вращательное движение на валу, приведет к упрощению конструкции машины и снижению потребления машиной смазочных материалов.

Любая швейная машина должна иметь минимально необходимые механизмы: механизм иглы, механизм челнока или петлителя, механизм продвижения материала; систему нитеподдачи, систему смазки.

Во всех стачивающих швейных машинах игла совершает возвратно-поступательное движение. Самым простым приводом для иглы является кривошипно-шатунный механизм, движущийся в горизонтальной плоскости.

Самым простым видом перемещения материала является нижнее перемещение, когда перемещение материала происходит в результате взаимодействия нижней зубчатой рейки с нажимной лапкой.

Таким образом, мы пришли к выводу, что создать стачивающую швейную машину с нижним перемещением материала с более простой конструкцией возможно лишь в случае, если применить петлитель и нитепритягиватели для верхней и нижней нитей, совершающие вращательное движение на валу.

Как известно, существует только два рабочих органа, способные обводить вокруг себя петли нитей, это челнок и петлитель с хвостом. Челнок обводит вокруг себя петли нити за счет того, что он движется в пазу, в противном случае челнок не смог бы обводить вокруг себя петли нити. А петлитель с хвостом с помощью своего хвоста разворачивает петли нити на  $180^{\circ}$  и таким образом обводит вокруг себя петли нити.

Для образования однониточного цепного стежка типа 101 с помощью вращающегося петлителя с хвостом, петлитель совершает один оборот за один оборот главного вала машины.

При создании новой технологии получения двухниточного цепного стежка мы придали петлителю с хвостом два оборота за один оборот главного вала машины, чтобы петлитель смог переплестать как верхнюю, так и нижнюю нити. Верхнюю нитку подавали к петлителю иглой, то есть как во всех швейных машинах. А нижнюю нитку к петлителю подавали с помощью толкателя нижней нити, совершающего колебательное движение в горизонтальной плоскости. Петлитель в первом обороте захватывает верхнюю нитку, поданную иглой, а в конце первого оборота захватывает нижнюю нитку, поданную толкателем нижней нити.

Для затягивания нитей применили два двухдисковых кулачковых нитепритягивателя, совершающих вращательное движение. Верхний двухдисковый кулачковый нитепритягиватель расположен в головке машины и предназначен для подачи и затяжки верхней нитки. А нижний двухдисковый кулачковый нитепритягиватель расположен под платформой машины и предназначен для подачи и затяжки нижней нитки.

Такие двухдисковые кулачки применяются в существующих швейных машинах двухниточного цепного стежка для подачи и выбора излишней нижней нити с петлителя и не принимают непосредственное участие в затяжке стежка, поэтому их называют нитеподатчиками. Таким образом, двухдисковый кулачковый нитепритягиватель и двухдисковый кулачковый нитеподатчик выполняют разные функции. Однако принцип действия двухдискового кулачкового нитепритягивателя и двухдискового кулачкового нитеподатчика один и тот же и заключается в действии торцов двухдискового кулачка на нитку.

С целью проверки работоспособности новой технологии получения двухниточного цепного стежка швейной машины был изготовлен экспериментальный образец промышленной швейной машины двухниточного цепного стежка на базе промышленной челночной швейной машины 1022 класса Белорусской фирмы «Орша», шьющей строчкой челночного стежка типа 301 (рис., а)

От челночной швейной машины 1022 класса остались только механизм иглы, механизм перемещения материала с нажимной лапкой. С машины 1022 класса были сняты челнок, нитепритягиватель, устройство для намотки нити на шпульку челнока. После чего в конструкцию швейной машины 1022 класса разместили новые рабочие органы с их механизмами: петлитель, нитепритягиватель для верхней нити, нитепритягиватель для нижней нити и толкатель нижней нити. Кроме этого, в место игольной пластины с отверстием установили игольную пластину с прорезью.

Новая швейная машина выполняет двухниточный цепной стежок, отличающийся от типа 401 (рис., б.) с развернутыми петлями верхней и нижней нити на  $180^{\circ}$  (рис., в). Двухниточный цепной стежок образуется в результате взаимодействия иглы, петлителя с хвостом и толкателя нижней нити.

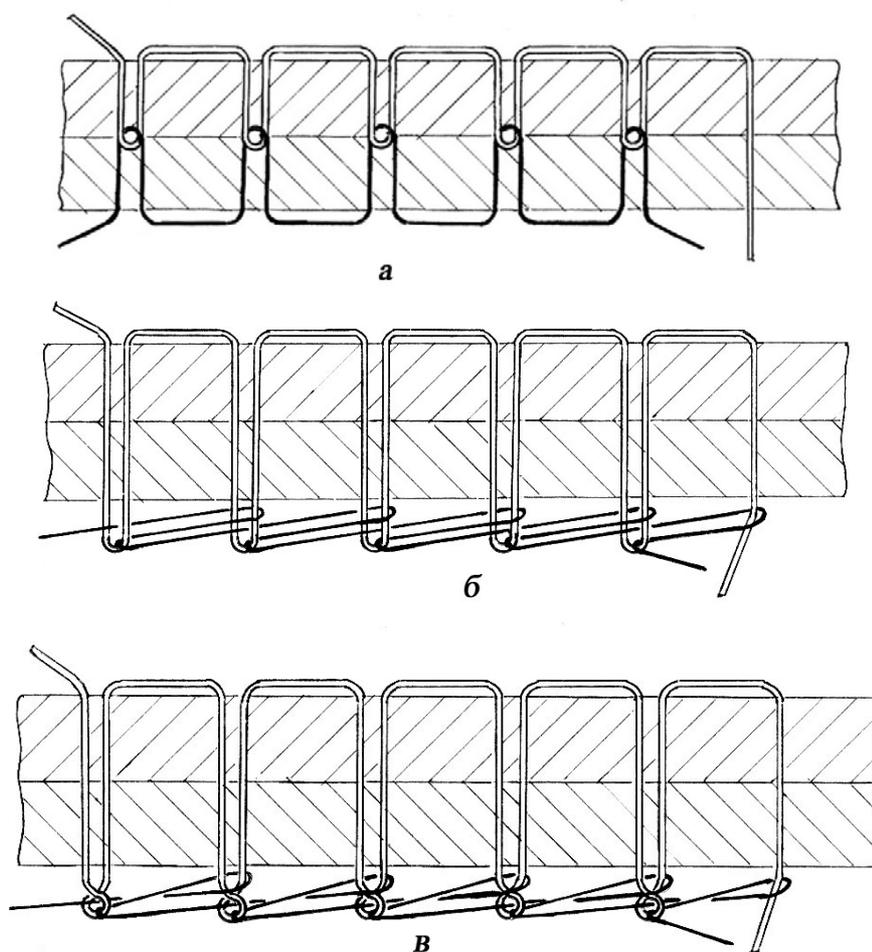


Рис. Двухниточные однолинейные строчки: а- двухниточный челночный стежок типа 301; б- двухниточный цепной стежок типа 401; в- двухниточный цепной стежок нового типа 401.

В процессе петлеобразования также участвуют, два двухдисковых кулачковых нитепритягивателя для нижней и верхней нитей, зубчатая рейка с нажимной лапкой для перемещения материала.

Корпус машины состоит из рукава и платформы. В рукаве машины расположены: вращающийся главный вал, механизм иглы, механизм нитепритягивателя для верхней нити, узел нажимной лапки.

В платформе машины смонтированы: распределительный вал, механизм петлителя, механизм толкателя нижней нити, механизм нитепритягивателя для нижней нити, механизм продвижения материала. Шкив машины вращается против часовой стрелки, если смотреть с правой стороны.

Справа от корпуса машины установлена стойка с бобинодержателями и нитенаправителями для верхней нити. Внизу под столом слева установлена стойка с бобинодержателями и нитенаправителями для нижней нити.

*Худжандский филиал Таджикского технического университета им.акад.М.С. Осими*

**Д.С. Мансурова**

## **УЗВҲОИ КОРӢ ВА МЕХАНИЗМҲОИ ДАСТГОҲИ НАВИ ДӢЗАНДАГИИ КӢКИ ЗАНЧИРМОНАНДИ ДУРЕСМОНА**

Дар мақола таҳлили мухтасари намудҳои кӯкҳо, механизмҳо барои иҷроиши онҳо ва ҳаракатдиҳандаҳо дода шудаанд. Дастгоҳи дӯзандагии озмоишӣ, ки дар асоси дастгоҳи намуди 1022 сохта шудааст, бар асоси технологияи нав барои ҳосил намудани кӯки занҷирмонанди дуресмона бо ҳалқаҳои ресмонҳои боло ва поёнии ба 180<sup>0</sup> паҳншуда тавсиф шудааст.

Дар асоси гузаронидани таҳлили кинематикии мошинаи дӯзандагии озмоишӣ истифодаи ҳаракатдиҳанда бо узви қорӣи ҳалқаи даврзананда тавсия карда шуд. Тавсифи фаннии дастгоҳи нави дӯзандагӣ афзалияти ӯро нисбат ба дастгоҳи базавӣ нишон медиҳад.

**D.S. Mansurova**

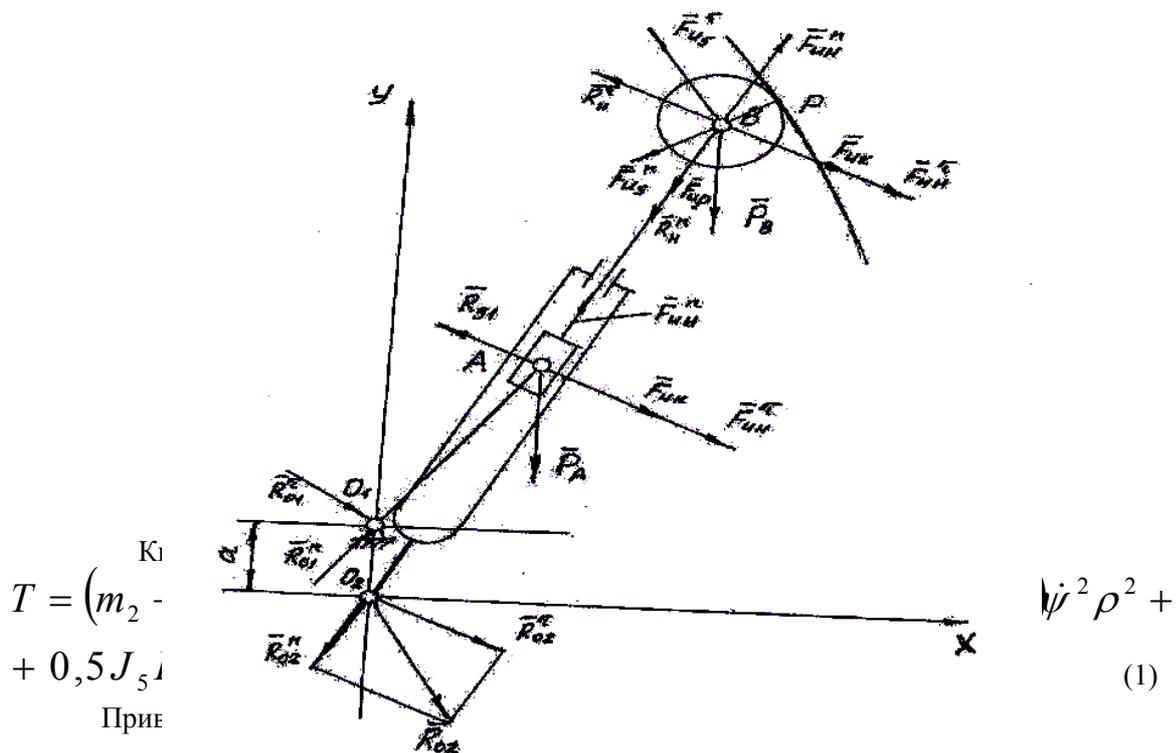
## **WORKING SYSTEMS AND MECHANISMS OF THE NEW SEWING-MACHINE OF DOUBLE SPINNING CHAIN STITCHES**

С. Тилоев\*, Х.Х. Хомидджонов\*, С.Д. Тошов\*,  
Ф.М. Сафаров, Б. Н. Акрамов

### ДИНАМИКА ПЛАНЕТАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРИВОДА РАБОЧИХ ОРГАНОВ УБОРОЧНЫХ МАШИН С ПЕРЕМЕННЫМИ ПЕРЕДАТОЧНЫМИ ОТНОШЕНИЯМИ

Определение рабочих характеристик механизмов и расчет на их основе режимов работы машин возможен только через динамическое исследование механизма, т. к. рабочие скорости агрегатов современных машин очень велики и операционная нагрузка (сила инерции и момент инерционных сил) играет часто определенную роль. В приводах рабочих органов сельхозмашин широко применяются механизмы с переменными параметрами. Например, в комбайнах СК-5, 14ХВ-2,4 и др. применяются схема планетарного фрикционного механизма с переменным по длине (составным) водилах. В данной статье рассматривается определение закона движения этого механизма на основе использования уравнение Лагранжа II - рода. Динамическая схема планетарного фрикционного механизма с составным водилом приведена на рисунке 1.

С целью получения зависимости приведенного момента инерции, обозначим через  $e = AB$  - длина направляющей,  $\rho_1 = O_1B$  - радиус составного водила, расстояние  $AC = 0,5 e$ ,  $OA = \rho - e$ , угол поворота кулисы через  $\psi$ , ведущего звена через  $\varphi_1$ , сателлита через  $\varphi_C$ , радиус сателлита через  $r$  и кривошипа через  $R_1$ .



$$T = \left( m_2 + 0,5 J_5 \right) \dot{\psi}^2 + \dots$$

$$\dot{\psi}^2 \rho^2 + \dots \quad (1)$$

$$J_{np} = J_0 + \left( \frac{1}{12} + 1,5 m_3 + m_4 \right) \rho^2 \left( \frac{d\varphi_1}{dt} \right)^2 + 2 m_2 \rho \cdot e \left( \frac{d\varphi_1}{dt} \right)^2 + 1,5 m_3 \left( \frac{d\rho}{d\varphi_1} \right)^2 + 0,25 m_2 e \left( \frac{d\psi}{d\varphi_1} \right)^2 + m_4 \left( \frac{d\rho}{d\varphi_1} \right)^2 \quad (2)$$

Окончательно, уравнения движения в форме Лагранжа II - рода:

$$\ddot{\rho} - \alpha \dot{\psi} \dot{\rho} + (\alpha_2 p + \alpha_3 e) \dot{\psi}^2 = 0$$

$$\ddot{\psi} + c \dot{\psi}^2 = 0 \quad (3)$$

Переменные коэффициенты равны:

$$K_2 = 2 \left( m_2 + m_3 + \frac{m_4}{4} + J_5 R_1^{-2} + J_2 R_1^{-2} + m_1 \right) \rho \frac{d\rho}{d\psi}$$

$$K_3 = \left( m_2 + m_5 + \frac{m_4}{3} + J_5 R_1^{-2} + J_2 R_1^{-2} + m_1 \right) \rho \frac{d\rho}{d\psi}$$

$$K_4 = - \left( m_2 + m_3 - \frac{m_4}{4} + m_1 + J_5 R_1^{-2} + J_2 R_1^{-2} \right) \frac{d\rho}{d\psi} \cdot \frac{d^2 \rho}{d\psi^2}$$

$$K_5 = -(2m_5 \sin \psi - m_5 \cos \psi) \frac{d\rho}{d\psi} \cdot \rho$$

$$K_6 = m_5 \left( -p^2 \sin^2 \psi + \frac{d^2 p}{d\psi^2} \cdot \frac{dp}{d\psi} \cos \psi \right)$$

$$K_7 = m_5 \left( p^2 \sin \psi - 2 \frac{d^2 p}{d\psi^2} \cdot \frac{dp}{d\psi} \right), \quad K_8 = m_8 \left( \rho^2 \cos \psi + \frac{d\rho}{d\psi} \cdot \frac{d^2 \rho}{d\psi^2} \right)$$

$$K_9 = m_2 + m_3 + \frac{m_4}{4} + J_5 R_1^{-2} + m_5 \cos^2 \psi \sin^2 \psi$$

$$a_1 = 3m_5 K_9^{-1}, \quad a_2 = \left( m_2 - m_3 + \frac{m_4}{3} + J_5 R_1^{-2} + m_5 \cos 2\psi \right) K_9^{-1}$$

$$C = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + K_7}{K_1 + K_8}$$

Уравнения (3) являются дифференциальными уравнениями второго порядка. Периодические решение этих уравнений не представляется возможным в квадратурах. Решается с помощью метода Рунге - Куты.

Далее составим уравнения движения планетарного механизма с двойным спутником (рис.2), где

$$O_1 B_1 = O_2 B_2 = \rho_1 = \rho_2; \quad A_1 B_1 = A_2 B_1 = \ell; \quad P_1 B_2 = P_2 B_2 = r;$$

$$B_1 D_1 = B_2 D_2 = \ell_1.$$

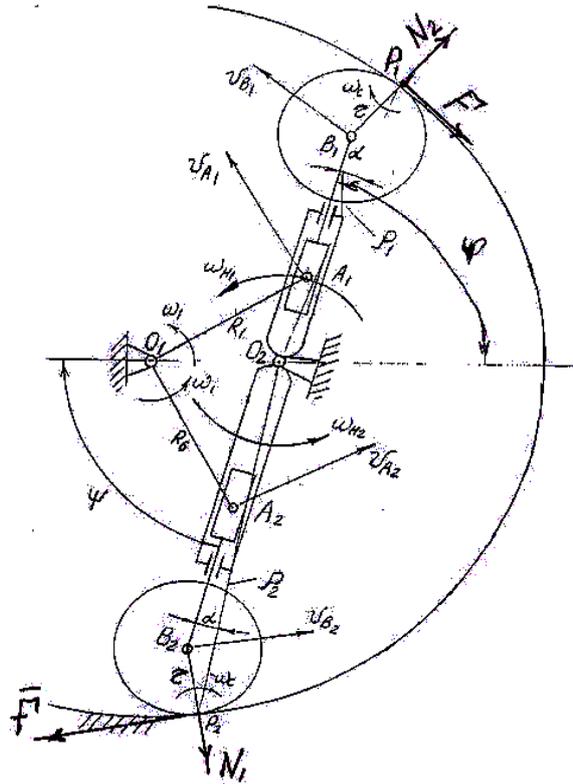


Рисунок 2. Динамическая схема планетарного механизма с двойным спутником

Кинетическая энергия исследуемого механизма:

$$\begin{aligned}
 T = 0,5 \left\{ J_1 \frac{(\rho_1 - e)^2 \dot{\psi}^2 + \dot{\rho}_1^2}{R_1^2} + m [(\rho_1 - e)^2 \dot{\psi}^2 + \dot{\rho}_1^2] + J_2 \dot{\psi}^2 + \right. \\
 + m_3 \frac{1}{4} e_1^2 \dot{\psi}^2 + J_4 \dot{\psi}^2 + m_4 [(\rho_1 - 0,5e)^2 \dot{\psi}^2 + \dot{\rho}_1^2] + J_5 (\dot{\rho}_1^2 + \dot{\psi}^2 \cdot \rho^2) + \\
 + m_5 (\rho_1^2 \dot{\psi}^2 + \dot{\rho}_1^2) + J_1 R^{-2} [(\rho_2 - e)^2 \dot{\psi}^2 + \dot{\rho}_2^2] + m_7 [(\rho_2 - e)^2 \dot{\psi}^2 + \dot{\rho}_2^2] + \\
 + 0,25 m_8 e^2 \cdot \dot{\psi}^2 + J_8 \cdot \dot{\psi}^2 + m_9 [(\rho_2 - 0,5e)^2 \dot{\psi}^2 + \dot{\rho}_2^2] + J_9 \dot{\psi}^2 + \\
 \left. + J_{10} r^{-2} [(\rho_2 \dot{\psi})^2 + \dot{\rho}_2^2] + m_{10} [(\rho_2 \dot{\psi})^2 + \dot{\rho}_2^2] \right\}. \quad (4)
 \end{aligned}$$

Уравнения движения в форме Лагранжа с учетом обобщенных:

$$\begin{aligned}
 a \ddot{\psi} + b \dot{\psi} \dot{\rho}_1 + c \dot{\psi} \dot{\rho}_2 &= d (N_1 \rho_1 - N_2 \rho_2) \\
 a_1 \ddot{\rho}_1 + a_2 \ddot{\rho}_2 + a_3 \dot{\psi}^2 &= a_4 (N_1 + N_2) + a_5 (F_2 - F_1) \quad (5)
 \end{aligned}$$

Переменные коэффициенты:

$$\begin{aligned}
 a &= J_1 R_1^{-2} (\rho_1 - e)^2 + m_2 (\rho_2 - e)^2 + m_2 (\rho_2 - 0,5e)^2 + J_2 + \\
 &+ m_3 \cdot 0,25 \cdot e_2^2 + J_4 + m_4 (\rho_1 - 0,5e)^2 + J_5 r^{-2} (\rho - e)^2 + \\
 &+ m_5 \rho_1^2 + J_1 R_1^{-2} (\rho_2 - e)^2 + m_7 (\rho_2 - e)^2 + 0,5 m_7 e_2^2 + J_8 + \\
 &+ m_9 (\rho_2 - 0,5e)^2 + J_{10} r^{-2} \rho_2^2 + m_5 \rho_2^2.
 \end{aligned}$$

$$e = 2 \left[ J_1 R_1^{-2} (\rho_1 - e)^2 + m_2 (\rho_1 - e)^2 + m_2 (\rho_2 - 0,5e)^2 + m_4 (\rho - 0,5e)^2 + m_5 \rho_1^2 \right].$$

$$C = 2 \left[ J_1 R^{-2} (\rho - e)^2 + m_7 (\rho_2 - e)^2 + m_9 (\rho_2 - 0,5e)^2 + J_{10} r^{-2} \rho_2^2 + m_{10} \rho_2^2 \right].$$

$$d = \cos 2\psi.$$

$$a_1 = J_1 R_1^{-2} + m_2 + m_4 + J_1 r^{-2} + m_5.$$

$$a_2 = J_1 R_1^{-2} + m_7 + m_9 + J_{10} r^{-2} + m_{10}.$$

$$a_3 = - \left[ J_1 R^{-2} (\rho_1 - e) + m_2 (\rho_1 - e) + m_4 (\rho_1 - 0,5e) + J_5 r^{-2} \rho_1 + m_5 \rho_2 + J_1 R^{-2} (\rho_2 - e) + m_5 (\rho_1 - 0,5e) + m_7 (\rho_2 - e) + m_9 (\rho_2 - 0,5e) + J_{10} r^{-2} \rho_2 + m_{10} \rho_2 \right].$$

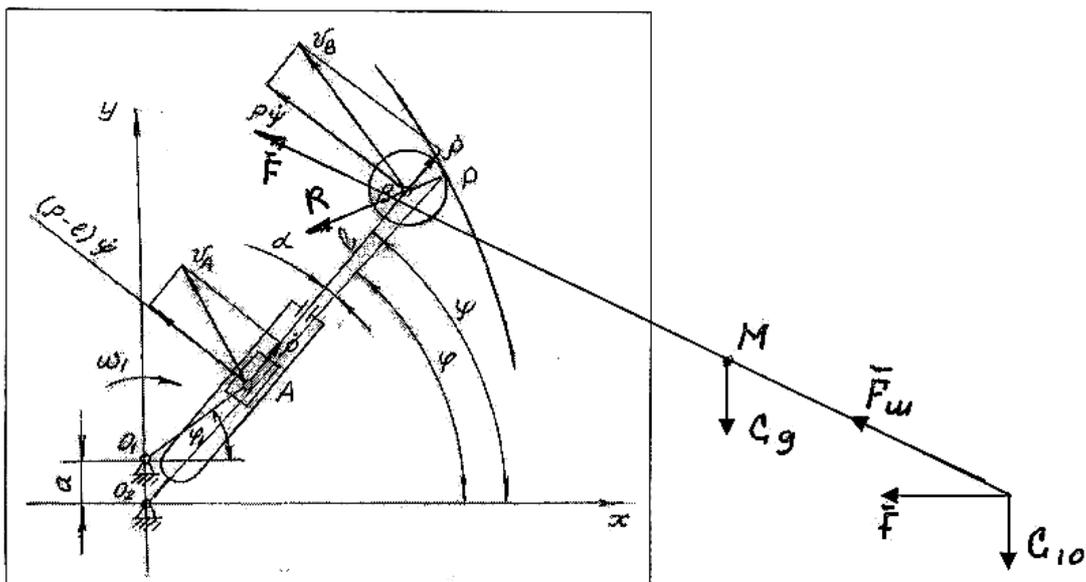
$$a_4 = \sin 2\psi. \quad a_5 = \cos 2\psi.$$

Решая дифференциальные уравнения движения можно проектировать машинный агрегат с роторным рабочим органом.

Планетарный механизм привода рабочих органов сеноуборочных машин и зерноуборочных машин показан на рисунке 3.

