

ВЕСТНИК

Череповецкого государственного университета



НАУЧНЫЙ
ЖУРНАЛ

*Основан
в 2002 году*

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

2/2006

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в декабре 2002 г.

№ 2(11) • 2006 • НОЯБРЬ. *Выходит два раза в год*

Направление: **ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

УЧРЕДИТЕЛЬ: ГОУ ВПО Череповецкий государственный университет

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Н.И. ШЕСТАКОВ, д-р техн. наук, проф. (*гл. редактор*);
Н.В. ДЕМИДОВА, канд. пед. наук, доц. (*ответственный секретарь*);
Э.А. ГАРБЕР, д-р техн. наук, проф., засл. деятель науки и техники РФ;
В.С. ГРЫЗЛОВ, д-р техн. наук, проф., засл. деятель науки РФ;
Е.В. ЕРШОВ, канд. техн. наук, доц.;
З.К. КАБАКОВ, д-р техн. наук, проф.;
Ю.А. КАЛЯГИН, д-р техн. наук, проф.;
В.А. КОТЕНКО, канд. техн. наук, доц.;
А.Л. КУЗЬМИНОВ, д-р техн. наук, проф.;
Н.П. КОЛОМИЙЦЕВ, канд. биол. наук, доц.;
В.В. МУХИН, д-р физ.-мат. наук, проф.;
Е.Б. ОСИПОВ, д-р физ.-мат. наук, проф.;
В.В. ПЛАШЕНКОВ, д-р воен. наук, проф.;
Н.Н. СИНИЦЫН, д-р техн. наук, проф.
Н.В. ТЕЛИН, д-р техн. наук, проф.
Н.Е. ХИСАМУТДИНОВ, д-р техн. наук, проф.

РЕДАКТОРЫ:

Н.А. БАЧУРИНА (разд. 1, 4, 5), Н.А. ГАВРИЛОВА (разд. 2, 3, 6), Г.В. ИВАНОВА (разд. 9), Т.В. ФЕВРА-
ЛЕВА (разд. 7, 8)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МАКЕТИРОВАНИЕ:

Н.А. БАЧУРИНА

Адрес редакции: 162600, г. Череповец, пр. Луначарского, 5, тел. (8202) 55-31-91

© ГОУ ВПО Череповецкий государственный
университет, 2006

Раздел 1

МАТЕМАТИКА

УДК 519.53

В.В. Мухин, Д.В.Сергеева
Кафедра алгебры и геометрии

ТЕОРЕМА ДВОЙСТВЕННОСТИ ДЛЯ ЛОКАЛЬНО КОМПАКТНЫХ АБЕЛЕВЫХ n -ГРУПП

Введение. Терминология, касающаяся алгебраических n -групп согласована с [1], за исключением того, что мы пишем n -группа вместо n -арная группа.

Топологические n -группы стали рассматриваться сравнительно недавно [2]. Дальнейшее продвижение в их изучении представлено в работах [3], [4], [5].

В данной работе рассматриваются характеры локально компактных абелевых n -групп и доказывается теорема, обобщающая классическую теорему двойственности Понтрягина – Ван Кампена на случай n -групп.

Упорядоченную пару $\langle X, (\) \rangle$, где X — непустое множество, $(\)$ — ассоциативная n -арная операция на X такая, что для любой последовательности $a_1^{n-1} a \in X^n$ каждое из следующих уравнений: $(x a_1^{n-1}) = a$ и $(a_1^{n-1} x) = a$ имеет единственное решение, называют n -группой. n -Группу $\langle X, (\) \rangle$, наделенную топологией, называют то-

пологической, если n -арная операция $(\)$ непрерывна по совокупности аргументов и решение x каждого из приведенных выше уравнений непрерывно зависит от $a_1^{n-1} a \in X^n$.

Здесь и ниже последовательность a_1, \dots, a_n обозначаем через a_1^n , а результат действия n -арной операции $(\)$ на такой последовательности — через (a_1^n) . Кроме того, если $a_1 = a_2 = \dots = a_n = a$, то последовательность a_1^n обозначаем через a^n . Группу $\langle X, (\) \rangle$ называют абелевой, если результат (a_1^n) не зависит от перестановки элементов последовательности a_1^n для любой последовательности $a_1^n \in X^n$.