Кинетическая энергия исследуемого механизма:

$$T = 0,5 \left[ J_1 \dot{\phi}_1^2 + m_2 (\dot{X}_A^2 + \dot{Y}_A^2) + m_3 (\dot{X}_D^2 + \dot{Y}_D^2) + J_2 \dot{\psi}^2 + m_5 (\dot{X}_c^2 + \dot{Y}_c^2) + J_5 \dot{\phi}_c^2 + m_9 (\dot{X}_m^2 + \dot{Y}_m^2) + J_9 \dot{\phi}_9^2 + m_{10} (\dot{X}_c^2 + \dot{Y}_c^2) \right].$$



$$b_1 = \frac{1}{m_2 + 0,25m_4 + J_5 R_1^{-2} + m_{10} \cos \psi}$$

$$\theta_2 = \frac{2m_2 + J_5 R_1^{-2} + \frac{m_{10}}{12} \cos^2 \psi}{m_2 + 0,2m_4 + J_5 R_1^{-2} + m_{10} \cos \psi}$$

$$\theta_3 = \frac{1,5m_3}{m_2 + 0,25m_4 + J_5 R_1^{-2} + m_{10} \cos \psi}$$

$$\theta_4 = \frac{F_2 \sin 2\psi}{m_2 + 0,25m_4 + J_5 R_1^{-2} + m_{10} \cos \psi}$$

$$\theta_5 = \frac{F_2 \cos \psi}{m_2 + 0,25m_4 + J_5 R_1^{-2} + m_{10} \cos \psi} .$$

Решая уравнения движения (3), (5) и (7) имеем возможность проектировать механизмы привода режущих аппаратов комбайна СК-5, шпинделей комбайна 14XB-2,4, роторные сенокосилки КРН-2,1А и многошпиндельный измельчитель фруктов с переменными скоростными характеристиками.

Таким образом, методика динамического исследования планетарных механизмов с переменным по длине (составным) водилом на основе использования уравнений Лагранжа II - рода позволяет использовать в приводах сельхозмашин, механизмы с переменными скоростными характеристиками.

*Таджикский технический университет*

*\* Таджикский аграрный университет*

#### Литература

1. Тилоев С. и др., «Эпициклический механизм» А.С. 1033797 бюл. из. № 29, 1983 г.
2. И. И. Артоболевский «Механизмы современной техники». М.: Наука, 1973.
3. Усмонходжаев Х.Х., Каримов К.А., Тилоев С. Кинематический анализ планетарного фрикционного механизма с составным водилом.- Т.: Доклады АН Уз ССР, 1993, № 12.

**С. Тилоев, Х.Х. Хомидионов, С.Д. Тошов,  
Ф.М. Сафаров, Б.Н. Акрамов**

#### ДИНАМИКА И МЕХАНИЗМЫ РАБОТЫ САЙЕРАВЫИ ХАРАКАТОВАРИ УЗВҲОИ КОРИИ МОШИНҲОИ ҒУНДОРАНДА БО ТАҲВИЛИ МУНОСИБОТИ ТАҒЙИРЁБАНДА

Дар мақола усулҳои тадқиқоти динамикии механизмҳо бо тавсифи суръатҳои тағйирёбанда, дар мисоли механизми фриксионии сайёравӣ, ки барандаш дарозии тағйирёбанда дорад, баррасӣ шудааст. Ин намунаи механизмҳо дар мошинҳои соҳаи кишоварзӣ васеъ истифода бурда мешаванд. Муодилаи Лагранж дараҷаи 2 истифода бурда шудааст, ки бо тарзи адабии Рунге – Кута ҳал карда мешавад.

**S. Tiloev, H.H. Homidjonov, S.D. Toshov, F.M. Safarov, B.N. Akramov**

#### DYNAMICS OF PLANETARY GEAR MECHANISM OF WORKING DEVICES IN HARVESTER MACHINES WITH ALTERNATING VELOCITY RATION

М.Б. Иноятов, Д.М. Иноятов, А. Сартисон

## К ВОПРОСУ ДИАГНОСТИКИ И ПРОФИЛАКТИКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ МОЩНОСТЬЮ 100...6300 кВА

Основной математической модели, согласно которой были составлены диаграммы, является утверждение: общее влагосодержание бумажно-масляной изоляции трансформатора величина постоянная и не изменяется с изменением температуры трансформатора. Это утверждение принимается из логического рассуждения как постулат. В результате нагревания трансформатора влага диффундирует из бумажно-витковой изоляции, абсорбируя влагу из масла, общее же влагосодержание остается постоянным. То есть происходит перераспределение ее в зависимости от температуры трансформатора, и при любой установившейся температуре устанавливается равновесное состояние. Количество масла трансформатора при этом не изменяется.

Это является новым подходом в оценке бумажно-масляной изоляции трансформаторов. Определяющим в оценке бумажно-масляной изоляции трансформаторов следует принять:

1. Пробивное напряжение масла при полной нагрузке при  $t\ 90^{\circ}\text{C}$ , так как в этом случае практически вся влага сосредоточена в масле, и изоляция имеет наибольшее пробивное напряжение, которое должно быть ниже допустимой величины согласно нормам [1].

2. Электрическая прочность витковой изоляции, влагосодержание ее при холостом ходе при  $t\ 20^{\circ}\text{C}$ , так как в этом случае практически вся влага сосредоточена в бумажной изоляции, ее электрическая прочность в этом случае имеет наименьшее значение. Эти утверждения подтверждаются, так как дефектами электрического характера диагностируемых хронографическим анализом масла трансформаторов являются:

1. Частичные разряды с низкой плотностью энергии. Эти разряды в заполненных газом полостях, образуются вследствие неполной пропитки или влажности изоляции, а следовательно, являются причиной высокой влажности бумажной изоляции (низкая электрическая прочность), которая имеет наибольшее значение при холостом ходе трансформатора при  $t\ 20^{\circ}$ .

2. Разряды малой мощности – непрерывное искрение в масле между твердыми материалами, следовательно, причиной является низкое пробивное напряжение масла трансформатора, которое имеет свое наименьшее значение при полной нагрузке при  $t\ 90^{\circ}\text{C}$ .

3. Разряды большой мощности - сильные разряды, искрение, пробой масла между обмотками или катушками на землю. В данном случае причиной является низкое пробивное напряжение масла трансформатора, которое имеет свое наименьшее значение при полной нагрузке трансформатора –  $90^{\circ}\text{C}$ [2,3].

Таким образом, вышеуказанные дефекты имеют наибольшую вероятность возникнуть при работе трансформатора, а именно - в граничных или близких к ним режимам работы. Следовательно, пробивное напряжение проб масла с учетом температуры трансформатора является хорошим индикатором для оценки состояния бумажно-масляной изоляции трансформатора, это послужило основанием использовать эту закономерность для разработки метода оценки состояния бумажно-масляной изоляции трансформаторов по пробивному напряжению проб масла и температуре трансформатора [4].

На основании этого утверждения можно составить следующее уравнение:

$$W_{\text{ом}} = W_{\text{Мтс}} \times P_{\text{М}} + W_{\text{отс}} = \text{Const},$$

где:  $W_{\text{ом}}$  - общее влагосодержание бумажно-масляной изоляции трансформатора;  $W_{\text{Мтс}}$  - влагосодержание масла трансформатора при температуре трансформатора  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $P_{\text{М}}$  - вес масла трансформатора;  $W_{\text{отс}}$  - влагосодержание бумажной изоляции трансформатора при температуре трансформатора,  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ .

Следовательно, общее влагосодержание при температуре трансформатора  $20^{\circ}\text{C}$  равно общему влагосодержанию при  $90^{\circ}\text{C}$  - есть величина постоянная и составляет:

$$W_{6m} = W_{M20c} \times P_M + W_{620c} = W_{M90c} \times P_M + W_{690c} = \text{Const},$$

Тогда количество влаги, которая диффундируется в масло при нагревании трансформатора, равное количеству влаги, которая абсорбируется бумажной изоляцией при остывании трансформатора от 90°C до 20°C будет составлять:

$$W_{6(90c,20c)} = (W_{M90c} - W_{M20c}) \times P_M.$$

В декартовой системе координат по оси абсцисс откладывается значение влагосодержания масла, а по оси ординат - величины влагосодержания бумажно-витковой изоляции, когда кривая функции, согласно которой происходит перераспределение общего влагосодержания бумажно-масляной изоляции, отвечает равенству:

$$X \times V = \text{Const}.$$

В результате получим площадь прямоугольника, условно соответствующую общему влагосодержанию бумажно-масляной изоляции трансформатора.

Для решения этой задачи, то есть для определения зависимости пробивного напряжения масла от температуры трансформатора, было принято решение:

1) постепенно снижать общее влагосодержание бумажно-масляной изоляции трансформатора путем сушки масла в режиме опыта короткого замыкания в собственном баке трансформатора до тех пор, пока в данном режиме при температуре 80°C проба масла будет иметь наименьшее допустимое значение согласно нормам [1] в 25 кВ;

2) путем сокращения охлаждающей поверхности бака нагреть трансформатор до установившейся температуры в 90°C – максимально допустимой температуры трансформатора. Взять пробу масла и определить пробивное напряжение и влагосодержание;

3) путем подбора нагрузочных сопротивлений в режиме короткого замыкания создать установившиеся режимы, при которых температура трансформатора будет иметь следующие значения: 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20°C, с отбором проб масла при этих температурах. Определить их пробивное напряжение и влагосодержание.

В результате проведенной работы были получены зависимости минимально-допустимых пробивных напряжений проб масла, согласно нормам в 25кВ, в зависимости от температуры трансформатора (табл.1).

Таблица 1

Температура трансформатора, °С	20	30	40	50	60	70	80	90
Среднее значение пробивного напряжения пробы масла, кВ	50	50	48	45	43	40	25	15
Отдельные пробои	55	53	50	50	45	43	29	17
	51	50	48	47	43	40	26	16
	50	48	47	45	45	38	27	15
	48	47	47	45	41	40	24	14
	47	51	49	42	41	41	23	16
	51	50	48	42	42	41	24	15
Влагосодержание, мг/кг	18	20	24	33	37	43	54	67

Среднее значение пробивного напряжения пробы масла определяется по следующей формуле:

$$U_{np} = \frac{1}{n} \sum U_{npi},$$

среднеквадратичная ошибка по формуле:

$$\delta_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_{npi} - \bar{U}_{np})^2}{n(n-1)}},$$

коэффициент вариации по формуле:

$$V = \frac{\delta \cdot 100}{\bar{U}_{np}}.$$

На основе этих данных были составлены диаграммы зависимости минимально-допустимых пробивных напряжений и проб масла 15кВ при температуре трансформатора 80<sup>0</sup>С, и в зависимости от температуры во всем диапазоне рабочих температур трансформатора с интервалом в 10<sup>0</sup>С.

Это дало возможность составить диаграммы для трансформаторов с напряжением до 35 кВ (110 – 220 кВ и 500 кВ в стадии проверки), позволяющие службам эксплуатации быстро определять состояние бумажно-масляной изоляции по пробивному напряжению пробы масла и температуре трансформатора.

Пересекаются линия температуры трансформатора, при которой взята проба масла, с линией измеренного пробивного напряжения пробы масла (рис.1).

Для проверки достоверности этих диаграмм необходимо, чтобы с одних и тех же трансформаторов на пробах масла, поступающих в лабораторию, была указана температура трансформатора, при которой была взята эта проба. Определялось пробивное напряжение этой пробы и так же протоколировались все пробои с указанием температуры трансформатора. По диаграммам можно предсказать, какое пробивное напряжение будет иметь масло при другой температуре этого трансформатора в установившемся режиме. Если пробивное напряжение пробы масла, взятого при другой температуре из того же трансформатора, то пробивное напряжение должно совпадать с определенной по диаграмме, то можно убедиться, что данный способ достоверен.

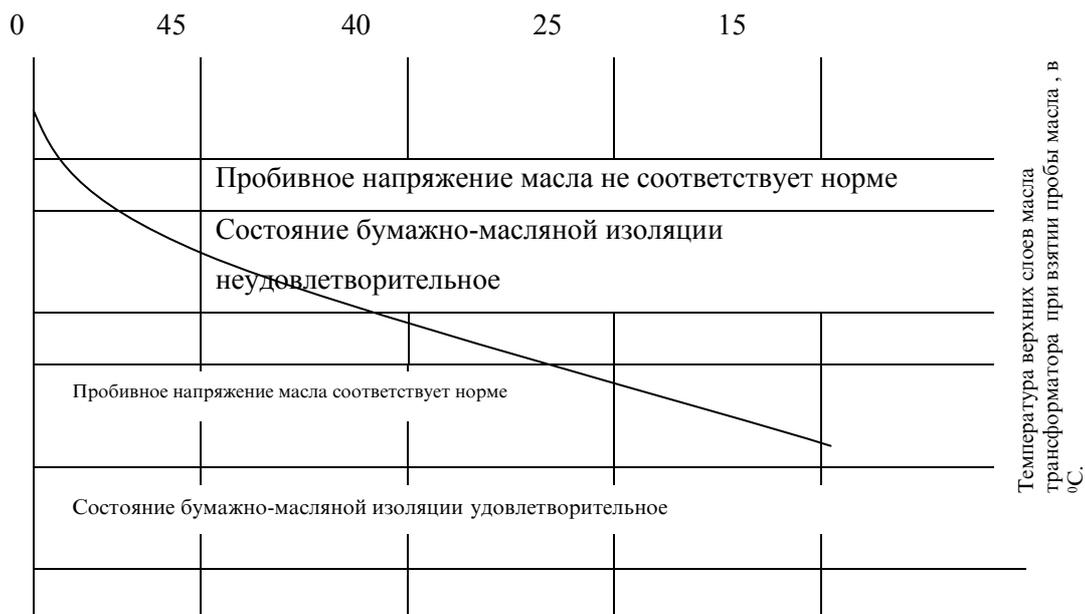


Рис.1. Пробивное напряжение пробы масла, кВ.

Из более 70 трансформаторов разной мощности от 100 – 6300 кВА и номинальных напряжениях от 6,3 – 35 кВ были взяты повторные пробы масла в связи с необходимостью сушки масла в твердой изоляции, при сезонных изменениях температуры, при изменении режима работы, а так же при введении в ремонт параллельно работающего трансформатора. Отклонение пробивных напряжений повторных проб масла от определенных по диаграммам не превышает 5кВ [5].

Таким образом, проведенные исследования при внедрении в практику позволяют оценить состояние бумажно-масляной изоляции по пробивному напряжению проб масла и температуре трансформатора без его отключения, выявить причины быстрого увлажнения и старения масла трансформаторов 1 и 2 габаритов, что даст возможность повысить срок службы трансформаторов, а так же снизить их аварийность.

*Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими*

### **Литература**

1. Сборник директивных материалов главтехуправления Минэнерго СССР. Электрическая часть. Энергоатомиздат, 1985
2. Кирилин В.А., Сычев В.В., Шейдлин А.Е. Техническая термодинамика. М., 1971.
3. Чечеткин А.В., Знеманец Н.А. Теплотехника. М.; Высшая школа, 1986.
4. Verfahren zur Beurteilung des Papier – Öl – Isolationssystem von Transformatoren Elektrizitätswirtschaft. Jg. 99, Heft 21. 2000
5. Betriebszustand von Leistungstransformatoren. (Falsche Untersuchung ohne Temperaturbezug) Elektrizitätswirtschaft. Jg. 102, Heft 25. 2003

**М.Б. Инояттов, Д.М. Инояттов, А. Сартисон**

### **ОИДИ ТАШХИС ВА ПРОФИЛАКТИКАИ ТРАНСФОРМАТОРҲОИ ТАВОНОИАШОН АЗ 100 ... 6300 кВА**

Дар мақола масъалаҳои вобаста ба зиёд намудани мӯҳлати хизмати трансформаторҳо, инчунин кам намудани садама, дар асоси таҳқиқ ва корҳои профилактикии трансформаторҳои тавоноиашон аз 100 ... 6300 кВА дида шудааст.

Пайдоишавии норасогӣҳо, ки дар трансформаторҳо ба вучуд меояд, баҳо ва назарияви мувофиқа карда шудааст. Вобастагии шиддати гузаранда аз ҳарорат нишон дода шудааст.

**M.B. Inoyatov, D.M. Inoyatov, A. Sartison**

### **TO THE ISSUE OF DIAGNOSTICS AND PREVENTIVE INSPECTION OF TRANSFORMERS CAPACITY 100 ... 6300 кВА**

Т.Д. Джураев, Э.Р. Газизова, М.М. Хакдолов

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАК МОДИФИКАТОРОВ СИЛУМИНОВ**

Эвтектические сплавы системы Al-Si в настоящее время являются одними из наиболее перспективных исследуемых объектов для выявления новых добавок-модификаторов из числа элементов периодической системы Д.И.Менделеева.

При обычных условиях кристаллизации расплав силумина состоит из двух фаз: твёрдого раствора кремния в алюминии ( $\alpha$ -Al) и кристаллов кремния (Si). Доля кристаллов Si в жидком состоянии зависит от степени распада эвтектического расплава ( $\alpha$ -Al+Si) при данной температуре. Это может быть оценено термодинамически.

В предположении, что влияние модифицирующего элемента на расплав ( $\alpha$ -Al+Si) заключается в вытеснении кремния из квазикристаллической решётки расплава ( $\alpha$ -Al), как следствие, происходит образование и измельчение частиц кремния, и их рост в модифицированной эвтектике, кристаллизующейся при понижении температуры. С термодинамической точки зрения это должно соответствовать повышению активности кремния или уменьшению растворимости кремния в расплаве  $\alpha$ -Al.

Оценка влияния элементов периодической системы на термодинамическую активность кремния в жидком алюминии может быть осуществлена сравнением данных тройных сплавов систем Al-Si-Э с соответствующими данными двойных сплавов системы Al-Si.

В работе [1] рассмотрены вопросы применения теории регулярных растворов к жидким тройным сплавам, если известны термодинамические свойства бинарных растворов. Зная энергию взаимодействия компонентов для бинарной системы, можно рассчитать влияние третьего компонента на активность двух других. Так, коэффициент активности ( $f$ ) кремния (обозначено индексом 2) в тройных сплавах с алюминием (индекс 1) можно определить из равенства:

$$RT \ln f_2 = x_2 Q_{12} + x_3 Q_{13} - x_1 x_2 Q_{12} - x_1 x_3 Q_{13} - x_2 x_3 Q_{23}, \quad (1)$$

где:  $x_1, x_2, x_3$  – мольные доли;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – абсолютная температура;  $Q_{12}, Q_{13}$  и  $Q_{23}$  – энергии взаимообмена между компонентами 1-2, 1-3 и 2-3, соответственно.

Для коэффициента активности Si ( $f_2^*$ ) в двойных сплавах имеем:

$$RT \ln f_2^* = (1 - x_2)^2 Q_{12}. \quad (2)$$

Отсюда изменение коэффициента активности кремния при введении в расплав третьего компонента определится как разность уравнений (1) и (2):

$$\Delta \ln f_2 = \ln f_2 - \ln f_2^* = \ln \cdot f_2 / f_2^*. \quad (3)$$

Из уравнений (1) и (2) с учётом (3) находим общее выражение, учитывающее влияние легирующих элементов на коэффициент активности кремния в жидком алюминии:

$$\ln f_{Si}^{\ominus} = A x_{\ominus} (1 - x_{Si}) + B x_{\ominus}^2,$$

где  $A$  и  $B$  – константы.

Были рассчитаны энергии взаимообмена в системах Al(1)-Si(2)-Э(3) с учётом энтальпии образования связей разноимённых частиц и энергии связи одноимённых частиц с использованием справочных данных [2-3]. Для оценки энергии взаимообмена нами также использован метод Гильдебранда-Мотта [4, 5]:

$$Q_{12} = [(v_1 + v_2) / 2] (\delta_1 - \delta_2)^2 - 96500 (Z / 2)(E_1 - E_2)^2,$$

где:  $v_i$  – мольный объём;  $\delta_i$  – параметр растворимости;  $Z$  – координационное число,  $E_i$  – электроотрицательность и  $Q_{12}$  – энергия взаимообмена, Дж/г · ат.

В таблице приведены полученные уравнения для расчёта активностей кремния в трёхкомпонентных системах, с учётом,  $a = f \cdot x$ .

Таблица

К расчёту влияния некоторых элементов периодической системы на активность кремния в жидком алюминии при 1000 К

Система Al-Si-Э	Q <sub>13</sub>	Q <sub>23</sub>	Значения коэффициентов уравнения $\lg a_2^3 = \lg x_2 + A(1-x_2) \cdot x_3 + B x_3^2$	
			кДж/г · ат	
	2	3	А	В
Be	55.1	15.0	16	1657
B	-16.5	89.8	4288	-473
C	-215.4	48.2	8791	-6169
P	-168.4	-34.6	5072	-4822
S	-454.6	-200.1	8532	-13019
Ca	38.9	-127.5	-3523	1114
V	37.5	21.4	783	1073
Cr	12.7	-3.4	780	365
Fe	-8.9	33.2	2454	-260
Co	12.2	55.5	2483	349
Ni	6.7	49.8	2476	193
Cu	-61.6	94.8	3277	-1763
Zn	26.8	20.1	1053	767
Ga	1.8	-9.7	915	50
Ge	-38.6	7.9	2568	-1106
Se	-338.9	-110.1	7798	-9707
Sr	122.5	-36.8	-3321	3509
Nb	68.6	52.3	782	1964
Mo	28.3	70.9	2463	810
Tc	-77.3	-48.4	3319	-2214
Ru	-129.3	31.8	5856	-3704
Rh	-166.2	-6.9	5806	-4760
Pd	-33.4	8.5	2443	-957
Ag	-76.8	-3.2	3351	-2199
Cd	61.8	91.1	2080	1770
In	17.1	40.2	1906	490
Sn	-19.2	31.1	2684	551
Sb	-34.3	48.0	3599	-983
Te	-83.4	62.9	5432	-2387
I	-95.6	192.8	9502	-2738
Ba	102.9	-82.9	-4078	2947
Ta	109.2	65.3	-15	3127
W	123.9	140.5	1718	3548
Re	65.4	140.7	3399	1873
Os	-107.3	54.9	5888	-3073

1	2	3	4	5
Ir	-127.6	33.4	5853	-3653
Pt	-188.2	-29.9	5775	-5388
Au	-390.2	-173.2	7457	-11173
Hg	80.1	175.9	3989	2293
Tl	34.9	92.6	2896	1000
Pb	29.2	86.2	2876	837
Bi	17.4	106.0	3780	499

Примечание: здесь  $Q_{12} = -43.4$  кДж/г · ат.

Введение в алюминиево-кремниевый расплав в качестве третьего компонента, например, титана или марганца не приводит к существенному изменению активности кремния в алюминиевых расплавах, так как в этом случае  $Q_{13} \approx 0$ , то принимается  $Q_{23} \approx Q_{13}$  [6]. Иная картина будет иметь место, если в качестве третьего компонента в алюминиево-кремниевый расплав ввести любой элемент, например, приводимый в таблице. В этом случае  $Q_{13} \neq 0$  [7].

Как следует из анализа уравнений (см. табл.), во всех случаях при добавке третьего компонента наблюдается увеличение коэффициента активности кремния. Изменение содержания кремния в расплаве не приводит к увеличению или уменьшению угла наклона кривых к оси абсцисс. Отсюда можно заключить, что добавки элементов в расплав вызывают пропорциональное изменение коэффициента активности кремния. Это изменение линейное и его следует объяснить большим сродством элементов к алюминию, нежели к кремнию.

Из приведённых в таблице данных следует важный практический вывод, что элементы различных подгрупп периодической системы: IIa – Be, Ca, Sr и Ba; Va – V, Nb и Ta; VIa – Cr, Mo и W; VIIa – Tc и Re; VIII – Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir и Pt; Ib – Cu, Ag и Au; IIb – Zn, Cd и Hg; IIIb – Ga, In и Tl; IVb – C, Ge, Sn и Pb; Vb – P, Sb и Bi; VIb – S, Se и Te и VII – I, повышающие термодинамическую активность кремния, могут быть модификаторами силуминов. Остальные элементы периодической системы понижают термодинамическую активность кремния в расплаве алюминия и не могут быть использованы как модификаторы литейных алюминиево-кремниевых сплавов. «Классический» модификатор силуминов – натрий не попадает в группу элементов-модификаторов и вопрос о его действии в расплавах алюминия с кремнием, по-видимому, можно объяснить новым вариантом модернизированной теории переохлаждения [8].

Таким образом, результаты расчётов по данным уравнениям (см. табл.) во многих случаях хорошо согласуются с экспериментальными работами авторов [9-11] и других исследователей [12] по выявлению элементов периодической системы как модификаторов алюминиево-кремниевых сплавов.

*Таджикский технический университет им.акад.М.С.Осими*

### Литература

1. Бурылёв Б.П. - Журн. физ. химии, 1969, т. 43, № 6, с. 1365-1379.
2. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Т.1-3. Под ред. акад. РАН Н.П. Лякишева. М.: Машиностроение, 1996-2001, 992, 1024,1320 с.
3. Физико-химические свойства элементов. Справочник. Киев: Наукова думка, 1965, 808 с.
4. Hildebrand G., Scott R. The Solubility of nonelectrolytes. N. Y.: Reinhold Publ. 3-rd. ed., 1950, 488 p.
5. Mott B.W. - Philos. Magasin. 1975, v. 8, № 2, p. 259-283.
6. Джураев Т.Д. – Докл. АН ТаджССР, 1989, т. 32, № 10, с. 681.
7. Джураев Т.Д. – Докл. АН ТаджССР, 1989, т. 32, № 11, с. 754.
8. Строганов Г.Б., Ротенберг В.А., Гершман Г.Б. Сплавы алюминия с кремнием. М.: Металлургия, 1977, 272 с.
9. Ганиев И.Н., Вахобов А.В., Джураев Т.Д., Каляева В.Г. - Литейное производство, 1975, № 1, с. 33-34.
10. Ганиев И.Н., Вахобов А.В., Джураев Т.Д., Ивлев В.А. - Литейное производство. 1976, № 2, с. 41-42.
11. Джураев Т.Д., Газизова Э.Р., Хакдодов М.М. - ДАН РТ, 2002, т. 50. № 11-12, с. 29-31.

12. Ганиев И.Н., Пархутик П.А., Вахобов А.В., Куприянова И.Ю. Модифицирование силуминов стронцием. Минск: Наука и техника. 1985, 143 с.

**Т.Д. Чӯраев, Э.Р. Газизова, М.М. Хакдодов**

**БАҲОДИҲӢ ОИД БА САМАРАНОКИИ ЭЛЕМЕНТҲОИ МУХТАЛИФИ СИСТЕМАИ  
ДАВРӢ ҲАМЧУН МОДИФИКАТОРҲОИ  
ХӮЛАҲОИ СИСТЕМАИ AL-SI**

Дар мақола дар асоси назарияи маҳлулҳои регуляри муодилаҳои натиҷаи таъсири элементҳои системаи даври ба фаъолнокии термодинамикии Si дар Al ғудохташуда оварда шудаанд. Муайян карда шудааст, ки 42 элементи системаи даври фаъолияти силитсийро зиёд менамоянд ва онҳоро дар амал ҳамчун модификаторҳои хелаҳои системаи алюминий-силитсий истифода бурдан мумкин аст.

**T.J. Juraev, I.R. Gazizova, M.M. Hakdodov**

**ESTIMATION OF EFFICIENCY OF VARIOUS ELEMENTS OF PERIODICAL SYSTEM AS  
MODIFIERS OF SILUMINES (Al-Si)**

**К ТЕОРИИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ  
ТВЕРДЕЮЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Структурообразование твердеющих композиционных систем зависит от их термодинамической устойчивости. Мерой устойчивости термодинамической системы, как было предложено Дж. Гиббсом [1], служит энергия Гиббса  $\Delta G$ , которая при фазовых превращениях проходит через максимум. Следовательно, для  $\Delta G_{max}$  должны соблюдаться условия:

$$d\Delta G = 0, d^2 \Delta G < 0 \quad (1)$$

Вероятность  $W_i$  таких флуктуационных явлений определяется по следующему выражению [1]:

$$W_i = W_0 \exp \frac{\Delta G_i}{kT}, \quad (2)$$

где  $k$  - постоянная Больцмана;  $T$  - абсолютная температура;  $i$  - вид зародыша. Принимаемое приближение  $\Delta G_i = A_i$ , где  $A_i$  - работа образования зародыша, допустимо по Русанову [2] в таких системах, когда химический потенциал макросистемы практически не изменяется в результате выпадения зародышей новообразования, что имеет место при твердении вяжущих веществ.

Установлено, что применительно к кубическим кристаллам для возникновения трехмерных ( $i=3$ ) и двумерных ( $i=2$ ) зародышей требуется следующая работа образования [1]:

$$A_3 = \frac{32\sigma^3 V_m}{\Delta\mu^2}, a_3 = \frac{4\sigma V_m}{\Delta\mu}, \quad (3)$$

$$A_2 = \frac{4\sigma^2 V_m}{\Delta\mu}, a_2 = \frac{2\sigma V_m}{\Delta\mu}, \quad (4)$$

где:  $a_i$  ( $i=2, 3$ ) – длина ребра равновесного кубического кристалла при двумерном новообразовании;  $V_m$  – объем молекулы;  $\sigma$  – удельная поверхностная энергия;  $\Delta\mu = kT \ln a$  – изменение химических потенциалов;  $a$  – степень перенасыщения раствора.

В работе [3], посвященной вопросам теории твердения вяжущих веществ, дополнительно принимается, что в местах посадки зародыша локализована некоторая удельная поверхностная энергия  $\sigma_{n,2}$  в межфазной области. При этом равновесная форма кристалла представляет собой параллелепипед с квадратным основанием длиной  $a$  и высотой  $h$ ;  $v=h/a$ . Очевидно, что для игольчатой и пластинчатой форм  $v>1$ ,  $v=1$ ,  $v<1$ .

Для удобства в наши расчеты введем понятия среднего значения поверхностной энергии  $\sigma_0$ , коэффициента физико-химической неоднородности  $\chi$  и определим значение поверхностной энергии данной системы  $U$ . Таким образом, имеем:

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_0(1+2v)}{3}, \quad \sigma_1 = \frac{\sigma_0(1+2v)}{3v}, \quad \sigma_0 = \frac{(\sigma_2 + \sigma_1 2v)}{(1+2v)}, \quad \chi = \frac{(\sigma_2 + \sigma_{2,n} - \sigma_1)}{\sigma_2},$$

$$U = \frac{\left( a^2 \chi + \frac{4a\delta}{v} \right) \sigma_2 (1+2v)}{3}.$$

В стадии возникновения, поверхностная энергия по Вальцу-Кюри  $U$  проходит через минимум, поэтому из условия  $dU/da=0$  при  $V=a^2h = const$ , получаем:

$$\delta = 0,5a\chi^v; U_{min} = a^2 \chi \sigma_0 (1+2v). \quad (5)$$

Что касается значения коэффициента  $\chi$ , то при кристаллохимической конгруэнтности между подложкой и новообразованием ( $\sigma_2=\sigma_n$ ,  $\sigma_{2,n}=0$ ) имеем  $\chi=0$ , если же адгезия между зародышем и

подложкой отсутствует ( $\sigma_{2,n}=\sigma_2+\sigma_n$ ), то  $\chi=2$ . Таким образом, предельные значения этого коэффициента будут соответствовать  $0 < \chi < 2$

Если число молекул в одном зародыше равно  $a^2\delta/V_m$ , где  $V_m$  – объем одной молекулы,  $\delta$  – высота зародыша, и в результате фазового превращения химический потенциал изменяется на  $\Delta\mu = \mu - \mu_l$ , тогда с учетом (5) находим изменение свободной энергии в виде

$$\Delta G_3 = \frac{-\Delta\mu a^3 \chi v}{2V_m} + a^2 \chi \sigma_0 (1 + 2v).$$

При удовлетворении условию (1), после несложного расчета для работы образования  $A_{3vk}$ , длины ребра основания  $a_{3vk}$  и высоты зародыша  $\delta$  получаем следующие соотношения [2]:

$$A_{3vk} = A_3 0,5 \chi v \left( \frac{(1+2v)}{3v} \right)^3; \quad a_{3vk} = \frac{a_3 (1+2v)}{3v}; \quad \delta = \frac{a \chi^3 (1+2v)}{6}, \quad (6)$$

здесь  $A_3$  и  $a_3$  взяты из (3) и (4). Легко убедиться в том, что при  $\chi=2$  и  $v=1$  формула (6) переходит в формулу Гиббса (3). Но очевидно, что толщина зародыша не может быть менее одного молекулярного слоя  $\delta_m$ . Поэтому из условия  $\delta > \delta_m$  получаем область применимости полученных результатов:

$$\chi \geq \frac{6\delta_m}{a_3 (1+2v)} = \chi_k$$

Если  $\chi < \chi_k$ , тогда  $\delta = \delta_m = \delta_{min}$ , и для изменения свободной энергии возникновения двухмерных зародышей  $\Delta G_2$  при толщине одномолекулярного слоя получим

$$\Delta G_2 = \frac{-\Delta\mu a^2 \delta_m}{V_m} + \frac{(a^2 \chi_\theta + 4a\sigma_m) \sigma_0 (1+2v)}{3v}.$$

При удовлетворении условию (1), определяем работу образования зародыша  $A_{2vk}$  и размер равновесного зародыша  $a_{2vk}$ . Они будут равны [2]

$$A_{2vk} = \frac{A_2}{\left[ 3v(1+2v) - \frac{a_2 \chi_v}{2\delta_m} \right]}, \quad a_{2vk} = \frac{a_2}{\left[ 3v(1+2v) - \frac{a^2 \chi_v}{2\delta_m} \right]} \quad (7)$$

где  $A_2$  и  $a_2$  определяются также по (4). Зародыши, возникающие по (6) и (7), были названы соответственно квазитрехмерными и квази-двухмерными.

С учетом вышеизложенного рассмотрим некоторые вопросы теории твердения минеральных вязущих веществ.

Как показано П.А.Рибиндером [3], кристаллизационная структура твердеющих систем возникает в результате образования твердофазных мостиков между отдельными частицами, прочности которых найдены в работах [2, 3]. Находясь в своем пересыщенном растворе на расстоянии  $h$  друг от друга, кристаллики покрыты подвижным адсорбционным слоем (по Фольмеру), флуктуационное уплотнение которого может привести к образованию зародыша контакта. Изменение

свободной энергии при этом составит:  $\Delta G = \frac{-\Delta\mu a^2 h}{V_m} + 4ah\sigma_1 + a^2(\sigma_{2,1} - \sigma_2)$ .

Определив по (1)  $d\Delta G=0$ , учитывая при этом, что  $h=const$ , находим диаметр  $a_R$  и работу образования  $A_R$  этого контактного зародыша:

$$a_k = \frac{a_2}{\left[ 1 + \frac{a_2(1-\chi)}{h} \right]}; \quad A_k = \frac{2a_2 h \sigma_2}{\left[ 1 + \frac{a_2(1-\chi)}{h} \right]}, \quad (8)$$

где  $a_k$  и  $A_k$  – равновесный диаметр и работа образования зародыша контакта;  $a_2$  – диаметр двухмерного зародыша по (4).

Так как работа образования  $A_k$  является мерой вероятности этого процесса, вероятность возникновения контактов превратится в достоверность, если  $A_k=A_n$ , где  $A_n$  – работа образования двухмерных зародышей роста, которые обязательно возникают при некотором росте зародышей, который обязательно возникает при перенасыщении раствора ( $a^* = 1,5$ ):

$$A_k = A_n = \frac{4\sigma^* V_m \delta_m}{kT \ln a^*} \quad (9)$$

Из сочетания (8) и (9) находим расстояние  $h_k$ , при котором возникновение контактов так же вероятно, как и возникновение зародышей роста при  $a = a^*$ :

$$\frac{2h}{\delta_m} = \frac{\ln a}{\ln a^*} + \sqrt{\left(\frac{\ln a}{\ln a^*}\right)^2 + \left(\frac{4\varphi}{kT}\right) \cdot \left[\frac{(1-\chi)}{\ln a^*}\right]} \quad (10)$$

Таким образом, кристаллы в пересыщенном растворе сростаются, если расстояние между ними не превышает значения  $h_k$ , по (10). При  $\varphi/kT \approx 2,5$ ;  $\chi \sim 0,5$ ;  $\ln a^* \sim 0,4$ ;  $\ln a/\ln a^* \approx 1$  получаем  $h_k \approx 2,4\delta_m$ . Эти расчеты вполне подтверждают реальность процесса срастания.

Так как возникновение зародышей на подложках значительно более вероятно, чем в объеме раствора, а в объеме находится всегда большее их число [2, 3], то необходимо определить вероятность этого перемещения, то есть их переход с поверхности подложки в объем раствора. Вычитая для этих целей из работы образования зародыша в объеме раствора  $A_3$  по формуле (6) при  $\nu=1$ , получаем энергию отрыва зародыша с поверхности подложки и перехода его в объем раствора  $A_{om}$ :

$$A_{3k} = 0,5\chi A_3; \quad A_{om} = A_3 - A_{3k} = A_3(1 - 0,5\chi). \quad (11)$$

Формула (11) позволяет сделать следующие выводы: если  $\chi < 1$ , то  $A_{om} > A_{3k}$  и  $W_{om} < W_{3k}$ ; это значит, что зародыши закрепляются в основном на поверхности подложек; если  $\chi > 1$ , то  $A_{om} < A_{3k}$  и  $W_{om} > W_{3k}$ . Следовательно, после образования на поверхности зародыши переходят в основном в раствор, где они располагаются в виде коллоидной массы вокруг исходного зерна. Примером для  $\chi > 1$  может служить гипс, для  $\chi < 1$  трехкальциевый силикат или трехкальциевый алюминат.

Не менее важен вопрос о значении кристаллизационного давления, возникающего в отдельных кристаллических сростках. Как известно, изучение этого вопроса известными учеными Шубниковым и Бенкером дало противоречивые результаты.

Теоретическое решение Хаймова-Малькова [2] в этом вопросе свидетельствует в пользу Беккера, но и его формула давления  $P=kT\ln a/V_m$  не дает полного ответа. На самом деле, когда зазор между растущим кристаллом и препятствием заполняется молекулами растущего кристалла, высвобождается свободная энергия, за счет которой и возникает давление  $P$ . Поднимая препятствие на высоту одномолекулярного слоя  $\delta_m$ , осуществляют работу  $E_p = Pa^2\delta_m$ , реализующуюся за счет трех компонентов. Во-первых, в местах контакта площадью  $a^2$  высвобождается энергия  $E_\sigma = a^2(\sigma_1 - \sigma_{1,2} + \sigma_2)$ ; во-вторых, в результате превращения растворенного вещества в твердую фазу высвобождается энергия  $E_\varphi = kT\ln a \cdot a^2\delta_m/V_m$ . Наконец, для формирования перемычки в зазоре между кристалликами требуется поверхностная энергия  $E_a = 4a\delta_m\sigma_1$ . Суммируя эти составляющие энергии, находим после деления на  $a^2\delta_m$  зависимость

$$P = \frac{kT \ln a}{V_m} + \frac{\left(\frac{1 - 0,5\chi - 2\delta_m}{a}\right) 2\sigma_1}{\delta_m}. \quad (12)$$

Подставляя  $kT = 4 \cdot 10^{-21}$  Дж;  $V_m = 1,25 \cdot 10^{-28}$  м<sup>3</sup>,  $\sigma_1 = 2$  Дж/м<sup>2</sup>, находим из (12), что в зависимости от значения  $\chi$  и  $a$  давление может колебаться в широких пределах:  $P = 0 \dots 40 \cdot 10^6$  Па. Очевидно, такое давление определяет в большей степени морозостойкость и солестойкость строительных материалов.

Установлено, что и закономерность последовательности возникновения фаз, обнаруженная Оствальдом [1], объясняется с помощью закономерностей образования новых фаз.

Постепенное самопроизвольное превращение фаз (1→2→3) в системе свидетельствует, по Оствальду, о том, что  $\mu_1 > \mu_2 > \mu_3$ . Но, как показали Мчедлов-Петросян и Полак [5], эта закономерность часто нарушается при возникновении продуктов гидратации цемента или его мономинералов. Можно предположить, что более достоверным является использование показателя вероятности для определения очередности возникновения фаз, то есть  $W(2/1) \sim W(3/2) \gg W(3/1)$ , что с учетом (2)

$$\frac{\varphi_2^3}{(\Delta\mu_2)^2} \chi\left(\frac{2}{1}\right) \approx \frac{\varphi_3^3}{(\Delta\mu_3)^2} \chi\left(\frac{3}{1}\right) \quad (13)$$

Из первых двух членов формулы (13) можно получить

$$\varphi = \frac{(\mu - \mu_2)}{(\mu - \mu_3)} \approx \left( \frac{\varphi_2}{\varphi_3} \right)^3 \left[ \frac{\chi\left(\frac{2}{1}\right)}{\chi\left(\frac{3}{2}\right)} \right]^{1/2}$$

Если  $\mu_2 > \mu_3$ , тогда  $\varphi < 1$  и процесс протекает по Оствальду. При  $\mu_2 < \mu_3$  получим  $\varphi > 1$ , а процесс может протекать в случае, если  $\varphi_2^3 \chi^{1/2}(2/1) > \varphi_3^3 \chi^{1/2}(3/2)$ , в чем и состоит "отклонение" от правила Оствальда, обнаруженное Мчедловым-Петросяном в результате анализа условия твердения цемента [5]. Правилom последовательности возникновения фаз определяется вероятность этого процесса по Вольмеру [5], с учетом межфазной энергии, сконцентрированной в местах возникновения новых твердых фаз.

Таким образом, вероятность образования зародышей зависит не только от поверхностной энергии новообразования  $\varphi = 2\delta_m^2 \sigma$ , химического потенциала  $\Delta\mu = kT \ln a$  и температуры  $T$ , но также и от значения межфазной энергии ( $0 < \chi < 2$ ) и габитуса кристаллов  $v$ . Отметим, что при  $v=1$  работы образования  $A_{3vk}$  и  $A_{2vk}$  переходят соответственно в работу  $A_{3k}$  и  $A_{2k}$ , которые при  $\chi = 2$  превращаются в работу  $A_3$  и  $A_2$ .

*Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими*

#### Литература

1. Гиббс. Дж. Термодинамика. Статическая механика. -М.: Наука, 1982. -С. 584.
2. Ребиндер М.А. и др. VI конгресс по химии цемента. Т.2, кн. 1. -М.: Стройиздат, 1976. -С. 58-64.
3. Полак А.Ф. Физико-химические основы гидратации вяжущих веществ. -Докл. АН СССР. - Т. 274. -№ 3. -1984. -С. 647-651.
4. Щукин Е.Д., Оляшко Е.А. и др. -Докл. АН СССР. -Т.213. -1973. -С. 155.
5. Mschedlow-Petrosian O.P., Polak A.F. Silikattechnik, 22. -1971. -Н 2. -S. 19.

#### Саидов Ҷ.Ҳ., Саидов Р.Ҳ., Умаров У.Ҳ. ОИД БА НАЗАРИЯИ СОХТОРБАНДИИ СИСТЕМАҶОИ КОМПОЗИТСИОНИИ САХТШАВАНДА

Дар мақола проблемаҳои мавҷудияти системаҳои композитсионӣ мавриди муҳокима қарор гирифта аст. Зикр мешавад, ки сохторбандии системаҳои композитсионии дар мадди назарбуда аз қавияти термодинамикӣ вобастагии ҳос дорад. Дар асоси пешниҳоди стохастӣ муайян шудааст, ки эҳтимолияти тапаққули тавлидот на фақат аз энергияи сахии ба амал омадани навташаққулият  $\Delta = 2 \Delta_m^2 \Delta$ , потенциали кимиёвӣ  $\Delta\mu = kT \ln a$  ва температура (ҳарорат)  $T$ , балки ҳамчунин аз бузургии энергияи байнифазавӣ ( $0 < \Delta < 2$ ) ва габитуси кристаллҳо  $v$  вобастагӣ дорад.

**J.H. Saidov, R.H. Saidov, U.H. Umarov**

**TO THE THEORY OF STRUCTURIZATION COMPOSITION SYSTEMS**

**ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОРНОГО РЕГИОНА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Климатические условия горных регионов подчинены закономерности высотной поясности — горный рельеф способствует образованию вертикальной зональности климатов. Это явление заключается в том, что в горах изменение метеорологических элементов с высотой создает быстрое изменение всего комплекса климатических условий.

При работе автотранспортных средств в горных условиях на большой высоте в значительных пределах изменяется давление, влажность, плотность и температура воздуха, что оказывает значительное влияние на эффективность работы, прежде всего, вакуумных приборов.

Анализ проведенных исследований показывает, что существующие зависимости изменения показателей атмосферных условий от высоты местности над уровнем моря не в полной мере учитывают особенностей горных условий.

Влияние изменения концентрации компонентов воздуха с высотой значимо, и этот фактор необходимо учесть не только для теоретической полноты картины, но и для адекватного описания реального процесса в экстремальных горных и высокогорных условиях.

Возникает необходимость в решении задачи, заключающейся в установлении закономерностей изменения параметров внешней среды с углубленным учетом особенностей горных условий эксплуатации автомобилей, позволяющем адекватно отражать реальную картину процесса.

В работе [1] с использованием уравнений статики атмосферы и состояния реального газа (уравнение Ван-дер-Ваальса) выявлены закономерности изменения параметров горной среды в зависимости от высоты местности над уровнем моря  $P=f(h)$ ,  $T=f(h)$ ,  $\rho=f(h)$ :

$$T = T_0(1 - \beta h) ;$$

$$P = P_0(1 - \beta h)^{3,22} \left[ 1 - 1,77b(1 - \beta h)^{2,22} \right] \left[ 1 - 3,94a10^{-5}(1 - \beta h)^{1,22} \right]$$

$$\rho = \rho_0(1 - \beta \cdot h)^{2,22} \left[ 1 - 5,5 \cdot 10^{-5} a(1 - \beta h)^{1,22} - 2,97b(1 - \beta h)^{2,22} + 0,12ab \cdot (1 - \beta h)^{3,44} \right].$$

Результаты сопоставительного анализа подтверждают, что данные, полученные с использованием уравнения реальных газов, близки к экспериментально измеренным величинам, то есть наиболее адекватно описывают реальный процесс изменения параметров горной среды.

Установленные закономерности  $P(h)$ ,  $T(h)$ ,  $\rho(h)$  могут быть реализованы не только для оценки экономических и экологических показателей двигателей внутреннего сгорания (ДВС), но и для уточнения их рабочих процессов, эффективности вакуумных приборов, производительности компрессоров, нарушения теплового режима трансмиссии и др.

Величина разрежения в месте отбора воздуха для вакуумных приборов (усилителя тормозов, механизма открывания дверей автобуса и пр.) выразится известным уравнением [2]:

$$\Delta P_0 = (1 + b_0) \left( C_{nop} \cdot \frac{F_{nop}}{f_1} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{2g} = 0,051 \cdot K_{\Delta} \cdot n_m^2 \cdot \rho,$$

где  $b_0$  - коэффициент сопротивления впускной системы;  $C_{nop}$  - скорость поршня, м/с;  $F_{nop}$  - суммарная площадь поршней в цилиндрах, где производится всасывание, м<sup>2</sup>;  $f_1$  - наименьшее сечение впускной системы, м<sup>2</sup>;  $K_{\Delta}$  - коэффициент пропорциональности, зависящий от вышеуказанных параметров двигателя;  $n_m$  - частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин.

Пусть при данном режиме работы двигателя и при данной температуре окружающего воздуха величина разрежения на уровне моря составляет  $\Delta P_0$ , МПа. Тогда, при тех же условиях, разрежение на высоте  $h$  км над уровнем моря составит:

$$\Delta P = \Delta P_0 \cdot P(h),$$

где  $P(h)$  - высотный коэффициент эффективности вакуумных приборов (см. табл.1).

Таблица 1

Зависимость высотного коэффициента эффективности вакуумных приборов

$h, \text{ км}$	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
$P(h)$	1.00	0.94	0.89	0.83	0.78	0.73	0.68	0.64	0.59	0.56	0.51

Очевидно, что величина  $\Delta P$  есть наибольшая возможная разность движений, действующих на диафрагму вакуумного прибора. Поэтому, как это видно из таблицы, при высоте над уровнем моря свыше 2...2.5 км можно ожидать ощутимого снижения эффективности вакуумных приборов.

Системы регулирования автомобильных компрессоров работают от разности давлений нагнетаемого и окружающего воздуха. Поэтому при достаточно большой производительности компрессора избыточное давление воздуха в пневмосистеме ( $P_p$ , МПа) не зависит от высоты над уровнем моря, тогда как производительность компрессора в значительной степени зависит от давления окружающего воздуха, а следовательно, от высоты над уровнем моря. В самом деле, условие поддержания номинального давления воздуха в ресиверах автомобиля имеет вид [2]:

$$G_{ВП} \geq G_{БР},$$

где  $G_{ВП}$  - вес воздуха, поступающего в ресиверы от компрессора, кг;  $G_{БР}$  - вес воздуха, расходуемого из ресиверов, кг. Величина  $G_{БР}$  зависит главным образом от объема потребляющих сжатый воздух аппаратов и от частоты пользования ими, а следовательно, определяется конструкцией автомобиля и условиям и его движения. Известно, что если производительность компрессора на уровне моря составляет  $G_{ВПО}$ , кг/ч, то на некоторой высоте над уровнем моря она составит:

$$G_{ВП} = \mathcal{G}_{ВЗ} \cdot G_{ВПО},$$

где  $\mathcal{G}_{ВЗ}$  - высотный коэффициент производительности компрессора [2]. Влияние высоты над уровнем моря на величину  $\mathcal{G}_{ВЗ}$  приведено в табл. 2.

Таблица 2

Влияние высоты над уровнем моря на высотный коэффициент производительности компрессора

Величина вредного пространства компрессора	Величина $\mathcal{G}_{ВЗ}$ при высоте над уровнем моря, км				
	0	1	2	3	4
0.02	1.0	0.89	0.806	0.721	0.648
0.06	1.0	0.869	0.75	0.646	0.566

Как видно из табл.2, с увеличением высоты над уровнем моря производительность компрессора снижается тем интенсивнее, чем больше величина вредного пространства. В зависимости от величины вредного пространства компрессора ощутимое снижение его производительности соответствует высоте 1.5...2.0 км над уровнем моря.

Таким образом, по мере увеличения высоты над уровнем моря давление, влажность, плотность и температура окружающего воздуха существенно снижаются. Это оказывает значимое воздействие на степень повышения давления в компрессоре и присоединенном оборудовании, что на практике означает влияние на мощность и потребление сжатого воздуха. В то же время эти изменения влияют на номинальную мощность двигателей внутреннего сгорания.

При выборе вакуумных приборов необходимо учитывать параметры горной среды (высота над уровнем моря, давление, влажность и температуру воздуха), которые прежде всего воздействуют на следующие показатели: максимальное рабочее давление, производительность, потребление энергии и требования к охлаждению. Наиболее важным фактором является изменение давления воздуха на входе компрессора на большой высоте. Это означает, например, что для компрессора со степенью повышения давления 8.0 на уровне моря, степень повышения давления на высоте 3000 м составит 11.1 (при постоянном рабочем давлении). Это влияет на КПД, а, следовательно, и на потребление энергии. Кроме того, разреженность воздуха на

большой высоте ухудшает охлаждение, снижение давления и влажности воздуха уменьшают содержание кислорода во всасываемом воздухе и тем самым уменьшают мощность двигателя. Степень уменьшения мощности на валу зависит от типа двигателя. Например, если для атмосферного двигателя уменьшение мощности на 1000 м составляет 12%, то для двигателя с наддувом – 8%. При этом мощность двигателя падает быстрее требуемой мощности на валу компрессора. Это означает, что для каждой комбинации компрессор/двигатель существует максимальная высота, на которой возможна эффективная эксплуатация.