1. Характеры n -групп. Пусть T — группа комплексных чисел, по модулю равных единице, с операцией обычного умножения чисел, и пусть $\langle X, (\) \rangle$ — n -группа. Отображение $f: X \rightarrow T$ та-

кое, что $f(x_1^n) = f(x_1) \cdot \dots \cdot f(x_n)$ для любой последовательности $x_i^n \in X^n$, назовем характером n -группы $\langle X, () \rangle$.

Произведение двух характеров n -группы $\langle X, () \rangle$ является характером этой n -группы. Множество всех характеров n -группы $\langle X, () \rangle$, с так определенным умножением, является абелевой бинарной группой.

Теорема 1. Если χ — характер n -группы $\langle X, () \rangle$, то формула $\chi_1(x) = \beta \cdot \chi(x)$ ($x \in X$) определяет характер n -группы $\langle X, () \rangle$ тогда и только тогда, когда $\beta^{n-1} = 1$.

Доказательство. Если $\beta^{n-1} = 1$, то для любого $x \in X$ и любой последовательности $x_i^n \in X^n$ имеем $\chi_1(x_1^n) = \beta \cdot \chi(x_1^n) = \beta^{n-1} \beta \times (\chi(x_1) \cdot \dots \cdot \chi(x_n)) = (\beta \chi(x_1)) \cdot \dots \cdot (\beta \chi(x_n)) = \chi_1(x_1) \cdot \dots \cdot \chi_1(x_n)$, т.е. χ_1 — характер $\langle X, () \rangle$.

Если $\beta^{n-1} \neq 1$, то для x_1^n имеем $\chi_1(x_1^n) = \frac{\chi_1(x_1) \cdot \dots \cdot \chi_1(x_n)}{\beta^{n-1}} \neq \chi_1(x_1) \cdot \dots \cdot \chi_1(x_n)$, т.е. χ_1 не является характером n -группы $\langle X, () \rangle$.

Теорема 2. Пусть $\langle G, \cdot \rangle$ — абелева бинарная группа, X — система образующих G , H — подгруппа G и a — элемент из G такие, что $X = aH$, множества $H, aH, \dots, a^{k-1}H$ попарно различны и $a^k H = aH$. Пусть $l \in \mathbb{N}$, $n = l \cdot (k-1) + 1$ и $(a_i^n)_n = a_1 \cdot \dots \cdot a_n$. Тогда справедливы следующие утверждения:

1. $\langle X, ()_n \rangle$ является абелевой n -группой;
2. Если χ — характер k -группы $\langle X, ()_k \rangle$, $\beta \in \{ \sqrt[k-1]{1} \}$, то формула $\chi_1(x) = \beta \cdot \chi(x)$ ($x \in X$) задает характер n -группы $\langle X, ()_n \rangle$;
3. Если χ_1 — характер n -группы $\langle X, ()_n \rangle$, для

некоторого $b \in X$ имеет место $(\chi_1(b))^{k-1} = 1$ и

$\chi_1\left(\underbrace{b \cdot \dots \cdot b}_k\right) = \chi_1(b)$, то формула $\chi(x) = \overline{\chi_1(b)} \times \chi_1(x)$ ($x \in X$) определяет характер k -группы $\langle X, ()_k \rangle$;

4. Если χ — характер бинарной группы G , то сужение χ на X является характером k -группы $\langle X, ()_k \rangle$, причем различные характеры бинарной группы G имеют различные сужения на X ;

5. Каждый характер k -группы $\langle X, ()_k \rangle$ является сужением на X некоторого характера бинарной группы G .

Доказательство. 1. Устанавливается простой проверкой. 2. Заметим сначала, что каждый характер k -группы $\langle X, ()_k \rangle$ является характером n -группы $\langle X, ()_n \rangle$. Далее применим теорему 1.