#### **Выводы**

1. Влияние изменения концентрации компонентов воздуха с высотой на эффективность работы вакуумных приборов значимо, чего следует учитывать для адекватного описания реального процесса в экстремальных горных условиях.

2. Результаты сопоставительного анализа существующих закономерностей с предлагаемой методикой подтверждают, что данные, полученные с использованием уравнения реальных газов, близки к экспериментально измеренным величинам и могут быть использованы для уточнения протекающих в вакуумных приборах процессов.

3. Значительное снижение эффективности вакуумных приборов наблюдается при высоте над уровнем моря свыше 2...2.5 км.

4. В зависимости от величины вредного пространства компрессора осязаемое снижение его производительности соответствует высоте 1.5...2 км над уровнем моря.

*Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими*

#### **Литература**

1. А.А. Турсунов. Управление работоспособностью автомобилей в горных условиях эксплуатации. Автореф. дисс. д-ра техн. наук, Владимир, 2002. - 42 с.

2. Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы автомобилей высокой проходимости в специфических климатических условиях. Научно-технический отчет, ГР № 81043247, Москва, 1982г. – 224 с.

**А.А. Турсунов, А.М. Умирзаков**

### **ТАЪСИРИ ОБУ ҲАВОИ МАНОТИҚИ КЎҲИСТОН БА САМАРАНОКИИ КОРИ ВОСИТАҲОИ НАҚЛИЁТӢ**

Дар мақола нишон дода шудааст, ки таъсири тағйирёбии таркиби ҳаво бо дарназардошти балансии муҳит аз сатҳи баҳр ба самаранокии воситаҳои нақлиёти автомобилӣ, пеш аз ҳама асбобҳои бо ҳаво коркунанда, хеле зиёд аст. Ба назар гирифтани ин омил барои аз ҷиҳати назариявӣ пурра тавсиф додани ин ҷараён мусоидат менамояд. Қонуниятҳои тағйирёбии параметрҳои иқлими кӯҳсор муқаррар карда шудаанд. Татбиқи усули пешниҳодшуда хангоми баҳо додани таъсири иқлими кӯҳсор ба самаранокии асбобҳои бо ҳаво коркунанда нишон дода шудааст.

**A.A. Tursunov, A.M. Umirzakov**

### **MATEOROLOGICAL INFLUENCE ON THE WORK OF VEHICLES AND ITS EFFECTIVENESS IN MOUNTAIN REGIONS**

Нигматов И.И., Усманов Ш.З.\*

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ СОГДИЙСКОЙ ОБЛАСТИ**

Необходимость экономии тепловой энергии, в первую очередь реализации комплекса мероприятий по энергосбережению, в настоящее время не вызывает сомнения. Проблемы снижения энергозатрат жилых зданий в условиях Согдийской области актуальными были практически всегда. Вопросы системного подхода к энергоресурсосбережению в жилых зданиях должны выдвигаться в качестве приоритетных.

Нормативная база по проектированию и строительству зданий развивалась в области в соответствии с потребностью общества. До конца 80-х годов прошлого века основное внимание уделялось стоимости строительства, то есть минимизации капитальных затрат, и несколько не учитывались эксплуатационные затраты, поскольку топливо было дешевым и наиболее легкодоступным. В городах централизованное теплоснабжение позволяло обеспечивать теплом здания практически бесплатно. Плановая экономика, существовавшая в то время, требовала, чтобы нормативная база отвечала правилам гигиены, безопасности и экономии строительства. На нужды отопления в бывшем Союзе уходило около одной трети из всего добываемого в стране топлива (или около 250 млн. тонн в угольном эквиваленте).

Анализ опыта проектирования и строительства зданий с повышенными теплозащитными качествами за последние 20 лет показал, что одной из основных причин, сдерживающих реализацию программ энергоресурсосбережения в строительстве, является прежде всего несовершенство нормативно-правовой базы, проявляющейся в отсутствии четких и ясных критериев, позволяющих оценить эффективность тех или иных технических решений. Слабо учитывались экономические и социальные особенности региона, отсутствовали сопоставимые показатели конечных потребительских качеств жилых зданий с различными объемно-планировочными решениями [1].

Фонд жилых зданий Согдийской области, с точки зрения энергоиспользования, является весьма неэффективным. Проводимая в прошлые годы политика «дешевых» энергоносителей привела к строительству зданий с невысоким уровнем теплозащиты, а отсутствие средств регулирования и учета расхода тепловой энергии, горячей и холодной воды, природного газа создавали условия для их расточительного потребления.

Согдийская область в строительной сфере существенно отстает от развитых стран в эффективности энергопотребления. Уровень теплозащиты жилых зданий существенно ниже современных нормативных требований, предъявляемых к теплопередаче ограждающих конструкций зданий.

Согдийская область, находящаяся в IV-климатическом районе, характеризуется не только перегревным летним периодом, но и значительно низким температурным режимом в зимний период. Поэтому, наряду с требованием к теплоустойчивости ограждений по летним условиям, наружные стены и крыши жилых зданий должны обладать соответствующей теплоизоляцией, отвечающей и зимним условиям, которые в отличие от расчетных требований предшествующих норм, сегодня оказываются наиболее существенным показателем, и, согласно современным требованиям, теплозащитные показатели возрастают более чем в два раза для наружных стен и более чем в три раза для покрытий зданий.

Об этом свидетельствуют принимаемые в зарубежной практике новые нормативные показатели, используемые при проектировании зданий. Только в этом случае можно обеспечить условие, когда само здание «защищает себя» от неблагоприятных воздействий внешней среды. Такие здания можно отнести к энергоэффективным зданиям.

В ряде стран для расчета сезонных потерь тепла используется метод «градусо-дней», основанный на том, что в неотапливаемом здании в среднем температура внутри помещения в результате случайного накопления тепла должна быть выше, чем снаружи. Эта разность («а») для традиционной постройки составляет примерно 3-4 °С. В таблице приведены значения «а» для отдельных видов зданий и помещений [2-3].

Теоретически здание должно отапливаться только тогда, когда наружная температура понижается на величину большую, чем указано в таблице для соответствующей внутренней температуры. Наружная температура, которая ниже внутренней, предусмотренной в проекте на табличную величину, считается «базовой» температурой. При разности 3 °С и внутренней запланированной температуре 18 °С базовая температура составляет 15 °С. Для дня, когда

средняя дневная температура на 1 °С ниже базовой температуры, разница в 1 °С может быть использована в расчетах потерь тепла и потребления энергии, и такой день дает 1 градусо-день. Один день, когда температура ниже базовой на 2 °С, или два дня с температурой на 1 °С ниже базовой дают 2 градусо-дня, и т.д. Таким образом, по количеству градусо-дней можно оценить суровость климата конкретного региона.

Таблица

**Исходная разность наружных и внутренних температур («а»)**

Тип здания	Структура здания, помещения	«а» (°С)
1	Здание с большой площадью внешнего остекления, громоздкими внутренними ограждающими конструкциями и теплоемким отопительным оборудованием	5-6
2	Здания с одним или двумя вышеуказанными факторами	4-5
3	Традиционные здания с нормальным остеклением, оборудованием и заселенностью	3-4
4	Малозаселенные здания с нетеплоемким отопительным оборудованием (или без него) и малой площадью остекления	2-3
5	Жилые помещения	5-8

Для условий Согдийской области при отопительном периоде около 150 суток количество градусо-дней составляет примерно 1900.

Расход энергии, необходимой для обогрева жилых зданий при радиационной (лучистой) системе, более эффективен по сравнению с конвективной системой.

Об этом свидетельствуют полученные расчетные показатели по наиболее характерным проектам жилых зданий в Согдийской области.

Для жилой комнаты объемом 54 м<sup>3</sup> (6х3х3м) при средней расчетной температуре внутреннего воздуха 18 °С, наружной температуре -16 °С и кратности воздухообмена 2,5 об/час общие потери тепла через наиболее характерные типы ограждения за счет теплопередачи следует определить по зависимости

$$Q_{огр} = \sum F \cdot a (t_{п} - t_{н}),$$

где  $t_{п}$  – температура воздуха в помещении (°С);

$t_{н}$  – температура наружного воздуха (°С);

$F$  – площадь поверхностей (м<sup>2</sup>);

$a$  – коэффициент теплопередачи (Вт/м<sup>2</sup> °С).

При  $\sum F = 91,5 \text{ м}^2$   $\sum F \cdot a = 98,65 \text{ (Вт/°С)}$

$$Q_{огр} = 3354,1 \text{ Вт.}$$

В случае конвективного отопления приведенное теплопоглощение инфильтрационного воздуха определяется по зависимости:

$$C_{вент.} = \frac{Vn \cdot n}{3} \left( 1 + \frac{\sum Fa}{4,8 \sum F} \right),$$

где  $V_{п}$  – объем помещения (м<sup>3</sup>);  $n$  – кратность воздухообмена в час (об/ч).

В нашем случае

$$C_{вент.} = \frac{54 \cdot 2,5}{3} \left( 1 + \frac{98,65}{4,8 \cdot 91,5} \right) = 54,9 \text{ Вт/К.}$$

Тогда потери тепла на нагревание инфильтрационного воздуха составят

$$Q_{вент.} = C_{вент.} (t_{п} - t_{н}),$$

$$Q_{вент.} = 54,9 \cdot 34 = 1866,6 \text{ Вт.}$$

Суммарная тепловая нагрузка будет равна

$$Q_{OГP} + Q_{BEHT} = 3354,1 + 1866,6 = 5220,7 \text{ Вт (5,2 кВт)}.$$

В случае радиационного (лучистого) отопления  $C_{вент}$  можно определить по зависимости:

$$\frac{1}{C_{вент}} = \frac{3}{Vn \cdot n} + \frac{1}{4,8 \sum F}$$

и, подставляя значения, получим:

$$C_{BEHT} = 44,8 \text{ Вт/к}.$$

Отсюда потери тепла на нагревание инфильтрационного воздуха составят:

$$Q^1_{BEHT} = 44,8 \times 34 = 1523,2 \text{ Вт}.$$

а суммарная тепловая нагрузка будет равна:

$$Q_{OГP} + Q^1_{BEHT} = 3354,1 + 1523,2 = 4877,3 \text{ Вт (4,88 кВт)}.$$

Таким образом, система радиационного отопления оказывается эффективнее конвективного.

При этом необходимо иметь ввиду, что отношение площади поверхности к объему является весьма важным показателем. Поэтому от выбора в проектных решениях длины, ширины и высоты здания их соотношения и величины зависят теплопотери и теплопоступления в здание [3].

*Таджикский технический университет им.акад.М.С.Осими*

\* *Худжанский филиал Таджикского технического университета  
им.акад.М.С.Осими*

### Литература

1. Табунщиков Ю.А. Научные основы проектирования энергоэффективных зданий. «Эско». Экологические системы. 2002, №3.
2. Маркус Т.А., Марио Э.Н. Здания, климат и энергия. М.: Гидрометеиздат. 1985.
3. Нигматов И.И. Особенности архитектурно-строительного проектирования зданий, возводимых в условиях жаркого климата Центральной Азии. Душанбе. 1993.

**И.И. Нигматов, Ш.З. Усманов**

### САРФАИ БАҶҚ ДАР БИНОҲОИ ИСТИҚОМАТИИ ВИЛОЯТИ СУҒД

Муаллифони мақола масоили сарфаи барқро дар биноҳои истиқоматии вилояти Суғд пажӯҳиш кардаанд.

Масъалаҳои баланд бардоштани сифати иморатҳо, оид ба гармигузаронӣ, ба танзим даровардани базаи низоми ҳуқуқӣ баррасӣ шуда, нишонаҳои асосе, ки ба онҳо қисмҳои иморатҳо вобаста ба шароити минтақаҳо ҷавобгӯ ҳастанд, асоснок гардидаанд. Дар баррасии ин масъала муаллифони таҷрибаи кишварҳои хориҷиро низ таҳлил кардаанд.

**I.I. Nigmatov, Sh. Z. Usmanov**

### ENERGY SUPPLY THE OF DWELLINGS IN SUGHD REGION

Н.Х.Якубов, А.Гиясов

## УЧЕТ МЕСТНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ РАСЧЕТЕ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Действующим МКС ЧТ 31-01-2005 «Здания жилые многоквартирные» требования к жилищу формируются на основе учета средних температур и скорости ветра за июль месяц. Целесообразно уточнение методики оценки климатической среды следующим обстоятельствам.

Используемые в соответствии с СНиП климатические данные являются средними и характеризуют отдельные климатические параметры за летний период. При этом исключается возможность комплексного влияния климата, а значит, и выявление наиболее активного его воздействия на жилище, определяемое инсоляцией его поверхностей в виде микроклиматической оболочки здания при штилевых условиях.

Карта климатического районирования, приведенная в СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика», построена на основе климатических данных и характеризует принципиальные требования к жилищу для значительных территорий. При этом учет местных особенностей климата, формирующегося на территории города и в зоне жилища в виде микроклиматической оболочки, определяемого влиянием объемно-планировочной структуры и подстилающей поверхностью застройки, практически отсутствует.

Новый метод оценки климата жарко-штилевых условий основан на комплексном учете фоновых и местных климатических особенностей, формируемых самой застройкой и зданием применительно к проектированию жилищ и жилых образований.

Значительное количество тепла вносится в помещения с горячим наружным воздухом, проникающим либо через открытые проемы в момент проветривания квартир, либо через ограждения благодаря инфильтрации наружного воздуха. Это явление наблюдается при нагревании инсолируемой стены и прилегающей подстилающей поверхности территории. При этом в пристенном слое формируется отличительная от городского климата и мезоклимата городского каньона микроклиматическая зона с собственным тепло-ветровым режимом, имеющая непосредственную связь с микросредой помещения, ограждающей стеной и свето-проемом.

Необходимая для теплофизического расчета величина амплитуды колебаний температуры на наружной поверхности конструкции определяется колебаниями температуры наружного пристенного воздуха и тепловым эффектом солнечного облучения.

Для любого момента суток температура наружного пристенного слоя воздуха определяется по формуле

$$t_n^{np} = t_{cp}^{np} + A_{th}^{np} \cdot \cos \frac{2\pi}{T} \tau, \quad (1)$$

где:  $A_{th}^{np}$  - максимальное отклонение температуры от ее среднего значения или амплитуда колебания температур наружного пристенного слоя воздуха;  $t_{cp}^{np}$  - среднее значение температуры наружного пристенного слоя воздуха;  $T$  – период колебаний, равный 24 ч;  $\tau$  – время.

В формировании пристенной микроклиматической зоны с тепло-ветровыми показателями существенную роль играет термический режим вертикальных стен и горизонтальных подстилающих поверхностей, условия их инсоляции, степень теплоусвоения, теплоаккумуляция, теплоотдача в прилегающую воздушную среду, а также соотношение светопрозрачной и глухой части ограждения и др.

Передача тепла внутрь помещений через стены и другие непрозрачные конструкции происходит главным образом из-за периодических повышений температуры на наружной

поверхности ограждений вследствие повышения температуры пристенного слоя воздуха в течение дня и действия солнечной радиации.

Тепловой расчет ограждающих конструкций производится исходя из наружной суммарной температуры, возникающей под влиянием воздействий наружного пристенного воздуха и солнечной радиации, по формуле

$$t_{н\text{ сум}} = t_{н}^{np} + t_{экв} = t_{н}^{np} + \frac{\rho Q}{\alpha_n}, \quad (2)$$

где:  $t_{н}^{np}$  – температура пристенного слоя воздуха, (°C), принимается согласно формулам (3) и (4);  $\rho$  – коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхностью ограждения, принимается согласно СНиП II-3-79\*;  $Q$  – интенсивность суммарной солнечной радиации, падающей на наружную поверхность, принимается согласно СНиП 2.01.01-82;  $\alpha_n$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающих конструкций, определяемый зависимостью  $\alpha_n = 5,9 \sqrt{\Delta t}$ .

В СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника» некоторые величины внешних климатических факторов, используемые в расчетных формулах, требуют соответствующей корректировки для экстремального жарко-штилевого климата.

Необходимая для теплотехнического расчета величина амплитуды колебаний температуры на наружной поверхности ограждающих конструкций определяется колебаниями температуры пристенного наружного воздуха и тепловым эффектом солнечного облучения.

Измерения температуры воздуха в пристенном слое воздуха, произведенные в течение летних месяцев на протяжении 3-х лет, показали отклонение температуры  $t_n$  от данных СНиП. В связи с этим рекомендуется при расчете амплитуды колебаний температуры ( $A_n$ ) значение  $t_n$  увеличить по сравнению с данными СНиП 2.01.01-82: для стены, ориентированной на юг, на 14%, для стен, ориентированных на восток и запад, на 16%

$$t_{н}^{южн} = 1,14 \cdot t_{н}^{СНиП} \quad (3)$$

$$t_{н}^{вост.,зап} = 1,14 \cdot t_{н}^{СНиП} \quad (4)$$

В СНиП II-3-79\* также приводится амплитуда действительных (суммарных) колебаний температур на поверхности ограждений

$$A_{н}^{рас} = 0,5 A_{н}^{эксп} + \frac{\rho (Q_{мак} - Q_{ср})}{\alpha_n}, \quad (5)$$

где:  $Q_{мак}$ ,  $Q_{ср}$  – соответственно максимальное и среднее значения суммарной радиации, принимается согласно СНиП 2.01.01-82;  $\alpha_n$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающих конструкций;  $A_{н}^{эксп}$  – максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле, (°C), принимается согласно главе СНиП 2.01.01-82 с учетом наших следующих корректировок, учитывающих ориентацию стен, нагрев стены и пристенного слоя воздуха.

Значение максимальной амплитуды суточных колебаний температуры наружного воздуха с учетом ориентации стен при коэффициенте отражения  $A = 0,55$ :

$$A_{н}^{эксп} = A_{н}^{СНиП}, A_{н}^{эксп} = 1,07 A_{н}^{СНиП}, A_{н}^{эксп} = 1,28 A_{н}^{СНиП}, A_{н}^{эксп} = 1,45 A_{н}^{СНиП}$$

Полученные результаты исследования позволяют усовершенствовать расчет теплоустойчивости ограждающих конструкций и уточняют внешние тепловые воздействия на микроклимат здания в летних жарко-штилевых условиях климата.

На этом основании можно сделать заключение, что при расчете ограждающих конструкций на теплоустойчивость в соответствии с п.3.1 СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника» необходим учет тепловых изменений в пристенном слое воздуха.

Рассмотрим решение следующей задачи теплоустойчивости крупнопанельных стен толщиной 30 см из керамзитобетона плотностью  $\gamma=1400\text{кг/м}^3$ , наиболее применяемых в южных городах, ориентированных на запад согласно данным СНиП и по нашим экспериментальным данным.

Произведем сравнительный расчет теплоустойчивости стены при следующих экспериментальных данных с данными СНиП (таблица 1).

Сравнительный анализ показывает, что справочные климатические данные и коэффициент теплоотдачи, используемые при расчете теплоустойчивости стен здания в районах жарко-штилевыми условиями и требуют соответствующей корректировки. Подбор толщины стен должен производиться с учетом особенностей местных условий. Это подтверждают результаты проведенных натурных наблюдений дневного температурного режима помещений в зданиях Душанбе. В связи с недостаточной теплоустойчивостью керамзитобетонных стен толщиной 30 см в помещениях зданий, ориентированных на запад, восток и юг, температуры воздуха больше время светового дня выходят из зоны комфорта  $+26^\circ\text{C}$ , достигая максимального значения  $+30\dots+31^\circ\text{C}$ .

Микроклимат пристенного слоя воздуха в значительной степени влияет на внутренний микроклимат помещения, поскольку ограждающие конструкции здания не могут обладать идеальной герметичностью, а при открытом эксплуатационном режиме помещения в период с 16 до 18 ч нарушается ограниченная герметичность. Поэтому внутренний микроклимат в зданиях с высокой степенью герметизации ограждающих конструкций между отдельными помещениями приходится рассматривать для целой группы смежно-расположенных помещений, или даже для всего здания в целом.

Таблица 1

Сравнительная таблица расчетных данных ограждения на теплоустойчивость

Показа-тели	Единица измерения	СНиП	Экспериментальные данные	Сравнения
$t_n$	$^\circ\text{C}$	27.9	32.5	+
$A_{\text{тн}}$	$^\circ\text{C}$	25.7	36.3	+
$\lambda$	$\text{Вт/м}^\circ\text{C}$	0.56	0.56	
$S$	$\text{Вт/м}^2^\circ\text{C}$	0.75	0.75	
$P$		0.55	0.55	
$A_n$	$\text{Вт/м}^2^\circ\text{C}$	23.0	9.85	-
$A_{\text{тн}}^{\text{тр}}$	$^\circ\text{C}$	1.81	1.35	-
$A_{\text{тн}}^{\text{расч}}$	$^\circ\text{C}$	26.04	49.65	+
$N$		24.4	32.6	+
$A_{\tau_n}$	$^\circ\text{C}$	1.06	1.52	+

Кроме процессов передачи тепла через ограждающие конструкции, в любых зданиях большое значение для внутреннего микроклимата имеет воздухообмен.

Разность общих давлений, вызывающая естественный перенос воздуха, возникает из-за перепада температур внутреннего и наружного пристенного воздуха, то есть за счет теплового напора. Воздухообмен между пристенным микроклиматическим слоем воздуха и помещением, а также между помещениями, обращенными к облучаемому и теневому фасаду, определяется гравитационным давлением, формируемым условиями инсоляции стен, ориентированных на сторону света, термическим режимом стен, тепловым режимом помещений и пристенных слоев воздуха.

## **Литература**

1. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические осно-вы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). – М.: Высш. школа, 1982, 414 с.
2. Ильинский В.М. Строительная теплофизика (ограждающие кон-струкции и микроклимат зданий). – М.: Высшая школа, 1974, 318 с.

**Н.Х. Ёкубов, А. Гиёсов**

### **БАНАЗАРГИРИИ ОМИЛҲОИ ИҚЛИМИ МАҲАЛЛӢ ҲАНГОМИ ҲИСОБКУНИИ ГАРМИТОБОВАРИИ КОНСТРУКСИЯҲОИ ИҲОТАВӢ**

Дар ин мақола методҳои ҳисоб кардани конструкцияҳои иҳотавии ба гармӣ тобоваранда барои биноҳое, ки дар шароити иқлими гарм сохта мешаванд, бо дарназардошти таъсири иқлими маҳал дар ҳолатҳои ғавқулоддаи бешамолии обу ҳаво, ки ба вазъияти гармии хона таъсири калон мерасонанд, баррасӣ шудаанд.

**N.X. Yakubov, A. Giyasov**

### **CALCULATION OF THE LOCAL CLIMATIC FACTORS IN THE ACCOUNT OF THERMAL STABILITY OF ENCLOSED CONSTRUCTIONS**

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПАНЕЛЕЙ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ В КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ

Исследование теплотехнических свойств панелей в климатической камере лаборатории теплового и воздушного режима зданий ЦНИИИЭПжилища г. Москвы, в условиях стационарной теплопередачи проводилось с целью оценки термических сопротивлений панелей в целом и каждого из их конструктивных слоев, распределения температуры в толще стен и на их поверхностях, наблюдений за миграцией влаги, а также для определения влияния эксфильтрации и инфильтрации на термические характеристики испытываемых панелей.

Теплотехнические исследования проводились на четырех фрагментах стеновых панелей (П-1, П-2, П-3, П-4) с образованием стыка несущей железобетонной перегородки (внутренней стеновой панели П-5) с панелями П-1 и П-2 [1].

Испытуемые стеновые панели были смонтированы на подвижной кассете в зоне работы подъемного крана и помещены в климатическую камеру, после чего в зоне панелей П-1 и П-2 к ним был присоединен фрагмент внутренней стены П-5, а стык заделан.

При этом в теплом отделении климатической камеры поддерживались параметры внутреннего воздуха, соответствующие нормам проектирования для жилых зданий (влажность  $\phi_e = 55\%$ , температура  $t_e = 18 \pm 2^\circ\text{C}$ ), а в холодном отделении – температура  $t_n = -20^\circ\text{C}$ .

Измерение температуры на поверхностях панелей, внутри стыка панелей П-1, П-2 и П-5, на границах конструктивных слоев панелей, а также температур воздуха в холодном и теплом отсеках осуществлялось дистанционно с помощью медь-константановых термопар и электронного вольтметра марки В7-21.

Термопары на поверхностях панелей закреплялись гипсом после монтажа конструкций в камере. Помимо термопар, параметры воздушной среды в камере круглосуточно регистрировались термографом и гигрографом и периодически контролировались аспирационным психрометром Ассмана. Для измерения плотности теплового потока на поверхности панелей были установлены тепломеры, присоединенные к самопишущим потенциометрам КСП-4.

Проводилось непрерывное наблюдение за разностью атмосферных давлений воздуха и влажностью материалов стеновых панелей. Влажность материалов определялась посредством взятия проб из конструкции шлямбуром и их последующего высушивания в сушильном шкафу при температуре 60 и 105°C. В ходе исследований теплотехнических свойств панелей наружных стен различных конструкций толщина панелей была принята одинаковой, равной 250 мм. Величины термических сопротивлений панелей определялись в соответствии с ГОСТ 26254 – 84 [1].

Величина фактического значения плотности теплового потока определялась расчетным путем по формуле:

$$q_\phi = \frac{q(\tau_B - \tau_H)}{(\tau_{T.B} - \tau_H) - q(R_T + R_C)}, \quad (1)$$

где  $q$  – средняя за расчетный период измерений плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup>;  $\tau_B$ ,  $\tau_H$ ,  $\tau_{T.B}$  – средние за расчетный период измерений значения температур соответственно внутренней и наружной поверхности панелей,

а также поверхности тепломера, обращенной внутрь камеры, °С;

$R_T$  и  $R_C$  – термические сопротивления тепломера и слоя материала (гипса толщиной 1,5 мм при его расчетной влажности), прикрепляющего тепломер к конструкции (м<sup>2</sup>·К)/Вт, в данном случае можем воспользоваться значением

$$R_C = \frac{0,0015}{0,042} = 0,003 \text{ (м}^2\text{·К)/Вт.}$$

Для определения приведенного сопротивления теплопередачи поверхность панели П-1 была разбита на 8 зон, а панелей П-2, П-3 и П-4 – на три зоны (см. рис. 1). Внутри каждой зоны подсчитывались средние температуры поверхности  $\tau_{e,i}$  и  $\tau_{n,i}$  и сопротивления теплопередаче зоны  $R_{o,i}$ , после чего  $R_o^{np}$  вычислялось по формуле:

$$R_O^{PP} = \frac{F}{\sum \frac{F_i}{R_{0,i}}}, \quad (2)$$

где  $F$  и  $F_i$  - площади поверхностей панелей и каждой из зон,  $m^2$ .

Сопrotивление теплопередаче каждой зоны вычислялось по формуле:

$$R_{0,i} = R_{Bi} + R_{H,i} = \frac{t_{e,i} - \tau_{e,i}}{q_{\phi,i}} - \frac{\tau_{e,i} - \tau_{H,i}}{q_{\phi,i}} - \frac{\tau_{H,i} - t_{H,i}}{q_{\phi,i}}. \quad (3)$$

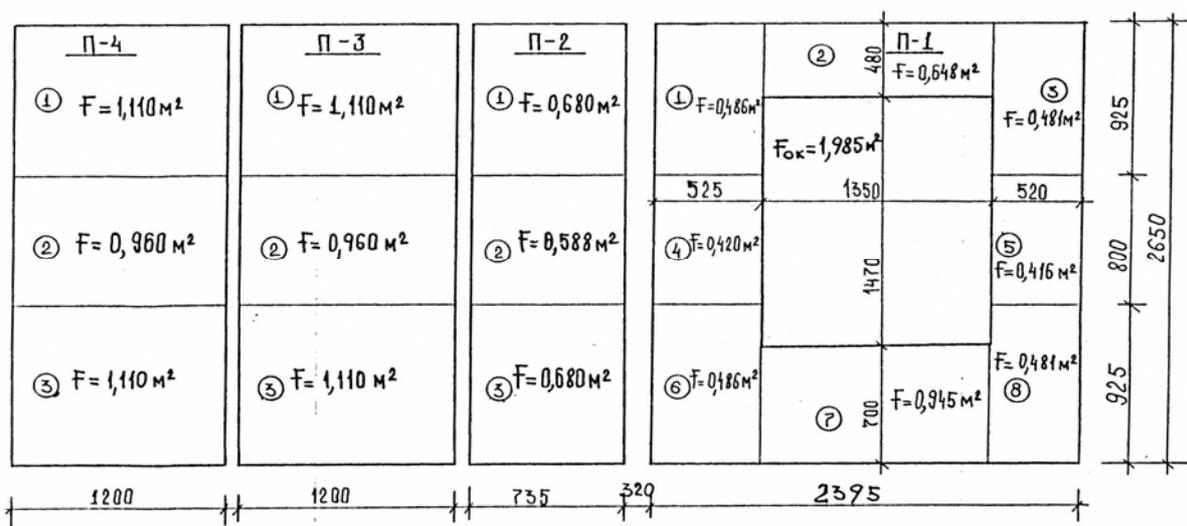


Рис. 1. Разбивка на зоны панелей П-1, П-2, П-3 и П-4 для подсчета приведенного сопротивления теплопередаче.

Для изучения влияния разности давлений по обеим сторонам панелей на величину сопротивления теплопередаче были проведены 3 серии испытаний: при  $P=0$ , для условий инфильтрации  $P=5$  Па и эксфильтрации  $P=30$  Па. Необходимая разность давлений поддерживалась работой осевого вентилятора, а значение разности давлений регистрировалось с помощью микроманометра с наклонной шкалой марки ММН-240.

Измеренные параметры воздушной среды в климатической камере в основные этапы исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Измеренные параметры воздушной среды в климатической камере

№№ Этапов	Продолжительность эксперимента	Холодный отсек		Теплый отсек		$\Delta P$ , Па
		$t_n$ , °C	$\phi_n$ , %	$t_b$ , °C	$\phi_b$ , %	
1.	4 суток	- 20	90	18.0	55	5 (эксфильтрация)
2.	3 суток	- 20	90	19.5	55	0
3.	3 суток	- 20	90	19.0	50	30 (инфильтрация)

Результаты определения среднего для всей поверхности (приведенного) значения сопротивления теплопередаче стеновых панелей приведены в табл. 2.

Общее сопротивление теплопередаче стеновых панелей, ( $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ )

Режимы (разность давлений, Па)	Общее сопротивление теплопередаче, ( $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ )			
	Панель П-1	Панель П-2	Панель П-3	Панель П-4
$\Delta P = 0$ (стационарный режим)	0.525	0.616	0.748	0.996
$\Delta P = 5$ (эксфильтрация)	0.569	0.626	0.831	1.042
$\Delta P = 30$ (инфильтрация)	0.426	0.447	0.643	0.858

Сопоставление данных, полученных при  $\Delta P = 0$  с требуемым значением сопротивления теплопередачи ( $R_0^{TP} = 0,651 \text{ (м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт)}$ ), для Курган-Тюбе - самого холодного хлопкосеющего района Таджикистана, показывает, что из исследованных панелей требованиям СНиП П-3-79<sup>xx</sup> [2] отвечают панели П-3 и П-4. Недостаточное термическое сопротивление панелей П-1 и П-2 указывает на необходимость применения материалов с более низкой теплопроводностью или на необходимость увеличения толщины слоя утеплителя.

Температурные поля в горизонтальных сечениях панелей определялись экспериментально.

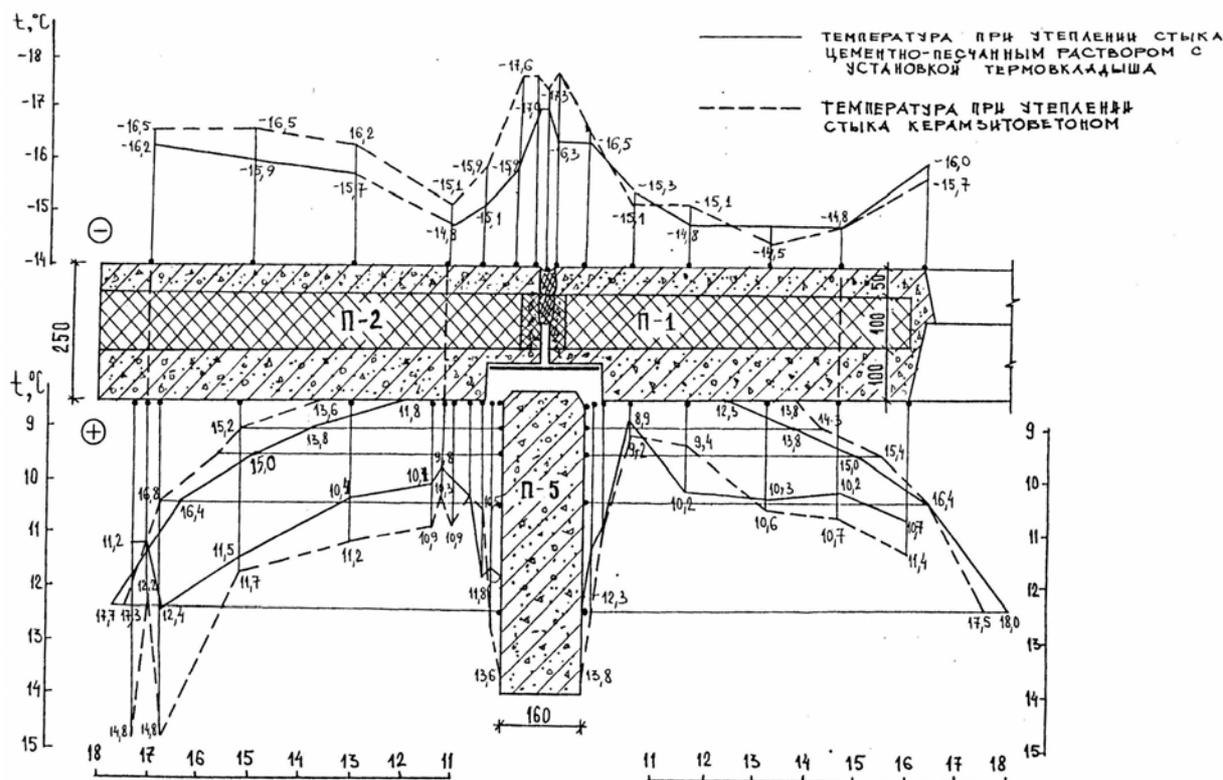


Рис. 2. Данные распределения температур в узле (стыке) при различном его утеплении П-1 и П-2, полученные для двух различных способов утепления стыка: с помощью термовкладыша (сплошная линия) и заливкой керамзитобетоном (пунктирная линия).

Из рис. 2 видно, что при расчетных условиях ( $t_n = 0^\circ\text{C}$ ,  $t_e = 18^\circ\text{C}$ ,  $\Delta P = 0 \text{ Па}$ ) утепление стыка керамзитобетоном оказалось более эффективным. Температура поверхности в зоне стыка выше расчетной температуры точки росы внутреннего воздуха ( $t_p = 8.8^\circ\text{C}$ ), однако по глади панелей П-1 и П-2 в отдельных их точках разность температур внутреннего воздуха и поверхности стен выше  $6^\circ\text{C}$ , допускаемой гигиеническими нормами (для этих панелей  $R_0^{TP} < R_0^{TP}$ ) [2].

## Литература

1. ГОСТ 26254 – 84 «Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций» - М.: НИИСФ, 1984, 51 с.
2. СНиП II-3-79<sup>xx</sup>. Строительная теплотехника. Нормы проектирования. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986, 32 с.

*Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими*

**З.В. Кобулиев, З.Г. Хушвахтов, М.У. Шералиев**

### **ТАДҚИҚОТИ ТАҶРИБАВИИ ҲОСИЯТҲОИ ТЕПЛОТЕХНИКИИ ПАНЕЛҲОИ ДЕВОРҲОИ БЕРУНИИ БИНОҲО ДАР КАМЕРАИ ИҚЛИМӢ**

Дар мақола ҳосияти гармигузаронии панелҳои деворҳои берунӣ дар камераи иқлимӣ баррасӣ шудааст. Натиҷаи тадқиқот чунин нишон дод, ки аз панелҳои тадқиқшуда, панелҳои П-3 ва П-4, ки дар асоси масолеҳи сохтмони маҳаллӣ сохта шудаанд, ба талаботҳои меъёри ҷавобгӯянд. Ҳамчунин дар мақола намуди наву самараноки пайванди ҷои васлкунии панелҳо пешниҳод гаштааст, ки ба меъёрҳои санитарии-гигиенӣ ва беҳдошти микроиқлими хонаҳои зист мусоидат менамояд.

**Z.V. Kobuliev, Z.G. Khushvakhtov, M.U. Sheraliev**

### **EXPERIMENTAL RESEARCH OF THERMOTECHNICAL PROPERTIES OF EXTERNAL WALL PANELS OF THE BUILDINGS CLIMATIC CHAMBER**

## СТАТИЧЕСКИЙ И ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПЕРЕКРЕСТНЫХ БАЛОК НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Для обеспечения равномерной осадки зданий и сооружений, возводимых на просадочных и неоднородных грунтах, железобетонные фундаменты проектируют из перекрестных балок, которые в настоящее время широко применяются в строительстве. Расчетная схема здания в виде перекрестных балок позволяет учесть пространственную жесткость. Нормами проектирования предусмотрены расчеты здания в виде перекрестных балок с приведенными изгибными и сдвиговыми жесткостями, определяемыми по методике Б.А. Косицына [1]. Кроме того, определив для перекрестных балок усилия и деформации, становится возможным рассматривать расчетную схему здания в виде призматических оболочек.

Заданная система метода перемещений представляет собой систему взаимно перпендикулярных (продольных по оси  $X$  и поперечных по оси  $Y$ ) балок, соединенных между собой в узлах. Узлами являются точки, соединяющие две, три и четыре балки. Характерными являются точки, соединяющие отдельные конечные элементы. Начало координат разместим в левом дальнем углу и ось  $OX$  направим вправо, а ось  $OY$  - к себе, ось  $OZ$  - вниз (правая система координат). В узлах и характерных точках вертикальное перемещение, направленное вниз, считается положительным. Расчленение основной системы метода перемещений на отдельные конечные элементы производим в зависимости от заданных внешних нагрузок, эпюра изменения коэффициента жесткости основания, жесткостных характеристик балок и др. По четырем крайним угловым точкам происходят вертикальные и угловые перемещения. В этих точках взаимно перпендикулярные балки соединены шарнирно. Со статической точки зрения, в этих узлах будет общая поперечная сила, а моменты будут равны нулю. В узлах, соединяющих три стержня, происходят вертикальные перемещения, общие для всех трех концов конечных элементов соответствующего узла.

Расчетная схема представляется таким образом, что к продольным балкам шарнирно присоединяются поперечные балки, и к поперечным балкам продольные балки присоединяются также шарнирно. С кинематической точки зрения, в этих узлах вертикальные перемещения будут одинаковыми, шарнирно прикрепленные торцы получать угловые перемещения  $\varphi_x$  и  $\varphi_y$  соответственно, а для проходящих балок будет один угол поворота смежных сечений (согласно принципу неразрывности деформаций). Проходящими называются продольные или поперечные балки, которые в узлах проходят не прерываясь, а к ним шарнирно присоединены соответственно поперечные или продольные балки. Шарнирные соединения торцов поперечных балок с продольными и, соответственно, продольных балок с поперечными позволяют предполагать, что крутящие моменты в балках не возникнут. Со статической точки зрения, возникающие поперечные силы, с учетом внешних нагрузок и реактивного отпора упругого основания, должны удовлетворять уравнению равновесия.

В узлах, соединяющих четыре конечных элемента, возникают одно вертикальное перемещение и по два угловых перемещения в каждом. С кинематической точки зрения, концы каждого из четырех конечных элементов получают одинаковые вертикальные перемещения. В каждом таком узле углы поворотов  $\varphi_x$  и  $\varphi_y$  будут одинаковы для проходящих поперечных и продольных балок соответственно. Изгибающие моменты в плоскостях  $XOZ$  и  $YOZ$  совместно с внешними сосредоточенными моментами, действующими в этих узлах (если таковыми имеются), должны соответствовать уравнению равновесия.

Таким образом, в заданной системе метода перемещений рассматриваемой методики можно предусмотреть и учесть все варианты статических и кинематических условий.

Порядок решения статической задачи по расчету перекрестных балок состоит в следующем. Определив степень кинематической неопределенности и установив количество уравнений метода перемещений, переходим к определению элементов матрицы жесткости в локальной системе координат. Конечные элементы принимают один из двух видов: 1) оба конца жестко зашпелены; 2) один конец жестко зашпелен, а другой конец имеет шарнирную связь. Учет упругого основания производится путем сосредоточения реакции отпора основания в опорных узлах, умножением коэффициента жесткости на «грузовую площадь».

Система канонических уравнений метода перемещений для перекрестных балок, лежащих на сосредоточенных упругих опорах, представляется в матричной форме:

$$B_1 \vec{Z}_1 + \vec{R}_p = \vec{A}, \quad (1)$$

где  $B_1$  - матрица жесткости перекрестных балок;  $\vec{Z}_1 = (\varphi_1, w_1, u_1, \dots, \varphi_n, w_n, u_n)$  - вектор-столбец неизвестных перемещений;  $\vec{R}_p$  - вектор-столбец свободных членов от внешней нагрузки;  $\vec{A}$  - вектор-столбец от реакций со стороны упругого основания.

Принимая модель Винклера, вектор  $\vec{A}$  представим в виде:

$$\vec{A} = B_2 \vec{Z}_2, \quad (2)$$

где  $B_2$  - матрица жесткости упругого основания;  $\vec{Z}_2 = (0, w_1, 0, \dots, 0, w_n, 0)$  - вектор вертикальных перемещений. Подставив (2) в (1), получим систему разрешающих уравнений, которая записывается в виде:

$$B \vec{Z} = \vec{P},$$

где  $B = B_1 - B_2$  - матрица жесткости всей системы,  $\vec{P}$  - вектор свободных членов.

Для построения матрицы жесткости  $B_1$  в первую очередь составляются матрицы жесткости отдельных элементов в локальной системе координат. Затем эти матрицы переводятся в единую глобальную систему координат, из которых составляется матрица жесткости всей конструкции:

$$B_1 = C^T \tilde{B} C,$$

где  $\tilde{B}$  - матрица жесткости, полученная путем формального объединения все матрицы жесткости конечных элементов в одну квазидиагональную матрицу:

$$\tilde{B} = \begin{bmatrix} \tilde{B}_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \tilde{B}_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \tilde{B}_n \end{bmatrix}; \quad (3)$$

$C$  - матрица совокупности связанных между собой конечных элементов. Матрица  $C$  по строкам отвечает перемещениям узлов отдельно взятых элементов, а по столбцам - обобщенным перемещениям основной системы. Каждый отдельно взятый элемент имеет по шесть степеней свободы. Матрица (3) описывает состояние  $n$  элементов, не связанных один с другим. Так как отдельные элементы дискретной модели примыкают к одним и тем же узлам, то есть имеют общие точки стыковки, их необходимо объединить в одну систему.

Для определения усилий необходимо сначала вычислить значения узловых сил, приложенных к узлам конечных элементов. Вектор этих сил определяется по формуле:

$$\vec{B}_k = \tilde{B}_k \vec{Z}_k,$$

где  $B_k$  - матрица жесткости  $k$ -го элемента в глобальной системе координат;  $\vec{Z}_k$  - вектор перемещений элемента. По найденным значениям  $\vec{B}_k$  можно вычислить все усилия в любом сечении элементов системы.

Сосредоточив массы балок в узлах и характерных точках, получим динамическую модель задачи по расчету перекрестных балок. При этом каждая масса может иметь по три степени свободы - одна поступательная ( $w$ ) по оси  $OZ$  и две угловые -  $\varphi_x, \varphi_y$ . Считается, что упругие связи, аппроксимирующие влияние основания, являются невесомыми. Тогда система дифференциальных уравнений движения системы с конечным числом степеней свободы представляется в виде:

$$M \ddot{\vec{Z}} + B \dot{\vec{Z}} = \vec{P}(t), \quad (4)$$

где  $M$  – диагональная матрица сосредоточенных масс,  $\vec{P}(t) = (m_1, p_{1z}, p_{1x}, \dots, m_n, p_{nz}, p_{nx})$  - вектор-столбец заданных динамических нагрузок.

Проведя дискретизацию по времени и используя кусочно-полиномиальную аппроксимацию на отрезке времени  $\Delta t$ , получим векторы скоростей и ускорений, которые представляются в виде [2]:

$$\begin{aligned}\vec{Z}_{n+1} &= \beta_1(\vec{Z}_{n+1} - \vec{Z}_n) / \Delta t - \beta_2\vec{Z}_n - \Delta t\beta_3\ddot{Z}_n, \\ \ddot{Z}_{n+1} &= \alpha_1(\vec{Z}_{n+1} - \vec{Z}_n) / \Delta t^2 - \alpha_2\vec{Z}_n / \Delta t - \alpha_3\ddot{Z}_n.\end{aligned}\quad (5)$$

Здесь  $\alpha_i, \beta_i$  - числовые коэффициенты метода аппроксимации. Записав систему уравнений (4) в момент времени  $t_{n+1}$  и внося в него (5), получим систему алгебраических уравнений, которая представляется в матричной форме:

$$B^* \vec{Z}_{n+1} = \vec{P}_{n+1}^*, \quad (6)$$

$$\text{где} \quad B^* = B + \frac{\alpha_1}{\Delta t^2} M; \quad \vec{P}_{n+1}^* = \vec{P}_{n+1} + \frac{\alpha_1}{\Delta t^2} M\vec{Z}_n + \frac{\alpha_2}{\Delta t} M\dot{Z}_n + \alpha_3 M\ddot{Z}_n. \quad (7)$$

Алгоритм динамического расчета сводится к следующему. Сформировав матрицу жесткости системы и выбрав шаг интегрирования исходя из начальных условий, формируются динамическая матрица жесткости и вектор свободных членов (7). Из решения (6) определяется вектор искомых перемещений, соответствующий моменту времени  $t_1$ . Затем вычисляются значения узловых сил и определяются внутренние усилия в конечных элементах системы. К началу второго шага по формулам (5) формируются векторы скоростей и ускорений, соответствующие моменту времени  $t_1$ , а затем определяется вектор свободных членов (7). Из решения (6) определяется вектор перемещений, соответствующий моменту времени  $t_2$ , а далее процесс повторяется.

Предлагаемый алгоритм динамического расчета позволяет, без предварительного определения частот и форм собственных колебаний, исследовать динамическое поведение перекрестных балок при различных динамических воздействиях, в том числе сейсмических, в виде заданных или синтезированных акселерограмм. Особенность алгоритма состоит в том, что он позволяет исследовать напряженно - деформированное состояние системы, как при статических, так и при динамических воздействиях.

*Институт сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук РТ*

### Литература

1. Косицын Б.А. Статический расчет крупнопанельных и каркасных зданий. – М.: Стройиздат, 1971, 215 с.
2. Низомов Д.Н. Метод граничных уравнений в решении статических и динамических задач строительной механики. – М.: АСВ, 2000, 282 с.

**Ч.Н.Низомов, А.А. Ҳочибоев, О.А. Ҳочибоев**

### **ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҲОИ СТАТИКӢ ВА ДИНАМИКИИ СИСТЕМАҲОИ ЧИЛЛИКИИ ДАР АСОСИ ЧАНДИРӢ ХОБИДАӢ БА ВОСИТАИ МЕТОДИ ҚОЙИВАЗКУНӢ**

Мақолаи мазкур ба ҳалли масъалаҳои статикӣ ва динамикии ҳисоби биноҳо бо назардошти ҳампайвастагии онҳо бо асоси чандирӣ равона шудааст, ки имкон медиҳад мустақкамии воқеи таҳлил ва тасниф карда шавад. Алгоритми сохташуда дар ҳалли масъалаҳои мухталиф оиди муайян намудани параметрҳои асосии таҳкурсиҳо ва биноҳо имкон фароҳам меоварад.

**J.N. Nizomov, A.A. Hojiboev, O.A. Hojiboev**

### **STATIC AND DYNAMIC ACCOUNT OF CROSSED BEAMS ON ELASTIC FOUNDATION BY SHIFT METHOD**

**А. АКБАРОВ**  
**ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ И БЛАГОУСТРОЙСТВА БУЛЬВАРА**  
**В ЦЕНТРЕ ГОРОДА ХУДЖАНДА**

В настоящее время при формировании исторических городов Таджикистана большое значение приобретает вопрос реконструкции планировочных систем и организация благоустройства в структуре сложившейся застройки города. Особенно важно в этом плане разумное использование элементов благоустройства и природного ландшафта в сочетании с малыми архитектурными формами для организации мест отдыха, системы аллей и бульваров вдоль основных улиц центра города.

Эта проблема актуальна в настоящее время для города Худжанда, где разворачивается работа по реконструкции и уплотнению застройки, а также благоустройство улиц в исторической части центра города. Ранее построенные высотные жилые здания, крупные административные и общественные сооружения подвергаются реконструкции. Зачастую принципиально меняется сложившаяся планировочная структура в центре города. Значительно расширяется планировочная система магистральной улицы за счет сноса ветхих строений исторической зоны, где должен активно использоваться компонент природного ландшафта совместно с элементом малых архитектурных форм для организации среды обитания и благоустройства пешеходных аллей.

В центре города Худжанда значительно расширяется планировочная структура магистральной улицы за счет сноса прилегающих ветхих и старых строений для организации пропуска современного транспортного потока и формирования системы межмагистрального бульвара для организации пешеходного потока.

Решая проблему совершенствования планировочной структуры бульвара в центре города, прежде всего важно правильно определить общую архитектурно-композиционную идею, при решении которой четко выявляется два наиболее важных вопроса:

1. Масштаб и масштабность малых архитектурных форм в реконструируемой среде и их сочетание с ландшафтом данного участка.
2. Закономерность архитектурно-пространственной организации бульвара, её связи с планировочной структурой и раскрытия восприятия с различных визуальных точек.

Определение общей композиционной идеи и решение архитектурно-планировочных вопросов зависят от конкретных условий местности: природно-климатических особенностей участка; специфики ландшафтно-планировочной организации территории в сочетании с градостроительной ситуацией; использования традиционных градостроительных приемов в застройке данного района. Этим вопросам было посвящено научно-исследовательская и проектно-экспериментальная работа по реконструкции и благоустройства бульвара в центре города Худжанда. Работа проводилась нами в период 1987-1988 гг. и в 1996-1997 гг. на кафедре «Основ архитектурного проектирования и графики» Таджикского технического университета. Вся работа проводилась в два этапа:

1-й этап – изучение и анализ современного состояния архитектурно-планировочной среды и уровня благоустройства аллей вдоль магистральной улицы центра города;

2-й этап – поиск и творческая разработка проекта реконструкции и благоустройства центральной аллей и бульвара в центре города.