3. Пусть выполнены условия утверждения 3, и пусть $x_1^k \in X^k$. Тогда

$$\begin{aligned} \chi_1\left(\left(x_1^k\right)_k\right) &= \frac{\chi_1\left(\left(x_1^k\right)_k\right)}{\chi_1(b)} = \frac{\chi_1^{(k-1)}\left(\frac{k}{b}\right) \cdot \chi_1\left(x_1^k\right)}{\chi_1(b) \cdot \chi_1(b)^{n-k}} = \\ &= \frac{\chi_1\left(\left(\left(\dots\left(\left(x_1^k\right)_k^{n-1}\right)\dots\right)\right)_k^{n-1}\right)}{\chi_1(b) \cdot \chi_1(b)^{n-k}} = \\ &= \frac{\chi_1\left(\left(x_1 \frac{n-1}{b}\right)\left(x_2 \frac{n-1}{b}\right)\dots\left(x_{k-1} \frac{n-1}{b}\right)x_k \frac{n-k-1}{b} \left(\frac{k}{b}\right)\right)}{\chi_1(b) \cdot \chi_1(b)^{n-k}} = \\ &= \frac{\chi_1(x_1) (\chi_1(b))^{n-1} \chi_1(x_2) (\chi_1(b))^{n-1} \dots \chi_1(x_k)}{\chi_1(b) \cdot (\chi_1(b))^{n-k}} \times \\ &\quad \times \frac{(\chi_1(b))^{n-k-1} \chi_1\left(\frac{k}{b}\right)}{\chi_1(b) \cdot (\chi_1(b))^{n-k}} = \end{aligned}$$

$$= \chi(x_1) \cdot \dots \cdot \chi(x_k) \cdot \chi_1(b)^{(k-1)n} = \chi(x_1) \cdot \dots \cdot \chi(x_n).$$

4. Очевидно, что сужение характера бинарной группы G на X является характером k -группы $\langle X, ()_k \rangle$.

Пусть χ_1 и χ_2 — различные характеры бинарной группы G . Тогда для некоторого $0 \leq l < k-1$ и некоторого $h \in H$ имеем $\chi_1(a^l h) \neq \chi_2(a^l h)$. Отсюда $\chi_1(a h) \neq \chi_2(a h)$. Так как $a h \in X$, то сужения χ_1 и χ_2 на X различны.

5. Пусть χ_0 — характер k -группы $\langle X, ()_k \rangle$. Для каждого $0 \leq l < k-1$ и каждого $h \in H$ положим $\chi(a^l h) = (\chi_0(a))^{l-1} \cdot \chi_0(a h)$. Тогда χ является функцией, определенной на G , принимающей значения из T , сужение которой на X совпадает с χ_0 .

Пусть $0 \leq l_1 < k-1$ и $0 \leq l_2 < k-1$, $h_1, h_2 \in H$. Если $l = l_1 + l_2 < k-1$, то

$$\begin{aligned} \chi(a^{l_1} h_1 a^{l_2} h_2) &= \chi(a^{l_1+l_2} h_1 h_2) = \\ &= (\chi_0(a))^{l_1+l_2-1} \chi_0(a h_1 h_2) = \\ &= (\chi_0(a))^{l_1+l_2-1-k+1} \cdot (\chi_0(a))^{k-1} \cdot \chi_0(a h_1 h_2) = \\ &= (\chi_0(a))^{l_1+l_2-k} \cdot \chi_0(a^{k-1}(a h_1 h_2)) = \\ &= (\chi_0(a))^{l_1+l_2-k} \cdot \chi_0(a^{k-2} \cdot (a h_1)(a h_2)) = \\ &= (\chi_0(a))^{l_1+l_2-2} \cdot \chi_0(a h_1) \cdot \chi_0(a h_2) = \\ &= (\chi_0(a))^{l_1-1} \chi_0(a h_1) \cdot (\chi_0(a))^{l_2-1} \chi_0(a h_2) = \\ &= \chi(a^{l_1} h_1) \cdot \chi(a^{l_2} h_2). \end{aligned}$$