Жаркий климат города Худжанда, со своеобразной спецификой требования микроклимата и отсутствие больших озелененных пространств обусловили построение архитектурно-пространственной композиции озеленения города на двух взаимно перпендикулярных осях: по водному зеленому тракту реки Сыр-Дарья и вдоль меридиональной оси города; системы аллей, начинающейся от исторического центра района Панджшанбе, по улице К. Худжанди и завершающейся на севере ландшафтом набережной зоны перед новым комплексом Хукумата Сугдской области.

Архитектурно-ландшафтная организация пешеходного пространства бульвара вдоль центральной улицы города целиком зависит от сложившейся градостроительной ситуации: приема разобщения транспортного и пешеходного потока; расположения объектов общественного обслуживания, являющихся фокусами тяготения населения и других факторов.

Система проектируемых и существующих аллей, а также площадей в центре города должна объединяться в единое целое широкой эспланадой из бульваров, скверов, водно-зеленых элементов. Попытка решить эти задачи осуществлялась в проектах реконструкции планировочной структуры и благоустройства центральных улиц и площадей рассматриваемой зоны города Худжанда, выполненной в 1984 г. ПИ «Таджикгипрострой». Однако вопросы детальной планировки и

благоустройства бульвара, а также формирования архитектурно-ландшафтной среды участка в нем не получили своего решения. Поэтому нами был глубоко изучен данный вопрос и разработано проектное предложение по благоустройству аллеи и бульвара в историческом центре города.

Основным преимуществом бульвара по улице К. Худжанди на рассматриваемом участке является то, что он размещен на самом интенсивном участке транспортной коммуникации, в местах перераспределения пассажиропотоков между новыми жилыми районами правобережья и главным въездом в историческую часть города. В связи с этим предусмотренное генеральным планом центра города, развитие роли улице К. Худжанди как магистральной оси, предопределяет границу бульвара в этой улице. В архитектурно-планировочной организации центра особая роль отводится вопросу реконструкции и благоустройства межмагистрального бульвара с введением элементов малой архитектурной формы в сочетании с озеленением и обводнением. При этом архитектурно-ландшафтное формирование улицы становится неотъемлемой частью всего комплекса работ по улучшению архитектурного облика исторического центра города Худжанда.

В результате проектно-экспериментального поиска был разработан основной прием архитектурно-планировочной организации бульвара:

-устранение дробности и организация цельности бульвара за счет введения планировочных связывающих элементов благоустройства в сочетании с парадной пешеходной дорожкой;

-размещение вдоль центральной парадной аллеи системы площадок отдыха с элементом малых архитектурных форм, каскад декоративных фонтанов и бассейнов с единым архитектурно-художественным решением;

-сохранение масштабности и согласованности между элементами нового и сложившейся архитектурно-пространственной структуры аллеи при условии определения каждого элемента в формировании новых эстетических форм в архитектурном облике центра города.

Архитектурно-композиционные особенности реконструируемого бульвара были обусловлены его большой протяженностью, которая составляет более 620 метров. Согласно архитектурно - планировочным решениям бульвар разделен на три самостоятельных сектора, композиционно подчиненных друг другу. Сектора бульвара планировочно подчиняются форме дорожной сети центра города и параллельно магистральной улице продолжают далее к набережной реки Сыр-Дарьи (рис.1).

В каждом секторе выявлено место для архитектурного акцента. Этими архитектурными акцентами в секторах «А» и «В» стали фонтаны с декоративными бассейнами. В среднем секторе «Б» архитектурным акцентом стал существующий обелиск с вечным огнем, а запроектированный в нем фонтан дополняет художественный облик бульвара.

Кроме этого, каждый сектор бульвара располагает еще тремя - четырьмя площадками отдыха, в которых намечены места для организации отдыха и ярмарок в период праздников и народных гуляний. По периметру всех площадок и вдоль парадной аллеи, на удобных местах для пешеходов, запроектирован ряд скамеек для отдыха с цветочницами и декоративными стенками. Скамьи скомпонованы из модульных элементов в форме четверть круга, либо полукруга и в зависимости от композиции площадок отдыха имеют различную конфигурацию. Для защиты от шума транспортного потока и неблагоприятных зимних ветров площадки отдыха по периметру обустроены системой декоративных стенок высотой 120 см и 2- рядными посадками цветущих кустарников и вечнозеленых деревьев.

Центром композиции в секторе «А» является площадка отдыха с фонтаном, расположенная почти в центре сектора. Она имеет форму квадрата с двумя срезанными противоположными углами. По периметру площадки запроектированы скамьи для отдыха со цветочницами и декоративными стенками из бутового камня. Скамьи скомпонованы из различных модульных элементов с открытой стороной к фонтану. Фонтан имеет форму круга диаметром 10 м, с разбрызгивателями, расположенными на двух уровнях, которые создают разнообразную композицию напорных водяных струй.

Сектор «Б» является центром композиции всего бульвара. Здесь находится обелиск «Славы» с вечным огнем, который завершает композицию сектора. Запроектированная здесь площадка отдыха с фонтанами усиливает общую композиционную идею. Фонтан здесь запроектирован в виде трех чаш расположенных на разных уровнях и напоминающих форму национальных блюд. Площадка для отдыха с фонтаном имеет форму квадрата, по двум противоположным сторонам которого предусмотрены скамейки для отдыха и композиция из округленных рядов декоративных стенок.

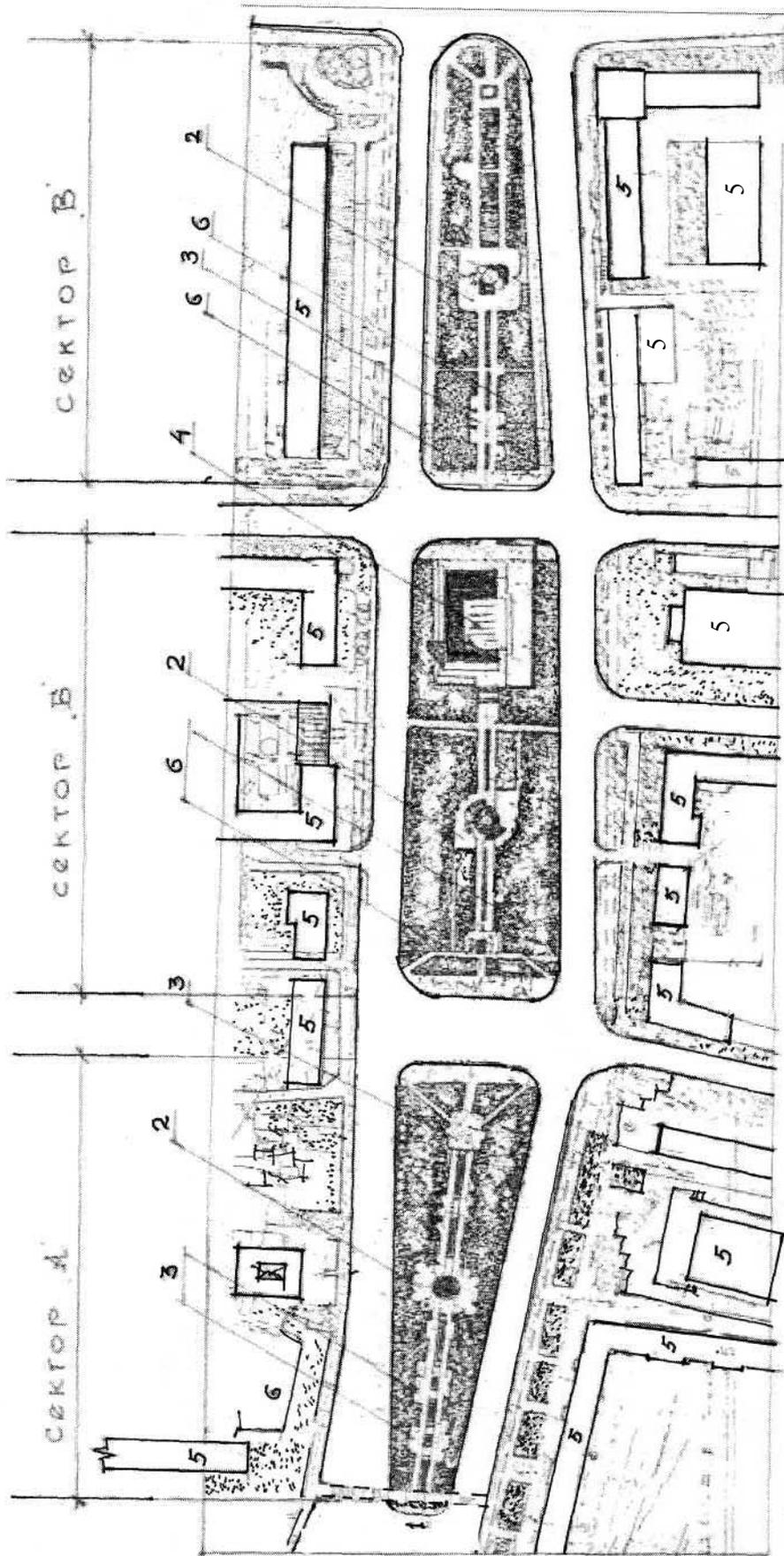


Рис 1. Схема планировочной организации бульвара по улице Камоли Худжанди в г.Худжанде

1. Главная аллея.
2. Фонтаны с площадкой для отдыха.
3. Площадки для отдыха.
4. Обелиск славы с вечным огнем.
5. Существующие (сохраняемые) здания и сооружения.
6. Декоративное озеленение

Сектор «В» имеет свой прием архитектурно -планировочного решения, где центром композиции становится также площадка отдыха с фонтанами. Площадка у фонтана имеет форму близкую к квадрату. По двум противоположным сторонам расположены места для отдыха. Центр самого фонтана относительно площадки сдвинут. Композиция фонтана, как и в секторе «Б» составлена из трех чаш, но в другой художественной форме. Чаши, устанавливаемые в бассейне на разных высотах, расположены и композиционно составлены последовательным смещением двух чаш по отношению к центру (относительно оси бульвара ) под углом 45 градусов.

Композиция водяных струй фонтанов из разных разбрызгивателей (в форме одуванчика и ряда прямых струй по кругу), которые под напором создают микроклимат во всем пространстве аллеи. Вода, последовательно переливаясь в чаши и далее с ее контуров вниз в водоем, наряду с созданием микроклимата, формирует архитектурную композицию прозрачных водяных пленок в форме куполов и арок. Когда же система подачи воды отключается, вся декоративная водная композиция разрушается и остается водоем с тремя чашами. Поэтому дно водоемов и видимые поверхности чаш спроектированы в яркой цветовой композиции из глазурованных плиток различных расцветок и рисунков, в стиле традиционных народных орнаментов Таджикистана.

В проекте детально разработаны чертежи всех видов малых архитектурных форм: фонтанов, площадок отдыха, скамеек с декоративными стенками, цветочниц, светильников ночного освещения, рекламно - информационные стенды и другие элементы благоустройства, необходимые для организации полноценного отдыха населения в центре города.

*Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими*

## **Литература**

1. Владимиров В.В., Микулина Е.М. Яргина З.Н. Город и ландшафт. –М.: Мысль, 1986, с. 163-207.
2. Отчет по НИР на тему: Реконструкция планировочной структуры центральной аллеи с разработкой проектов малых архитектурных форм в г. Ленинабаде. - М.: ВИНТИ центр, 1987, инвентарный № 0287.0042448. (Научный руководитель НИР А. Акбаров)

## **А. АКБАРОВ**

### **ХУСУСИЯТИ ТАЧДИД ВА ОБОДОНИИ ХИЁБОН ДАР МАРКАЗИ ШАҲРИ ХУЧАНД**

Дар мақола усули тармиму таҷдиди маркази шаҳри Хучанд бо назардошти ободониву сабзоркунии гулгашт, кӯча ва хиёбони марказии он баррасӣ мешавад. Муаллиф лоиҳаи меъмории ва ободонии гулгашту хиёбони маркази шаҳро бо силсилаи фаввораҳо, майдончаҳои дамгирӣ ва иншоотҳои хурди меъмории қорбасти намударо пешниҳод мекунад. Дар мақола ҳамчунин услуби ҷобачогузорӣ ва меъмории майдончаҳои дамгирӣ, қатори фаввораҳо ва силсилаи намоҳои хурди меъмории (курсҳои нишаст, пойдеворҳои меъмории, гулдонҳо, фонусҳо ва ғайра.), ки барои ободонии гулгашт хидмат мекунанд, мушаххас шудаанд.

## **A. AKBAROV**

### **THE FEATURES OF RECONSTRUCTION AND WELL-BUILT BOULEVARD IN THE CENTRE OF KHUJAND CITY**

### К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Понятие «устойчивое развитие» получило широкое распространение после публикации доклада, подготовленного для ООН в 1987 г. Международной комиссией по окружающей среде и развитию. В русском издании этого доклада английский термин *sustainable development* переведен как «устойчивое развитие», хотя слово *sustainable* имеет и другие значения: поддерживаемое, самоподдерживаемое, длительное, непрерывное, подкрепляемое, защищаемое. Резюмируя все эти термины, можно сказать, что речь идет на деле о непрерывно поддерживаемом развитии.

Сегодня человечество столкнулось со все более обостряющимися противоречиями между своими растущими потребностями и неспособностью обеспечить их, не разрушаясь, поскольку скорость технического прогресса превышает скорость эволюции видов в сотни тысяч раз. Возникает необходимость ответственно выбирать такое направление развития, которое обеспечивало бы устойчивость развития человека как вида и постоянно поддерживаемое развитие цивилизации. Этим было обусловлено принятие на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро решения об изменении курса развития всего мирового сообщества.

При этом возникла идея разрешить данную проблему на пути перехода к такому цивилизованному развитию, которое не разрушает своей природной основы, гарантируя человечеству возможность выживания и дальнейшего управляемого и устойчивого развития.

При определении модели устойчивого развития необходимо учитывать особенности развития каждой страны, степень развитости экономики, благосостояние и качество жизни населения страны, степень доступности им благ цивилизации и возможности решения этих проблем в рамках человеческого сообщества.

В Таджикистане проблема устойчивого развития не нашла серьезной поддержки в научном кругу. Видимо, наши ученые разделяют существующее мнение о том, что в настоящее время, в период экономического, социального и духовного кризиса в стране, обсуждать концепцию и стратегию устойчивого развития неактуально.

Имеется мнение о том, что необходимым условием перехода к устойчивому развитию является достижение всеми странами мира одинакового уровня развития. Сегодня же промышленно-развитые страны мира пришли к тому, что они потребляют более 70% всей производимой в мире электроэнергии, 75% металла, 85% деловой древесины и т.д. [1].

Речь идет, безусловно, не о сиюминутном переходе к новой модели развития, а о выборе тенденции развития, ориентированной на общечеловеческие ценности, создающей возможность цивилизованного пути развития. К сожалению, реальная жизнь свидетельствует о том, что любая экономическая катастрофа, возникшая в отдельно взятой стране или регионе, становится глобальной угрозой или непосредственно, или опосредованно.

Скажем, прорывоопасность Сарезского озера объемом более семнадцати куб. километров связана со всеобщим потеплением планеты и является угрозой жизни миллионов жителей не только Таджикистана. Проблемы же Арала вызвали опустынивание огромной территории вокруг этого бассейна. Следовательно, разрешение водных проблем Центральной Азии является задачей не только регионального уровня, но и всего мирового сообщества.

Устойчивое развитие является одним из необходимых условий обеспечения безопасности, в том числе экономической. Следовательно, к определению понятия «устойчивое развитие» необходимо подходить взвешенно, с учетом многих его слагаемых.

В настоящее время почти во всех странах мира, в том числе в Таджикистане, обеспечение безопасности мыслится и реализуется в соответствии с моделью неустойчивого развития. Такая традиционная ориентация в области безопасности сталкивается со все большими трудностями и в принципе бесперспективна. Важно осознать неэффективность традиционного подхода к обеспечению безопасности во всех видах деятельности и разработать теоретико-методологический подход к решению этой жизненно-важной проблемы.

Переход каждого суверенного государства, в том числе и Таджикистана, к устойчивому развитию сопряжен с защитой своих национальных интересов (прежде всего в плане обеспечения стабильности и безопасности). Ориентация на переход к планетарному устойчивому развитию в

определенной степени противоречит национальным интересам в старой модели развития, прежде всего развитию экономики.

Реальность такова, что в настоящее время Таджикистан является далеко не равноправным партнером развитых государств.

Развитие экономики страны сегодня находится в переходном периоде, что, казалось бы, является не лучшим временем для перехода к устойчивому развитию. Поэтому, для Таджикистана, где спад производства среди других постсоветских стран является самым глубоким и масштабным, сегодня важно акцентировать внимание на ускорение темпов экономического роста.

Нам представляется, что при расчете темпов экономического роста необходимо делать акцент не только на количественные показатели, но и на качество достижения необходимого уровня развития, то есть какими средствами и методами, какой ценой мы достигаем желаемого результата.

Мы не сможем достичь серьезного ускорения экономического роста и обеспечения конкурентоспособности отечественных товаров на внутреннем и внешнем рынках, если более 80-90% основного капитала физически и морально устарело, а страна не располагает ресурсами для обновления производственных мощностей. Ограничена и финансовая обеспеченность разрабатываемых мер по развитию и повышению эффективности производства промышленной продукции. Поэтому низки темпы восстановления и роста объемов промышленной продукции в целом и их доли в ВВП. Это при том, что число промышленных предприятий за последние 15 лет увеличилось в 2.7 раза.

Расчеты показывают, что доля машиностроения и металлообработки в ВВП составляет 1.92%, что в 7.7 раз ниже порогового значения экономической безопасности ( $ПЗ=25$ ), доля инвестиций соответственно 6% против 25, удельный вес импорта во внутреннем потреблении – 70% против 30. То есть реальные показатели намного отстают от пороговых значений.

Неутешительны темпы роста объемов производства в промышленности и за 2006 г. по сравнению с 2005 г. За указанный период прирост промышленной продукции составил лишь 5.5%, а в легкой промышленности этот показатель снизился на 8,3% [2]. Доля самой промышленности в структуре экономики составляет 18,4%. Если учесть, что объемы производства промышленной продукции далеко не достигли уровня 1991 г., ситуацию можно считать плачевной.

Необходимым же условием экономической самостоятельности государства является в большей мере наращивание индустриального потенциала страны, определяющего уровень технического прогресса.

Следует также отметить, что широкомасштабный и длительный спад производства (1991-97 гг.) привел к сокращению промышленно-производственного персонала более чем в 2,6 раза, увеличивая тем самым ряды безработных и усугубляя проблему борьбы с бедностью.

Борьба с бедностью требует крупных инвестиций в развитие экономики. В июне 2007 г. в Душанбе в ходе встречи консультативной группы доноров под названием «Форум развития Таджикистана» министр торговли и экономического развития Таджикистана Г. Бобозода заявил, что практическая реализация Стратегии сокращения бедности предусматривает привлечение в экономику Таджикистана 5 млрд. 30 млн. долларов. Всего для осуществления целей стратегии снижения уровня бедности, по его словам, необходимо 13 млрд. долларов [3].

Не в пользу четкой управляемости экономики говорят непредсказуемость инфляционных процессов и масштабы теневой экономики. За счет больших масштабов теневой экономики по расчетам специалистов бюджет страны ежегодно недополучает 800-900 млн. долларов.

Серьезной угрозой экономической безопасности выступает внешний государственный долг. Безусловно, нельзя отрицать его стабилизирующую роль в стимулировании экономики. Вместе с тем чрезмерная внешняя задолженность, не учитывающая реальной возможности его обслуживания, грозит политической стабильности общества, возможно даже суверенитету государства.

По оценкам постоянного представителя МВФ Л. Моерса, главным образом, в результате операций по реструктуризации долга с Россией и МВФ в 2006 г. соотношение внешнего долга к ВВП в Таджикистане было снижено до 30%. Согласно текущим планам правительства по реализации нескольких крупных инфраструктурных проектов на общую сумму 1 млрд. долларов, в 2009 г. внешний долг снова вернется на уровень 56% к ВВП, то есть почти удвоится за 3 года. По его мнению, проблемы с платежной дисциплиной со стороны государственных предприятий и остающиеся перегибы в сельском хозяйстве создают неопределенность вокруг экономической

жизнеспособности рассматриваемых проектов [4]. Следует отметить, что рост долга оказывает давление на бюджет, поскольку правительство должно финансировать свою долю в проектах, что сокращает в свою очередь ресурсы, предназначенные для других приоритетных секторов в стране, где расходы на здравоохранение и образование являются одними из самых низких в мире.

Таджикистан для реализации «Концепции национальной стратегии развития на 2006-2015 гг.», получившей поддержку международного сообщества и стран-доноров, нуждается в прямых как иностранных, так и внутренних инвестициях. Однако в мире существует конкуренция за получение этих средств, основной составляющей которой является качество инвестиционного климата страны. По данным последнего отчета Всемирного банка «Показатели ведения бизнеса», Таджикистан занимает 172 место из 175 стран по аспекту «Защита инвесторов» [5], следовательно, наша конкурентоспособность под большим вопросом.

Необъяснима пассивность отечественного бизнеса в инвестировании экономики родной страны.

По разным оценкам, в Таджикистане было амнистировано от 200 до 300 млн. долларов, а сколько из них местный бизнес вложил в свою экономику, в официальной статистике не приводится. По расчетам же независимого эксперта А. Гуршумова, за последние 3 года доля вложений бюджетных средств возросла до 60%, средств иностранных инвесторов до 19% соответственно, а местного бизнеса сократилась до 10% .

Большую угрозу экономической безопасности представляет коррумпированность общества, наркоторговля, торговля людьми. Они наносят серьезный ущерб не только экономике, но в большей степени духовно-нравственным устоям общества, деформируют человеческие отношения, построенные на принципах честности и справедливости.

Итак, сегодня, когда показатели экономической безопасности страны оказались значительно ниже пороговых значений, национальные интересы требуют ускорения экономического роста. Этого требуют, как это не парадоксально, интересы и экологической безопасности.

Если экологические проблемы 60-80 годов прошлого столетия были порождены интенсивными процессами индустриализации страны и ростом уровня жизни населения, то в основе нынешних проблем лежат факторы, связанные с деиндустриализацией страны и расширением масштабов бедности.

Известно, что ключевую роль в преодолении масштабного промышленно-производственного спада, переживаемого в республике, играет государство. Реальные организационно-управленческие возможности таджикского государства в начале 90-х годов были крайне ограничены в силу гражданской войны, продолжавшейся вплоть до середины 1997 года. С этого момента возникает возможность для устойчивого и уверенного действия государства по обеспечению жизнеспособности экономики страны как надежной основы его суверенитета.

Правительство республики за последние годы принимает радикальные меры для позитивного решения сложных проблем развития экономики. Так, в 2000 г. Таджикистан подписал декларацию

Тысячелетия ООН и предпринял ряд мер, продемонстрировавших серьезность ее обязательств по достижению Целей Тысячелетия.

Судьбоносными являются разработанные правительством национальная стратегия развития РТ на период до 2015 года и Стратегия снижения уровня бедности Республики Таджикистан на 2007-2009 годы. Эти стратегии отражают основные намечаемые реформы и действия, логически вытекающие из Целей Развития Тысячелетия.

Республика обладает большими ресурсами гидроэнергетики (потенциальные возможности выработки электроэнергии составляют 520 млрд.кВт.ч в год), угля (4,5 млрд. т), нефти и газа (133 млн.т условного топлива), чтобы обеспечить стабильное развитие экономики и достойный уровень жизни народа.

Приоритетной сферой развития определена гидроэнергетика. Таджикистан в ближайшие годы сможет не только обеспечить свою энергетическую независимость, но и экспортировать электроэнергию в соседние страны. Республика выступает инициатором создания единой энергетической системы стран Центральной Азии и СНГ. Реализация этой цели явится важным фактором расширения экономического сотрудничества стран СНГ и региональной экономической безопасности.

Несомненно, что для реализации гидроэнергетических и других программ государство предусматривает привлечение как государственных, так и прямых внешних инвестиций. Только в предстоящие 3 года для развития сфер энергетики, промышленности, сельского хозяйства, транспорта и социальной сферы с учетом иностранных инвестиций прогнозируется реализация 82 совместных программ на сумму 9 млрд. сомони, из которых сегодня уже 50 программ на сумму 7,4 млрд. задействованы [6]. Принятые в последние годы законы, предусматривающие защиту иностранных инвестиций и предоставление им значительных льгот, активная работа по строительству инфраструктурных и гидроэнергетических объектов, а также намерение государства по созданию свободных экономических зон в различных районах страны, намного повысят инвестиционную привлекательность Таджикистана.

Привлекательным является предложение Европы о надежном и долгосрочном партнерстве со странами Центральной Азии, прозвучавшее на конференции «Центральная Азия и Европа: новое экономическое партнерство для XXI века», проходившей 13 ноября 2007 г. в Берлине. В самом деле, предлагаемое партнерство Европы и ЦА вполне логично и обоснованно. В доказательство этого достаточно вспомнить знаменитый план Маршалла – известного американского политического деятеля, представившего программу всесторонней помощи странам, пострадавшим от войны. Эта программа с трудом, но пробила себе дорогу. Америка помогла в объеме 17 млрд. долларов странам Европы, пострадавшим в войне. Впервые была создана и свободная экономическая зона. В результате экономика европейских стран в кратчайшие сроки не только достигла довоенного уровня, но и производство промышленной продукции выросло на 15%. Американцы же в Европе нашли новый рынок сбыта и также обогатились.