Если $l = l_1 + l_2 \geq k-1$, то полагаем $a^{k-1} = h$, $h \in H$ и $l = l_1 + l_2 - (k-1)$. Получаем

$$\begin{aligned} \chi(a^{l_1} h_1 a^{l_2} h_2) &= \chi(a^{l_1+l_2} h_1 h_2) = \\ &= (\chi_0(a))^{l_1+l_2-1} \chi_0(a h_1 h_2) = \\ &= (\chi_0(a))^{l_1+l_2-1-k+2} \cdot \chi_0(a^{k-2}(a h_1)(a h_2)) = \\ &= (\chi_0(a))^{l_1+l_2-1+k-2} \chi_0(a h_1) \cdot \chi_0(a h_2) = \\ &= \chi_0^{l_1+l_2-(k-1)-1+k-2} \cdot \chi_0(a h_1) \cdot \chi_0(a h_2) = \\ &= \chi_0^{l_1-1}(a) \cdot \chi_0(a h_1) \cdot \chi_0^{l_2-1}(a) \cdot \chi_0(a h_2) = \\ &= \chi(a^{l_1} h_1) \cdot \chi(a^{l_2} h_2). \end{aligned}$$

Итак, χ — характер бинарной группы G .

2. Теорема двойственности для n -групп. Далее всюду $\langle X, (), \tau \rangle$ — локально компактная топологическая абелева n -группа.

Пусть T — группа (по умножению) комплексных чисел, по модулю равных единице, с топологией, определенной метрикой $\rho(c, d) = |c - d|$ ($c, d \in T$).

Множество всех непрерывных характеров топологической n -группы $\langle X, (), \tau \rangle$ обозначим через \hat{X} . Очевидно, \hat{X} является бинарной группой относительно операции поточечного умножения характеров. Наделим \hat{X} топологией компактной сходимости. Тогда \hat{X} становится локально компактной топологической группой. Ее, как и в бинарном случае, будем называть группой характеров n -группы X . Мы будем рассматривать только непрерывные характеры, не оговаривая этого особо.

Пусть G — обертывающая группа n -группы X , т.е. $\langle G, \cdot \rangle$ — бинарная группа, $X \subset G$, $(x_i^n) = x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n$ для любой последовательности $x_i^n \in X^n$, группа G обладает инвариантной подгруппой H такой, что $yH = Hy = X$, для любого $y \in X$ и фактор группа G/H есть циклическая группа порядка $(n-1)$, порожденная элементом yH [1].

Отсюда следует, что G будет абелевой группой и что множества $H, yH, \dots, y^{n-2}H$ попарно не пересекаются и в объединении дают все G .

Совокупность подмножеств группы G

$$\{A_1, \dots, A_k \mid A_i \in \tau, i=1, 2, \dots, k, k=1, 2, \dots, n-1\}$$

образует базу локально компактной топологии, согласованной с групповой структурой G . Каждое из множеств yH , будет открыто в G . Сужение этой топологии на X будет совпадать с τ . Группу G будем рассматривать вместе с введенной топологией.

Пусть χ — характер группы G . Сужение χ_X характера χ на X , очевидно, является непрерывным характером n -группы X . Формула $\pi(\chi) = \chi_X$, $\chi \in \hat{G}$ задает отображение π группы характеров \hat{G} в группу \hat{X} . Зафиксируем $a \in X$. Имеем $aH = X$.

Теорема 3. π — топологический и алгебраический изоморфизм \hat{G} на \hat{X} .

Доказательство. Так как сужение $\chi = \chi_1 \cdot \chi_2$ на X равно произведению сужений χ_1 и χ_2 на X для любых $\chi_1, \chi_2 \in \hat{G}$, то π — гомоморфизм \hat{G} в \hat{X} .

Из утверждения 4 теоремы 2 следует, что π является инъекцией. Заметим, что если $\chi_0 \in \hat{X}$, то характер χ группы G , построенный в доказательстве утверждения 5 теоремы 2, сужение которого на X есть χ_0 , будет непрерывным на G характером. Следовательно, π является сюръекцией, и, значит, π является алгебраическим изоморфизмом группы \hat{G} на группу \hat{X} .

Пусть F — компактное подмножество G , $\varepsilon > 0$ и $P(F, \varepsilon) = \{\chi \in \hat{G} \mid |\chi(x) - 1| < \varepsilon, \text{ для любого } x \in F\}$.

Система всех таких множеств образует базу в точке 1 топологической группы \hat{G} . Аналогичное замечание справедливо и для группы \hat{X} .

Покажем, что

$$\pi(P(F, \varepsilon)) \supset \left\{ \chi_0 \in \hat{X} \mid |\chi_0(x) - 1| < \frac{\varepsilon}{2n} \right\}$$

при $x \in (F \cap aH) \cup (aF \cap aH) \cup \dots \cup (a^{n-2}F \cap aH) \cup \{a\}$.