Обратимся к сегодняшним реалиям. В Центральной Азии стремительно растут цены на хлеб и все остальные продовольственные товары. По мнению президента Фонда востоковедческих

исследований профессора Сергея Лузанина, нынешняя ситуация в ЦА создает для России стратегическую возможность превратиться в продовольственную корзину стран региона.

Итак, уже реализуемые долгосрочные экономически эффективные программы, тщательно продуманные и спланированные их социальные последствия, станут основой движения в направлении устойчивого развития.

Рыночная экономика для обеспечения устойчивого развития должна иметь границы, в том числе этические, а значит и социальные. Конечной целью экономического развития мы считаем улучшение качества жизни людей. Качество жизни людей – это качество окружающей среды, которое тесно связано с экономикой и прямо зависит от ее функционирования. Главным следствием существующего механизма функционирования рыночной экономики в экологическом аспекте оказалось столкновение цивилизации с природой, нарушение устойчивости окружающей среды. Главным следствием в социальном плане является глобализация нищеты, поляризация общества в каждой отдельной стране, между развитыми странами с одной стороны, развивающимися странами и странами с переходной экономикой с другой, недоступность для значительной части населения не только благ цивилизации, но и обычной питьевой воды. На самом деле, на планете имеет место не экологический, а социально-экологический кризис. Эта проблема будет решаться по мере развития предпринимательства и формирования среднего класса. Конечной целью этого процесса должно стать общество, в котором большинство населения будет представлять средний класс, и лишь относительно малая часть его будет находиться на вершине богатства или на краю бедности. Это будет не только более справедливая, но и наиболее устойчивая и безопасная общественная система. Важной социальной и экономической мерой для активизации этого процесса служит государственная поддержка малого и среднего бизнеса, который более гибко и лучше адаптируется к быстро меняющейся экономической и политической среде.

Социальные и экономические проблемы устойчивого развития тесно связаны с демографией. Достаточно напомнить, что приросту населения на 1% должен соответствовать прирост ВВП на 2% (демографическая компенсация) для сохранения того же уровня жизни населения. Если этот прирост ВВП ниже 2%, то жизненный уровень падает.

Степень нарушения окружающей среды в свою очередь тесно связана с плотностью населения и энергопотреблением на 1 человека, то есть при высокой плотности населения и малом энергопотреблении можно также нарушать окружающую среду, как и при малой плотности и высоком энергопотреблении на душу населения. Поэтому развивающиеся страны, в том числе и Таджикистан с высокой плотностью населения, разрушают окружающую среду ничуть не меньше, чем развитые страны с меньшей плотностью населения. Такое положение объективно диктует выбор модели устойчивого развития нашей страной.

Важнейшим позитивным фактором устойчивого развития является интеллектуальный потенциал и степень образованности населения. Надо признать, что демографические процессы за последние 15 лет создали серьезные трудности в развитии человеческого потенциала. В результате массовой миграции русскоязычного населения (более 90%), выходцев из Узбекистана и Киргизстана в годы гражданской войны, Таджикистан лишился значительной части научно-технической интеллигенции, высококвалифицированных рабочих кадров и специалистов. По причине крайней бедности до настоящего времени не прекращается расширение масштабов трудовой миграции в страны ближнего и дальнего зарубежья, где большинство мигрантов работает не по специальности. Все настойчивее ставится сегодня вопрос улучшения качества как общеобразовательного, так и вузовского образования. Решение этих проблем диктует интеллектуально-духовная ориентация устойчивого развития, которая в отличие от материально-вещественных и природных ресурсов безгранична и создает основу для выживания и непрерывно долгого развития, как каждого конкретного общества, так и цивилизации в целом. В таком обществе критерием индивидуального и национального богатства станут духовные ценности и знания человека, живущего в гармонии с окружающей средой. Уже сегодня без особых капиталовложений можно серьезно поднять экологическую культуру населения, основанную на формировании новой этики отношений к биосфере как фундаменту жизни. Эту работу надо начинать с семьи, продолжить в системе образования, широко использовать в СМИ.

Стратегия постепенного, регулируемого государством перехода к устойчивому развитию должна осуществляться с учетом особенностей республики и отдельных ее регионов. Таким образом, для обеспечения устойчивого развития и экономической безопасности Республики Таджикистан необходимо в ближайшей перспективе предпринять ряд мер, среди которых:

- преодоление социально-экономического кризиса и обеспечение условий для перехода страны к стабильной, социально-ориентированной рыночной экономике;

- укрепление экономики, повышение ее эффективности на базе современных, экологически безопасных технологий с использованием современного мирового опыта. Следует оказывать государственную поддержку развитию высокоэффективных производств, малого и среднего предпринимательства, отказаться от реализации проектов, наносящих ущерб окружающей среде, либо таких, последствия которых недостаточно ясны;

- увеличение инвестиций в образование, науку, здравоохранение, инновационное развитие, то есть в человеческий и физический капитал;

- экологическая реструктуризация налоговой системы, подразумевающая повышение налогов на экологически деструктивную деятельность, в том числе выбросы углерода, серы, добычу угля, отчуждение земель, продажу средств передвижения, превышение потребления воды, использование сельскохозяйственных земель не по назначению, применение пестицидов и т.д.

Если стратегия устойчивого развития окажется в фокусе формируемой сейчас национальной идеи, Таджикистан обретет шанс уйти от модернизационно-догоняющих преобразований, уводящих на периферию мирового развития. Мы сможем перейти к опережающим и сбалансированным действиям путем принятия комплексных решений в духе новой цивилизационной парадигмы.

*Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими*

#### **Литература**

1. Каюмов Н.К. - Экономика Таджикистана: стратегия развития. - Душанбе, 2006, №2, с. 65-73.
2. Статистический ежегодник Республики Таджикистан. – Душанбе, 2007, с. 248.
3. Газ. «ASIA-PLUS» - 2007. 20 сентября, с. А8
4. Там же, 2007. 5 июля, с. А8
5. Там же, 2007. 18 октября, с. 9
6. Вахдат, давлат, президент (на тадж.яз.), т.5. – Душанбе: Ирфон, 2007, с. 13.

#### **З.С. Рачабова**

### **РОҶЕЪ БА МАСЪАЛАИ РУШДИ УСТУВОР ВА БЕХАТАРИИ ИҚТИСОДИ**

Дар мақола гузариш ба тамсили нави ғайрианъанавии инкишоф – инкишофи устувор, ҳамчун иртиқои иттиҳоди инсоният, ки дар роҳи ҷустуҷӯи инкишофи босуботи ҷамъияту табиат ба вучуд омадааст, баррасӣ мешавад.

Тамсили инкишофи устуворро муаллиф дар робитаи ҳамдигарӣ бо бехатарии иқтисодӣ ва дигар намудҳои бехатарӣ таҳлил менамояд.

Вазъи дар давраи гузариш будаи иқтисодиёти имрӯзаи мамлакат дар мисоли соҳаи муҳимтарини вай – истеҳсолоти саноатӣ муайян карда шуда, зарурияти фароҳам овардани шароит ва ҷустуҷӯи роҳи бехатарии гузариш ба инкишофи устувор матраҳ мешавад.

Муаллиф кӯшиш намудааст, то баъзе аз ин роҳхоро пешниҳод намояд.

#### **Z.S. Radjabova**

### **IN REGARDS TO THE ISSUE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND ECONOMIC SECURITY**

## ТЕНЕВАЯ ЭКОНОМИКА И КОРРУПЦИЯ

Теневая экономика, коррупция, бедность и уровень жизни в условиях глобализации социально-экономической жизни являются категориями, тесно связанными между собой. Коррупция и бедность - не только две стороны одной монеты, коррупция также является основной причиной бедности стран, находящихся в состоянии переходного периода. Решение проблемы коррупции – это помощь, прежде всего бедным слоям населения.

Теневая экономика, безусловно, порождает коррупцию, а коррупция, в свою очередь, создает основу расцвета теневой экономики. Поэтому проблемы изучения этих негативных социально-экономических явлений и выработки основ государственной политики противодействия коррупции и теневой экономике должны решаться как единая комплексная задача. Причина и следствие, цель и средство здесь настолько взаимосвязаны и переплетены, что создают замкнутый круг.

Во-первых, теневая экономика может существовать и развиваться в значительных масштабах лишь в условиях коррумпированности всех социально-экономических систем и структур управления.

Во-вторых, теневая экономика является воспроизводителем коррупционных отношений во всех тех сферах политики и экономики, от которых зависит ее благополучное существование.

В-третьих, коррупция вынуждает теневую экономику оставаться в тени и вести нелегальный бизнес, что приводит к образованию теневых монополистов.

В-четвертых, коррупция создает основу для формирования новых сфер и видов теневой экономики.

В-пятых, теневая экономика - финансовая основа коррупции, а коррупция - финансовая основа теневой экономики [1].

В Таджикистане теневая экономика появилась еще при советской власти. Но после распада СССР, в условиях политического кризиса, недееспособности институтов власти и экономического спада, теневая экономика стала процветать. За годы гражданской войны экономика и социальная сфера республики пострадали настолько, что уже несколько лет, прошедших после восстановления мира, нормализовать экономическую жизнь страны никак не удается. Окончание гражданской войны в 1994 г. ознаменовалось не только установлением относительного политического порядка, но и образованием многомиллиардного дефицита госбюджета. Спад производства крайне негативно отразился на уровне и качестве жизни населения. Начиная с 1994 г., ряд международных организаций оказывает Таджикистану финансовую поддержку. По данным Всемирного банка, почти две трети населения Таджикистана живет за чертой бедности, а Международная организация по миграции утверждает, что до 900000 таджикских граждан, или половина всего экономически активного населения семимиллионной страны, ежегодно выезжает на сезонные и постоянные работы за рубеж, в основном в Россию [2]. Уровень официальной безработицы в Таджикистане в 2006 г. по данным Госкомстата РТ, составил 2.3% от экономически активного населения или 46.547 человек и вырос на 2.902 человека или на 6.6% от общего количества официальных безработных на конец 2005 г. [3]. На наш взгляд, это недостаточно отражает реальную ситуацию в стране.

Теневая экономика в процессе своего исторического развития стала относительно самостоятельной системой, в которой действуют определенного рода отношения (экономические, социально-нравственные, правовые и др.), прямо противоположные общепринятым нормам общества и выступающие социальными антиподами. Она поражает как богатые, так и бедные страны мира. Более того, ни одна компания – большая или малая – не имеет иммунитета к этой болезни. Теневая экономика является причиной ухудшения общественного состояния, но она, появившись, как зеркало отображает искажения экономических законов и усугубляет процесс тем больше, чем больше величина ее оборота.

Как еще отмечают эксперты, коррупция является сильным тормозом для привлечения инвестиций. Она представляет собой своего рода налог на бизнес. Кроме этого, она нарушает права человека, разрушает веру в демократию и законность функционирования структур государственного управления [4].

Причинами бурного расцвета теневой экономики и коррупции в Таджикистане, кроме влияния гражданской войны в 90-е годы, стал ряд обстоятельств:

а) экономические:

- катастрофическое разрушение всей системы народного хозяйства, связанное с разрывом экономических отношений бывших стран постсоветского пространства;
- развал финансовой системы (запредельный дефицит бюджета, гиперинфляция, неоднократная эмиссия денежной массы, пирамида государственных заимствований);
- обнищание большинства населения;
- ликвидация государственной системы экономического и финансового администрирования и контроля;

б) правовые:

- возникновение правового вакуума;
- разрушение правоохранительной системы постоянными реорганизациями;
- формирование в экономике значительного криминального сектора;
- коррупционное использование законодательных, исполнительных и правоохранительных органов в интересах теневой экономики;

в) общественно-политические:

- формирование мировоззрения вседозволенности и продажности;
- откровенная борьба за власть ради личных корыстных интересов;
- приход в структуры управления специалистов, не имеющих опыта управления и политического мышления;
- отношение к государству как источнику зла.

Изложенные обстоятельства возникновения и бурного развития теневого сектора в экономике Таджикистана дают основания утверждать:

- большинство из многих миллионов наших граждан, занятых в теневом секторе экономики, не являются злостными правонарушителями, тем более - криминальными элементами (для них это единственно доступный способ выживания);

- теневая экономика (в ее некриминальной части) позволяет ее участникам в некоторой степени восстановить социально-экономическую справедливость.

Объективно роль теневого сектора в экономике Таджикистана сегодня именно такова. Так сложилось, но так быть не должно, потому что это серьезно препятствует формированию современной цивилизованной экономики, угрожает интересам экономической безопасности страны.

Теневая экономика в целом является питательной средой для возникновения и развития организованной преступности, препятствует эффективному развитию открытой рыночной экономики, формирует коррупционные отношения во всех без исключения сферах своего присутствия, разрушает государственную систему справедливого распределения национального богатства и тем самым не обеспечивает правовой защиты прав и интересов исполнительных участников теневого сектора экономики, не дает им социальных гарантий и помощи. А коррупция в свою очередь приводит к росту теневой экономики, снижает конкурентоспособность, снижает интерес инвесторов и тем самым создает неофициальный налог для населения, снижает экономическую эффективность и делает нашу страну более уязвимой к экономическим кризисам [5].

Проблема значительного роста теневой экономики и массовой коррупции стала для Таджикистана тяжелой системной проблемой национальной безопасности, решить которую можно только путем реализации широкого целенаправленного комплекса мер во всех сферах жизнедеятельности государства и общества.

Основными в этой системе мер, на наш взгляд, должны стать следующие решения и мероприятия:

- введение системы экономического стимулирования выхода юридических лиц и граждан из теневого сектора экономики;
- организация борьбы с коррупцией на всех ее уровнях;
- совершенствование всей системы налогообложения и приведение ее к международным стандартам и нормам;
- стимулирование безналичных расчетов;
- проведение государственной политики поддержки частного открытого предпринимательства;
- формирование неподкупной и высокопрофессиональной правоохранительной системы путем подбора кадров и обеспечения высокой оплаты труда;
- прозрачная приватизация, тендерные процедуры;
- сужение поля условий и обстоятельств, благоприятствующих коррупции;
- декларирование доходов;

- законодательное установление права правоохранительных органов на провокацию дачи и получения взятки в строго установленном уголовно-процессуальном порядке;
- широкое распространение информации о реальных масштабах, причинах и последствиях коррупции и теневой экономики.

Существование теневой экономики – следствие экономического спада и кризиса страны. При плачевном состоянии экономики, отсутствии “правильного” законодательства предприниматель уходит туда, где законы стабильны, общеизвестны и где его никто ограничивать не будет– в “тень”.

Планируя борьбу с коррупцией и теневой экономикой в Республике Таджикистан, необходимо исходить из того, что абсолютная победа над коррупцией и теневой экономикой невозможна. Для того чтобы добиться успеха, нужно бороться постоянно, направляя все силы и властей, и общества.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Теневая экономика и коррупция: как разорвать замкнутый круг? М., 2007.
2. Панфилова В. Таджикистан: жизнь в кредит. Душанбе, 2005.
3. Ежегодник Государственного комитета по статистике. Душанбе, 2006.
4. Коррупция в Таджикистане: мнение общественности. Центр стратегических исследований при Президенте РТ. Душанбе, 2006.
5. Гамза В.А. Проблемы теневой экономики: оценки и решения. М., 2007.

*Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими*

**С.К. Камолитдинов, Г.К. Назарова**

### ИҚТИСОДИЁТИ ИМКОНӢ ВА РИШВАХӢРӢ

Дар ин мақола робитаи мафҳумҳои иқтисодиёти имконӣ, ришвахӯрӣ, қашшоқ, сатӣи зиндагӣ дар шароити ҷаҳонишавӣ, ки яке сарчашмаи пайдошавии дигаре мебошад, таҳлил шудааст. Коршиносони ҷаҳонӣ собит намудаанд, ки иқтисодиёти имконӣ ва ришвахӯрӣ барои ҷалб гардидани сармояи хориҷӣ ва дохилӣ мамонияти бузурге эҷод менамоянд. Дар ин мақола сабабҳои пайдоиши тарафи иқтисодиёти имконӣ ва ришвахӯрӣ муайян шудаанд, ки ба се гурӯҳ чудо мешаванд: сабабҳои иқтисодӣ, ҳуқуқӣ ва ҷамъиятию сиёсӣ. Меъёрҳо ва усулҳои бартаараф намудани иқтисодиёти имконӣ ва ришвахӯрӣ дар ин гузориши илмӣ пешниҳод шудааст.

**S.K. Kamolitdinov., G.K. Nazarova**

### SHADOW ECONOMY AND CORRUPTION

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Энергетическая стратегия предусматривает разработку и реализацию комплексной, перспективно ориентированной государственной энергетической политики, направленной на максимально эффективное использование ресурсного, производственного, научно-технического и кадрового потенциала топливно-энергетического комплекса (ТЭК).

Моделируя будущее экономики Таджикистана, в том числе устойчивое развитие энергетики уже сегодня необходимо закладывать в модель параметры, позволяющие эффективно достигать поставленные цели. Реальное существование таких параметров обусловлено нашими сегодняшними возможностями и желаниями. Власти и обществу необходимо уже сегодня создавать благоприятные условия для формирования исходных данных, определяющих процветание и устойчивое развитие ТЭК.

Достижение поставленной цели предполагает разработку стратегии, основанной на комплексном системном подходе, который позволит на базе экономико-математических методов определить эффективный путь устойчивого развития энергетики Республики Таджикистан.

ТЭК – сложное объединение, включающее множество взаимосвязанных элементов с различной возрастной структурой. Распределение ресурсов и установление правил – сложная задача для лиц, принимающих решение. Основой для успешных действий может являться фундаментальный научный подход к процессам формирования стратегических планов развития отрасли, использующий экономико-математические методы и модели.

В соответствии с теорией оптимизации оптимальным вариантом развития и размещения энергообъектов в отрасли по заданному критерию считается такой вариант создания новых или модернизации существующих объектов, при котором в течение некоторого рассматриваемого периода выполняются необходимые условия деятельности отрасли, а эффективность варианта по рассматриваемому критерию является наибольшей.

Оптимизационные расчеты в общем случае позволяют определить:

- размеры энергопредприятий (ЭП) и их размещение;
- темпы развития отрасли и отдельных ее объектов;
- вид производимого энергоресурса (ЭР) и объем его выпуска;
- потребность отрасли в капитальных вложениях и других необходимых ресурсах и их распределение, как между объектами отрасли, так и во времени;
- прикрепление поставщиков к потребителям;
- степень удовлетворения спроса на ЭР различных потребителей;
- транспортные связи;
- сравнительные оценки эффективности использования ресурсов и производства ЭР применительно к рассматриваемому критерию и в рамках используемой экстремальной модели.

Одним из важнейших вопросов разработки оптимизационной модели перспективного развития энергетики РТ является способ описания его объектов. Описание энергетических объектов в сокращенной модели основано на группировке их в ограниченное число условных категорий, характеризующихся общностью изменения технико-экономических показателей. Большая размерность задач, описывающих развитие энергетики, обуславливает необходимость расчленения ее на ряд задач меньшей размерности.

Поставленную задачу можно решить в два этапа на первом этапе составляется модель развития и размещения ЭП, определяется спрос на ЭР и необходимый объем их поставок при минимизации затрат, на втором этапе моделируются процессы распределения имеющихся ресурсов, в качестве критерия предполагается использовать максимизацию полезного эффекта.

Первый этап:

Производство соответствующего ЭР не должно быть меньше суммарного спроса на него, то есть

$$\sum_{s=1}^{\bar{S}} \sum_{q=1}^{\bar{Q}_S^t} a_{sj}^{qt} x_s^{qt} \geq D_j^t \quad (j = 1, \dots, \bar{J}; t = 1, \dots, \bar{T}), \quad (1)$$

где  $s$  — номер ЭП ( $s = 1, \dots, \bar{S}$ );

$\bar{S}$  — общее количество всех ЭП (как строящихся, так и действующих);

$j$  — вид энергоресурса (ЭР) ( $j = 1, \dots, \bar{J}$ );

$q$  — номер варианта «специализации» (тип ЭП, мощность и т.п.) ( $q = 1, \dots, \bar{Q}_S^t$ );

$t$  — период времени ( $t = 1, \dots, \bar{T}$ )

$a_{sj}^{qt}$  — объем производства  $j$ -го энергоресурса на  $s$ -м ЭП по  $q$ -му варианту в период  $t$ ;

$D_j^t$  — суммарный спрос на  $j$ -ый ЭР в период  $t$ ;

$x_s^{qt}$  — интенсивность использования  $q$ -го варианта  $s$ -го ЭП в период  $t$ .

В качестве критерия принимается минимизация суммарных затрат на производство ЭР:

$$\sum_{t=1}^{\bar{T}} \sum_{s=1}^{\bar{S}} \sum_{q=1}^{\bar{Q}_S^t} c_s^{qt} x_s^{qt} \rightarrow \min, \quad (2)$$

На основе полученного плана производства ЭР отдельными ЭП, могут быть определены оптимальные схемы прикрепления производителей ЭР к их потребителям. Порайонная потребность в ЭР каждого вида и затраты, связанные с транспортировкой ЭР известны.

Введем следующие обозначения:

$s'$  — номер (пункта)-потребителя ( $s' = 1, \dots, \bar{S}$ );

$d_{s'j}^t$  — спрос на  $j$ -й ЭР в  $s'$ -м пункте в период  $t$ ;

$a_{sj}^t$  — объем производства ЭР  $j$  на  $s$ -м предприятии в период  $t$ ;

$z_{ss'j}^t$  — искомый объем перевозки  $j$ -го ЭР из пункта  $s$  пункт  $s'$  в период  $t$ .

$c_{ss'j}^t$  — затраты на перевозку единицы  $j$ -го ЭР из пункта  $s$  в пункт  $s'$  в период  $t$ .

Решается ряд закрытых транспортных задач следующего вида:

1. Объем производства  $j$ -го вида ЭР должен строго равняться суммарному спросу на него всех районов потребления:

$$\sum_{s'=1}^{\bar{S}} d_{s'j}^t = \sum_{s=1}^{\bar{S}} a_{sj}^t = D_j^t \quad (3)$$

2. Суммарный объем транспорта  $j$ -го ЭР от пунктов производства должен быть больше или равен спросу на этот ЭР в пунктах потребления:

$$\sum_{s=1}^{\bar{S}} z_{ss'j}^t \geq d_{s'j}^t \quad (4)$$

3. Объем перевозок от  $s$ -го ЭП ко всем потребителям  $j$ -го ЭР не должен превышать объема производства этого ЭР в пункте  $s$ :

$$\sum_{s'=1}^{\bar{S}} z_{ss'j}^t \leq a_{sj}^t \quad (5)$$

Суммарные затраты на транспортировку ЭР должны быть минимальными:

$$\sum_{t=1}^{\bar{T}} \sum_{s=1}^{\bar{S}} \sum_{s'=1}^{\bar{S}} \sum_{j=1}^{\bar{J}} c_{ss'j}^t z_{ss'j}^t \rightarrow \min, \quad (6)$$

Задача должна решаться по критерию, в котором учитываются как затраты на производство, так и на транспорт энергоносителя до потребителя.

Ограничения:

$$\sum_{q=1}^{\bar{Q}_s} a_{sj}^{qt} x_s^{qt} + \sum_{s'=1}^{\bar{S}} (z_{s'sj}^t - z_{ss'j}^t) = d_{sj}^t \quad (7)$$

(при  $s = 1, \dots, \bar{S}$ ;  $t = 1, \dots, \bar{T}$ ).

Это балансовое уравнение означает, что производство  $j$ -го ЭР в пункте  $s$  в период  $t$  за минусом того, что вывозится в другие пункты, плюс то, что ввозится, должно быть равно потребности пункта  $s$  в  $j$ -м ЭР в период  $t$ .

Критерий (минимизация суммарных затрат на производство и транспортировку продукции):

$$\sum_{t=1}^{\bar{T}} \sum_{s=1}^{\bar{S}} \sum_{q=1}^{\bar{Q}_s} c_s^{qt} x_s^{qt} + \sum_{t=1}^{\bar{T}} \sum_{s=1}^{\bar{S}} \sum_{s'=1}^{\bar{S}} c_{ss'j}^{-t} z_{ss'j}^t \rightarrow \min, \quad (8)$$

Задачам перспективного планирования органически присущи неопределенность и неполнота исходной информации. Это относится ко всем видам параметров, включая технико-экономические показатели объектов, условия реализации ЭР, показатели обеспеченности ресурсами.

В особенности велика степень неопределенности показателей транспорта. При рассмотрении транспорта в задачах перспективного планирования следует учитывать одно обстоятельство: неправомерно придавать одинаковую значимость плану развития предприятий, который, если он будет принят, создаст реальную схему размещения, и плану перевозок в каком-то отдаленном году, который, безусловно, к этому году претерпит существенные изменения. Для нас представляет интерес не собственно план перевозок, а лишь его влияние на размещение, размеры и специализацию предприятий.

Указанные обстоятельства приводят к широкому использованию приближенных методов решения задач оптимального размещения производства. Эти методы развиваются в двух направлениях:

- 1) приближенные методы отыскания оптимального плана многоэкстремальных задач — целочисленных и нелинейных;
- 2) методы, основанные на принципе декомпозиции многоступенчатых систем, в особенности на принципах крупношаговых двойственных методов декомпозиции. Такие методы, в частности, позволяют заменять блок транспортных ограничений и переменных ценностными показателями, включаемыми в целевую функцию производственной части задачи.

Второй этап:

Составление перспективного плана развития отрасли представляет собой сложный процесс, осуществляемый одновременно на двух уровнях планирования. На «нижнем» уровне разрабатываются возможные варианты перспективного развития; на «верхнем» уровне, исходя из соответствующего критерия эффективности, производится отбор наилучших вариантов.