Пусть $\chi_0 \in \hat{X}$ и для любого $x \in a^s F \cap aH$ выполняется неравенство $|\chi_0(x) - 1| < \frac{\varepsilon}{2n}$ для $s = 0, 1, \dots, n-2$. А также $\chi_0(a) < \frac{\varepsilon}{2n}$.

Пусть $x \in F \cap a^k H$, $0 \leq k < n-1$ и $\pi(\chi) = \chi_0$. Тогда $\chi(x) = \chi_0^{k-1}(a) \cdot \chi_0(a h)$, где $x = a^k h$, $h \in H$. Так как $a^{n-k} x = a^{n-k} a^k h \in aH$, то

$$\begin{aligned} |\chi(x) - 1| &= |\chi_0^{k-1}(a) \cdot \chi_0(a h) - 1| = \\ &= |\chi_0^{k-n}(a) \cdot \chi_0(a^n h) - 1| \leq \\ &\leq |\chi_0^{k-n}(a) \cdot \chi_0(a^n h) - \chi_0(a^n h)| + |\chi_0(a^n h) - 1| \leq \\ &\leq |\chi_0^{k-n}(a) - 1| + \frac{\varepsilon}{2n} = |\chi_0^{n-k}(a) - 1| + \frac{\varepsilon}{2n} = \\ &= |\chi_0(a) - 1| \left| 1 + \chi_0(a) + \dots + \chi_0^{n-k-1}(a) \right| + \frac{\varepsilon}{2n} < \\ &< \frac{\varepsilon}{2n} n + \frac{\varepsilon}{2n} < \varepsilon. \end{aligned}$$

Отсюда следует справедливость доказываемого включения. Из него вытекает, что π — открытое отображение.

Так как для $F \subset X$ и $\varepsilon > 0$, то π — непрерывное отображение.

Обозначим через Ξ_X группу характеров группы \hat{X} . Пусть $x \in X$. Положим

$$x'(\chi) = \chi(x) \quad (x \in \hat{X}).$$

Тогда $x' \in \Xi_X$. Зададим отображение τ из X в

Ξ_X равенством $\tau(x) = x'$. Если $n = 2$, то τ есть непрерывный изоморфизм группы X на Ξ_X . Это есть утверждение знаменитой теоремы Понтрягина – Ван Кампена (смотри, например, [6]).

Для n -группы ($n > 2$) не следует ожидать такого результата хотя бы потому, что не всякая n -группа содержит единичный элемент, и если бы τ был изоморфизмом для n -группы, то прообраз единичного элемента из Ξ_X был бы единичным элементом в X .

Следующую теорему назовем теоремой двойственности для n -групп.

Теорема 4. *Справедливы следующие утверждения:*

(i) *отображение τ есть непрерывный инъективный гомоморфизм из X в Ξ_X ;*

(ii) *$\tau(X)$ является открытой n -подгруппой Ξ_X ;*

(iii) *$\tau(X)$ является классом смежности по открытой подгруппе \tilde{H} группы Ξ_X ;*

(iv) *порядок Ξ_X/\tilde{H} равен $n-1$.*

Доказательство. Пусть $x_1^n \in X^n$. Тогда для $\chi \in \hat{X}$ имеем

$$\begin{aligned} (x_1^n)'(\chi) &= \chi(x_1^n) = \chi(x_1) \cdot \chi(x_2) \cdot \dots \cdot \chi(x_n) = \\ &= x_1'(\chi) \cdot x_2'(\chi) \cdot \dots \cdot x_n'(\chi). \end{aligned}$$

Это означает, что

$$\tau(x_1^n) = \tau(x_1) \dots \tau(x_n).$$

Непрерывность τ доказывается так же, как и для бинарного случая [6].

Пусть G — обертывающая локально компактная группа n -группы X , рассмотренная в предыдущем разделе. Пусть $x, y \in X$ и $x \neq y$. Тогда существует $\chi \in \hat{G}$ такой, что $\chi(x) \neq \chi(y)$. Сужение χ на X , как уже было отмечено, является характером n -группы X . Следовательно, $\tau(x) \neq \tau(y)$.

Тем самым утверждение (i) доказано.