Эта модель (с помощью вычислительных систем) позволяет определить из множества возможных вариантов перспективных планов оптимальный вариант, удовлетворяющий условиям обеспечения необходимыми ЭР и лимитам на используемые при этом ресурсы.

Введем следующие обозначения:

$x_j^t$  — минимальный объем  $j$ -го вида ЭР, который должен быть произведен в течение  $t$ -го года периода планирования для поставок потребителям ( $t = 1, \dots, \bar{T}$ )

$R_l^r$  — количество ресурсов  $l$ -го вида, которые выделяются для развития отрасли в  $r$ -м плановом году ( $r = 0, \dots, \bar{T}$ ;  $l = 1, \dots, \bar{L}$ ).

Величины  $x_j^t$  и  $R_l^r$  в модели принимаются известными.

Величина  $\bar{L}$  характеризует общее количество видов ресурсов, подлежащих использованию в модели. Каждый вариант возможного развития должен содержать подробное описание технико-экономической деятельности предприятия на весь рассматриваемый период перспективного планирования  $T$  в разрезе по годам.

Предполагается, что для каждого  $s$ -го ЭП намечено  $\bar{Q}_s$  возможных вариантов его перспективного развития ( $1 \leq s \leq \bar{S}$ )

Обозначим через:

$x_{jsq}^t$  — объем  $j$ -го вида ЭР, который может быть произведен в течение  $t$ -го года на  $s$ -м ЭП в случае осуществления  $q$ -го варианта развития ЭП;

$G_{lsq}^t$  — количество ресурсов  $l$ -го вида, которое необходимо  $s$ -му ЭП в течение  $t$ -го года в случае осуществления  $q$ -го варианта.

Величины  $x_{jsq}^t$  и  $G_{lsq}^t$  в модели также являются заданными, т.к. они характеризуют содержание возможных вариантов перспективного развития предприятий.

Неизвестными величинами в модели являются:

$Z_{sq}$  — булевская переменная, равная 1, если для  $s$ -го ЭП осуществляется  $q$ -й вариант его развития, и равная нулю в противном случае;

$R_l^{rt}$  — количество ресурсов  $l$ -го вида, которое выделяется данной отрасли в  $r$ -м году и осваивается в  $t$ -ом году ( $R_l^{rt} > 0$ ;  $\bar{T} > 0$   $t > r$ );

$y_j^t$  — расход  $j$ -го ЭР на собственные нужды и объем потерь при транспортировке в течение  $t$ -го года ( $y_j^t \geq 0$ );

$G_l^t$  — количество ресурсов  $l$ -го вида, потребляемых в течение  $t$ -го года.

Целевая функция в общем случае должна отражать принцип максимизации полезного эффекта, характеризующего деятельность системы.

В качестве такого эффекта целесообразно принять величину прибыли, получаемую всеми ЭП отрасли. Коэффициенты, характеризующие величину прибыли, могут быть определены следующим образом.

Обозначим через  $w_j^t$  цену ЭР  $j$ -го вида, произведенного в  $t$ -м году, а через  $w_l^t$  — цену ресурсов  $l$ -го вида, потребляемого в  $t$ -м году.

Тогда имеет место равенство:

$$\left( \sum_{t=1}^{\bar{J}} w_j^t x_{jsq}^t - \sum_{t=1}^{\bar{L}} w_l^t G_{lsq}^t \right) z_{sq} = \Theta_{sq} z_{sq} \quad (9)$$

$$\text{где } \Theta_{sq} = \sum_{t=1}^{\bar{J}} w_j^t x_{jsq}^t - \sum_{t=1}^{\bar{L}} w_l^t G_{lsq}^t, \text{ — величина прибыли.} \quad (10)$$

Для реконструируемых и строящихся ЭП выражение (10) должно иметь более сложный вид. Наряду со стоимостными показателями текущего выпуска и затрат, оно должно отражать стоимостное выражение перспективности варианта, а также стоимостное выражение непосредственно самого процесса строительства или реконструкции. Например, величина  $\Theta_{sq}$  должна уменьшаться в случае, если план строительства или реконструкции выполняется в сроки, но не выполняются ограничения по ресурсам или же, наоборот, укладывается в лимиты по ресурсам, но сроки строительства при этом выходят за пределы периода планирования. Таким образом, величина  $\Theta_{sq}$  — имеющая комплексный характер и отражающая эффективность различных вариантов деятельности ЭП.

Поскольку существуют потери ЭР при транспортировке его потребителям, а также расходы на собственные нужды, величина прибыли сокращается на эту величину:

$$\sum_{t=1}^{\bar{T}} w_j^t y_j^t \quad (11)$$

Следовательно, критерий модели перспективного планирования на весь период  $T$  можно представить в следующем виде:

$$\max \left( \sum_{s=1}^{\bar{S}} \sum_{q=1}^{\bar{Q}_S} \Theta_{sq} Z_{sq} - \sum_{t=1}^{\bar{T}} w_j^t y_j^t \right) Z_{sq} \quad (12)$$

Ограничения можно представить следующим образом:

$$\sum_{t=1}^{\bar{T}} \sum_{s=1}^{\bar{S}} \sum_{q=1}^{\bar{Q}_S} x_{jsq}^t Z_{sq} + \sum_{t=1}^{\bar{T}} y_j^t \geq X_j^t \quad (13)$$

$$\sum_{s=1}^{\bar{S}} \sum_{q=1}^{\bar{Q}_S} G_{jsq}^t Z_{sq} = \sum_{r \leq t} R_l^{rt} + \sum_{t=1}^{\bar{T}} \sum_{r=0}^r \xi_j^{t-r} y_j^{t-r} \quad (14)$$

$$\sum_{q=1}^{\bar{Q}_S} Z_{sq} = 1 \quad (s = 1, \dots, \bar{S}) \quad (15)$$

В заключение остановимся на некоторых экономических и вычислительных аспектах модели.

1. Важнейшим звеном модели является множество возможных вариантов перспективного развития отрасли. Сама же идея, являясь в модели формальной, содержит, однако, определенный экономический смысл. На верхнем уровне планирования производится отбор вариантов, а процесс их построения осуществляется на нижнем уровне, то есть находится в компетенции непосредственно предприятий. Это позволяет предприятиям с наибольшей полнотой использовать свои производственные и экономические возможности.

2. Система не содержит прямых ограничений на величины  $y_j^t$ . Однако это не может привести к неограниченному росту потребления собственных ЭР внутри системы за счет сокращения поставок потребителям, поскольку целевая функция содержит отрицательные члены  $\sum_{t=1}^{\bar{T}} w_j^t y_j^t$  пропорциональные величинам  $y_j^t$ , которые при любых  $y_j^t > 0$  уменьшают значение целевой функции.

Следовательно, оптимальный перспективный план может содержать  $y_j^t > 0$  лишь в тех пределах, которые необходимы для выполнения плана выпуска продукции в соответствии с контрольными цифрами. Более того, отсутствие прямых ограничений на  $y_j^t$  позволяет системе рациональнее распоряжаться собственной энергией.

3. В предлагаемой модели не рассматриваются вопросы построения возможных вариантов развития ЭП. Эти вопросы касаются многих сторон технической, экономической и организационной деятельности предприятий, и решение их связано с преодолением большого числа как принципиальных, так и чисто технических трудностей. Поэтому от применения экономико-математических методов и ЭВМ при решении задач перспективного планирования следует ожидать значительного эффекта только тогда, когда сам трудоемкий процесс составления возможных вариантов будет в значительной степени автоматизирован хотя бы в части типовых расчетных работ.

Моделирование рационального развития энергетического комплекса Республики Таджикистан должно ставить целью не только согласование масштабов и пропорций производства и распределения энергии среди различных потребителей и районов республики, но и увязку планов устойчивого развития ТЭК с условиями создания и развития энергетической базы Таджикистана. В результате реализации комплекса системных мероприятий, предусматриваемых Энергетической стратегией, в ТЭК будут ликвидированы основные структурные и экономические диспропорции, сдерживающие его оптимальное развитие. В совокупности с долгосрочно ориентированной правовой базой регулирования отношений в ТЭК, это создаст условия для концентрации государственной политики и деятельности экономических агентов на долгосрочных ориентирах устойчивого поступательного развития ТЭК в перспективе, что в свою очередь приведет к достижению страной приемлемого уровня энергетической и, как следствие, экономической безопасности.

У.А. Абидов

**МОДЕЛИКУНОНИИ РУШДИ ДУРНАМОИ ЭНЕРГЕТИКАИ  
ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН**

Системаи энергетикӣ – ин иттиҳодияи мураккабе мебошад, ки ҷамъи элементҳои ба якдигар пайвастро ба структураи афзоишӣ дарбар мегирад.

Захираҳои барои ташкил ва афзоиши онҳо доимо маҳдуданд. Қабули қарор доир ба тақсимои захираҳои ва ҷорӣ намудани қоидаҳои барои шахсоне, ки қарорро қабул менамоянд, масъалаи мураккаб аст. Барои ба мақсади дар пешгузошта расидан зарур аст стратегияро, ки дар асоси муносибати системаи комплексӣ, ки имконият медиҳад роҳи аз ҳама муҳимтар ва самараноки рушди устувори энергетикаи Ҷумҳурии Тоҷикистонро муқамал ба ҳисоб гирад, муайян намояд, аз он ҷумла, бо ёрии тартиб додан ва ҳалли шаклҳои оптимизатсионӣ

Иҷрои ҳисоботҳои оптимизатсионӣ ба таври умумӣ имконият медиҳад, ки нақшаи соҳаи додасуда дарёфт карда шавад ва он чунин нақшахоро дар бар мегирад.

- иҷрошавӣ ва андозаҳои корхонаҳои энергетикӣ;
- суръати рушди соҳаҳои ва объектҳои ҷудоғонаи он;
- талаботи соҳа ба маблағгузорӣ ва дигар захираҳои зарурӣ ва тақсимои онҳо чӣ дар байни объектҳои соҳаҳои ва чӣ дар вақт;
- қаноатмандкунии дархостҳои ба захираҳои энергетикӣ барои истифодабарандагони гуногун;
- алоқаи нақлиёт;
- баҳоҳои нисбии самаранокии захираҳои қайдкардасуда ва коркарди захираҳои энергетикӣ.

U.A. Abidov

**THE MODEL OF PERSPECTIVE DEVELOPMENT OF ENERGETICS IN THE  
REPUBLIC OF TAJIKISTAN**

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ

А.Д. Ахророва

## УНИВЕРСИТЕТСКАЯ НАУКА – ИННОВАЦИОННЫЙ РЕСУРС РЕФОРМЫ СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ

В принятой на Всемирной конференции «Наука для XXI века: новые обязательства», проходившей в 1999 г. под эгидой ЮНЕСКО, Декларации о науке и использовании научного знания содержится призыв к правительствам стран, особенно развивающихся, увеличить инвестиции в науку и образование, признать ключевую роль научных исследований в приобретении знаний, подготовке высококвалифицированных кадров.

Образование и научная исследовательская работа все больше и больше воспринимаются как экономически полезная деятельность человека, создающего опосредованно прибавочный продукт (стоимость) на протяжении всей своей жизни. По данным Всемирного банка, на традиционный «физический капитал», созданный человеческим трудом, приходится 16% общего объема мирового богатства, на природный капитал еще 20%, а остальные 64% составляет человеческий капитал (включающий образование и научный капитал).

Образование и научный капитал, являясь главным фактором устойчивого развития, представляют собой своеобразную систему качественных характеристик общества. Сегодня признана особая значимость правового, финансового и научно-методического обеспечения развития системы образования для обеспечения национальной и экономической безопасности страны. Признано, что именно система образования, формирующийся в ней человеческий капитал, может и должна активно участвовать в обеспечении процесса устойчивого развития нашей страны.

Знания и тем более научные, являются важнейшим экономическим и социальным ресурсом. В странах, где не проводятся научные исследования, где они не востребованы, происходит существенное снижение интеллектуального потенциала. Исторический опыт свидетельствует о том, что, если государство не обеспечит условий для достаточно устойчивого развития науки и образования, народ такого государства обречен и будет выведен из цивилизованного русла развития.

От эффективности национальной системы формирования человеческих ресурсов зависит конкурентоспособность отечественной продукции, финансовая стабильность, преодоление социальных угроз (ухудшение условий жизни населения, массовая бедность, безработица, преступность, социальные конфликты, кризис доверия к власти). В свою очередь устойчивое развитие образовательных процессов немыслимо без учета запросов экономики, социальной сферы, науки, техники, технологий и рынка труда, их перспективных потребностей.

Научный потенциал высшей школы Республики Таджикистан является важнейшим ресурсом национальной экономики. Это предопределяет необходимость проведения соответствующей государственной политики в системе образования, обеспечивающей развитие инновационной способности ученых и преподавателей высших учебных заведений. Основой этой политики должно быть единство научных исследований и образовательных процессов.

Национальная система образования, включая и отраслевую науку, переживает не лучший из периодов своего развития. Сокращение бюджетного финансирования, востребованности научных исследований, отток из вузов кадров высшей квалификации и талантливой молодежи, отсутствие эффективной мотивации негативно отразились на организации научных исследований в университетах, их инновационной деятельности. Сегодня около 80% научно-педагогических работников имеют дополнительные источники заработка за пределами университета. При существующем уровне заработной платы остается один выход: уйти из системы образования или выехать за пределы страны туда, где твой труд, интеллект оплачивается должным образом.

Слабость отечественной экономики в обеспечении достойной оплаты вузовских работников заставила пойти на беспрецедентный шаг – организацию коммерческого образования в ущерб его

качеству. На определенном этапе это позволило университетам выжить. Однако объем и качество научных исследований, качество преподавания и эффективность подготовки специалистов не только не улучшились, а ухудшились. Сегодня в университетах преобладают студенты со слабой подготовкой и преподаватели с недостаточной эрудицией. Преподаватели физически не могут заниматься самообразованием, повышением своей квалификации из-за высокой загруженности аудиторными часами, работая, как правило, в двух вузах.

Кризисное состояние отечественного образования и науки, принявшее затяжной и болезненный характер, является фактом настолько очевидным, что не требует развернутого обоснования. Образование, с которым всегда связывали надежды на решение общечеловеческих проблем и которое рассматривали как социальный институт, обеспечивающий развитие общества, само оказалось сраженным кризисом и нуждается в реформировании. Признано, что можно работать при плохой организации труда, но невозможно работать при реорганизации, реформировании. В современных условиях решение ключевых проблем национальной системы образования связано с соответствующим финансированием.

**Кризис образования это явление характерное не только для нашего времени. Однако в современный период, когда разрушаются устоявшиеся представления, ценности, нравственные нормы, идеалы, жизненные ориентации, этот кризис переживается значительно острее. Он приобрел затяжной характер и может иметь разрушительные последствия для нашей страны. Вместе с тем кризис одновременно и разрушителен и созидателен, деструктивен и конструктивен. Разрушая, он создает основы, предпосылки для появления новых подходов, средств, технологий и т.п. Поэтому кризисное состояние отечественной системы образования и науки можно рассматривать как не только неизбежное, но и необходимое условие его прогрессивного устойчивого развития.**

В настоящее время одним из приоритетов в политике государства признано реформирование системы образования. Ключевыми моментами его являются:

- ориентация на новое содержание парадигмы образования;
- новый подход к системе образования как отрасли, производящей человеческие ресурсы;
- снижение бедности в системе образования;
- расширение доступа к образованию;
- повышение качества образования;
- повышение эффективности системы образования в целом и отдельных образовательных учреждений;
- разработка и внедрение новых методов финансирования;
- повышение статуса работников системы образования.

Крайне актуальными в проводимой реформе системы образования является разработка обоснованной стратегии ее развития. В этих условиях научный потенциал университетов должен стать основой и движущей силой реформ в системе образования. Основная задача научного сектора системы образования – это обеспечение необходимых условий для обеспечения качества подготовки научных и научно-педагогических кадров, научное и научно-методическое обеспечение процессов реформирования и модернизации образования. От состояния вузовской науки в значительной мере зависит качество подготовки специалистов, формирование у них способности к мышлению в масштабе глобальных категорий. Проблема качества высшего образования в настоящее время приобрела особую актуальность как на национальном, так и на международном уровнях.

В разработанном ЮНЕСКО документе (1995г.) под качеством образования понималось и качество научных исследований, и преподавания, и инфраструктуры, и образовательной среды вузов и многого другого [1]. В 1998 г. на состоявшейся в Париже Всемирной конференции по высшему образованию вновь шла речь о качестве как «одной из главных задач высших учебных заведений на длительную перспективу» [2]. В принятой в 1999 г. Болонской декларации о создании к 2010 г. единой европейской зоны высшего образования одна из основных статей также касается качества образования [3].

Состояние университетской науки является одним из аспектов оценки конкурентоспособности университета, вклада выпускаемых им специалистов в укрепление экономической безопасности страны. Речь идет о своевременном выявлении факторов, направленных на разрушение (замораживание) потенциала университетской науки, ее финансировании, содержании научных исследований, а также качества университетского образования, так как именно образование является поставщиком кадров в науку, имеет место и обратная связь.

Что определяет содержание и качество научных исследований в отечественных университетах? Не претендуя на полноту, можно выделить следующее:

- кадровый потенциал университетской науки, условия формирования и развития научных школ;
- востребованность результатов научных исследований в стране;
- диверсификация источников финансирования научных исследований;
- организация научных исследований и мотивация труда научных работников;
- вовлечение в творческую деятельность талантливой молодежи;
- международные связи и возможности их развития.

*Кадровый потенциал.* Характерным для постсоветского периода в Таджикистане, как, впрочем, и в других странах, явилась «утечка умов» из университетов и исследовательских центров. Формы «утечки умов» – традиционные и нетрадиционные, явные и скрытые. Внесен определенный вклад в разрушение отечественного потенциала науки и различными международными фондами через систему грантов, хотя и ограниченных, на научные исследования талантливой молодежи, которая в большинстве своем получила вид на жительство в развитых странах. Существенную роль в миграции научных кадров сыграла и нестабильная политическая и экономическая ситуация в стране. В результате в течение продолжительного периода научные кадры оказались не востребованы обществом. Известно, что общество, не предъявляющее спрос на научные ценности, не формирует спрос и на людей, способных их создавать и генерировать.

Официальный критерий квалификации труда преподавателя университета – это ученая степень и ученое звание. Формирование и развитие научных школ предполагает наличие в университете специалистов с учеными степенями. Таджикистан – одна из немногих стран СНГ, которая до сегодняшнего дня сохранила научную экспертизу диссертационных работ Федеральной службой по надзору в сфере образования и науки Министерства образования и науки Российской Федерации. В нашей стране есть Аттестационная комиссия, но в ее функции не входит научная экспертиза и присуждение ученых степеней и ученых званий соискателям. Почему мы пошли по этому пути? Этим самым мы выразили желание сохранить не только единое научно-образовательное пространство, но и способствовать обеспечению качества диссертационных работ. Правительством Таджикистана предприняты меры по возобновлению практики подготовки научно-педагогических кадров в российских научных центрах.

*Рынок инноваций.* В отличие от рынка образовательных услуг рынок результатов научных исследований в Таджикистане находится в стадии формирования. Сегодня уже имеется спрос на консалтинговые услуги ученых, результаты прикладных научных исследований. Спрос формируется в основном горнодобывающей и легкой промышленностью, цветной металлургией, агропромышленным комплексом. Проблемы развития этого рынка связаны с ограниченным финансированием, институциональными проблемами, несовершенством системы регистрации научных открытий.

**Финансирование научных исследований.** Неблагоприятная ситуация, сложившаяся как в целом в науке, так и в области фундаментальных и прикладных исследований в значительной мере связана с ее финансированием. Резкое сокращение финансирования и, как следствие, сокращение объема и тематики научных исследований стало причиной оттока ученых из сферы науки. Невостребованность научных кадров вынудила их к поиску дополнительных заработков.

*Организация научных исследований и мотивация труда научных работников.* Сегодня организация научных исследований в стране требует коренного пересмотра. Во-первых, необходимо обеспечить эффективное использование научных кадров в различных областях науки на основе взаимодействия деятельности академических, отраслевых научных центров с университетской наукой, высшим и послевузовским образованием. Это позволит эффективно использовать научный потенциал, обеспечит возможность профессорско-преподавательскому составу университетов систематически заниматься научными исследованиями, способствует улучшению использования финансовых средств и подготовке научно-педагогических кадров. В настоящее время оклад

преподавателя, его учебная нагрузка никак не зависят от того, занят ли он научными исследованиями, отсутствует мотивация к проведению научных исследований. Поэтому сегодня крайне необходимо повысить статус научных исследований.

Очень важна оценка эффективности производства научных знаний. На наш взгляд особого внимания заслуживает и такой аспект, кто донесет необходимые знания студентам, слушателям.

Очевидно, что традиционные понятия и методы преподавания программ подготовки специалистов, бакалавров, магистров и аспирантов все в меньшей мере отвечают требованиям времени. К сожалению, преподаватели не хотят смириться с тем, что потребители знаний, сидящие в аудиториях, умеют читать и понимать то, что читают. Поэтому нет необходимости пересказывать слушателям учебники. В области бизнеса, экономики, менеджмента, маркетинга – это, как правило, учебники западных экономистов, не адаптированные к нашей действительности. Сегодня наши студенты, слушатели желают получить специально разработанные для них программы, учитывающие реальный мир, в котором они живут и работают. Требования к организаторам обучения, преподавателям возросли в значительной мере.

Профессиональный преподаватель университета изложение теоретического материала подтверждает примерами из реальной практики. Поэтому весьма важно для преподавателей проведение соответствующих исследований, направленных на решение актуальных проблем национальной экономики. Преподаватель, систематически проводящий научные исследования, может обеспечить высокое качество образовательного процесса.

Эффективность образования в значительной мере определяется способностью выпускников применить полученные знания в процессе принятия решений, решать реальные проблемы фирмы, где они работают. Такие навыки формируются при выполнении студентами курсовых и дипломных проектов (работ) на основе решения реальных задач, формирования и развития у студентов аналитических способностей. Выбор направлений научных исследований соискателями ученых степеней должен быть ориентирован на решение актуальных проблем отечественной экономики.

В последние годы в Таджикистане складывается экономика преимущественно сырьевой направленности, характерная для обеспеченных ресурсами развивающихся стран, полностью зависящая от внешних факторов. В этих условиях производство, не предъявляющее спроса на новую, передовую технику и технологию, не предъявляет спроса и на людей, способных создавать ее. Что можно прогнозировать в условиях резкого снижения престижности образования и науки? Как привести состояние и результативность образовательного процесса и научных исследований в университете к потребностям и ожиданиям общества? Что предпринять для того, чтобы обеспечить удовлетворенность ожиданий различных участников образовательного процесса от предоставляемых университетом образовательных услуг? На эти и другие вопросы должны найти ответы образовательные и научные центры нашей страны, а также государственные органы на основе проведения соответствующей стратегии и политики в области образования и науки.

*Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими*

## Литература

1. Реформа и развитие высшего образования // Программный документ/ЮНЕСКО.-Париж,1995.- С.13.
2. Всемирная декларация о высшем образовании для XXI века: подходы и практические меры// Дистанционное образование. – 199. - №4,5 – (<http://www.dvgu.ru/umu/didjest/distedu/year1999/XXIcentu.htm>).
3. Болонский процесс в документах и статьях (Сорбонна-Болонья–Саламанка– Прага)/ Сост. Е.В. Шевченко, ИПЦ, С.Пб. ГТУ, 2001. – 26 с.

А.Д. Ахророва

**ИЛМИ ДОНИШГОҲӢ – ЗАХИРАИ ИННОВАТСИОНИИ ИСЛОҲОТИ  
НИЗОМИ МАОРИФ**

Дар мақола масъалаҳои мубрами таҳсилоти донишгоҳӣ баррасӣ шудаанд. Маориф ва сармояи илмӣ омилҳои асосии рушди устувор буда, низоми хусусиёти босифати ҷамъиятиро нишон медиҳад. Дар ҳақиқат, низоми маориф метавонад дар таъмини ҷараёни рушди давлат фаъолона иштирок намояд. Аз самаранокии низоми маориф рақобатнокии маҳсулоти ватанӣ, устувории молия, баргараф намудани таҳдидҳои иҷтимоӣ (бад шудани шароити зисти аҳоли, камбизоатии омма, бекорӣ, ҷинояткорӣ, муборизаҳои иҷтимоӣ, бӯҳрони боварӣ ба ҳокимият) вобаста аст. Дар навбати худ рушди устувори ҷараёни маориф бо назардошти талаботҳои иқтисодӣ, муҳити иҷтимоӣ, илм, техника, технология ва бозори меҳнату талаботҳои дурнамои он имконпазир аст.

Ҳолатҳои костагии маориф ва илми ватанӣ, ки ҳислати номатлубро қабул кардааст, мавқеи ҳақиқияти ин соҳаро муайян месозад, ки онро шарҳ додан зарурӣ надорад. Иқтисодии илмӣ макотиби олии Тоҷикистон захираи асосии иқтисодиёти миллӣ ба ҳисоб меравад. Зарурияти дастгирии сиёсати давлатӣ дар низоми маориф, ки рушди навоариҳои олимони, зиёӣён ва омӯзгорони болаёқати мактабҳои олиро таъмин намояд, муҳим аст. Асоси ин сиёсат бояд ягонагии тадқиқотҳои илмӣ ва ҷараёнҳои таълимӣ бошад.

**A.D.Akhrova**

**UNIVERSITY SCIENCE - THE INNOVATIVE RESOURCE OF THE REFORM  
EDUCATION SYSTEM**