Из (i) следует, что $\tau(X)$ является n -подгруппой Ξ_X .

Пусть $\psi \in \Xi_X$. Легко проверяется, что функция $\chi \rightarrow \psi(\pi(\chi))$ ($\chi \in \hat{G}$) является характером на \hat{G} . Положим $\pi^*(\psi) = \psi \circ \pi$. Тогда π^* будет алгебраическим и топологическим изоморфизмом группы Ξ_X на Ξ_G .

Пусть i — вложение X в G , τ' — естественный изоморфизм G на Ξ_G . Для $x \in X$ имеем $\tau'(i(x))(\chi) = \chi(x)$ и $\pi^*(\tau(x))(\chi) = \pi(\chi)(x) = \chi(x)$.

Множество $\tau(X) = \pi^{*-1}(\tau'(i(X)))$ открыто, ибо $\tau(X)$ — открыто в G , а τ' и π^* — гомеоморфизмы. Так как $i(X) = aH$, π и τ — алгебраические изоморфизмы, то $\tau(X) = \pi^{*-1}(\tau(aH)) = \pi^{*-1}(\tau(a)) \cdot \pi^{*-1}(\tau(aH))$ и $\pi^{*-1}(\tau(H)) = \tilde{H}$ — нормальная подгруппа Ξ_X .

Порядок группы G/H равен $n-1$. Следовательно,

$$\left| \pi^{*-1}(\tau'(G)) / \pi(\tau(H)) \right| = \left| \tau(X) / \tilde{H} \right| = n-1.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русаков С.А. Алгебраические n -арные системы: силовская теория n -арных групп. — Мн.: Наука и техника, 1992. — 264 с.
2. Ćirić G. On topological n -groups // Bull. Soc. Math. Phys. R. S. Macédoine. — 1971. — V. — 22. — P. 5–10.
3. Dudek W.A., Mukhin V.V. On topological n -ary semigroups // Quasigroups and Related Systems. — 1996. — № 3. — P. 73–88.
4. Mukhin V.V. On topological n -semigroups // Quasigroups and Related Systems. — 1997. — № 4. — P. 39–49.
5. Мухин В.В. Меры на топологических полугруппах. — Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2004. — 265 с.
6. Хьюитт Э., Росс К. Абстрактный гармонический анализ. Т. 1. — М.: Наука, 1975. — 656 с.

СИСТЕМА ДИВИЗОРОВ ПОЛЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ЧИСЕЛ. II

Эта статья является продолжением статьи [5]. Термин «дивизор» используется как сокращение термина «идеальное число», т.е. в смысле Гекке [2, с. 17; 1, с. 125]. Ссылки на первую часть работы делаются далее без особых упоминаний.

§ 4. Поле, содержащее систему дивизоров. Существование системы дивизоров

По теореме 4, каждый класс C дивизоров, принадлежащий группе Z^*/K^* , единственным способом выражается через базисные классы в виде $C = B_1^{x_1} \dots B_m^{x_m}$, где натуральные числа x_i таковы, что

$$0 \leq x_i < h_i \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (6)$$

а h_i есть наименьший положительный целый показатель со свойством $B_i^{h_i} = K^*$ (K^* – единичный элемент группы Z^*/K^* ; $i = 1, 2, \dots, m$). По определению произведения классов, последнее означает, что для любого числа $b_i \in B_i$ и для любого целого числа $0 < s_i < h_i$

$$b_i^{h_i} = \rho_i \in K^*, \quad b_i^{s_i} \notin K^* \quad (i = 1, 2, \dots, m). \quad (7)$$

Выберем теперь из каждого базисного класса B_i по одному представителю. Пусть это будут соответственно числа b_1, b_2, \dots, b_m , которые, как указано выше, все удовлетворяют условиям (7). Тогда число $b_1^{x_1} b_2^{x_2} \dots b_m^{x_m}$ является представителем класса C , а все числа этого класса имеют вид

$$\rho b_1^{x_1} b_2^{x_2} \dots b_m^{x_m}, \quad (8)$$

где ρ пробегает множество K^* . Таким образом, каждый из $h = h_1 h_2 \dots h_m$ классов дивизоров состоит из всех чисел вида (8) с одной и той же системой показателей x_1, x_2, \dots, x_m ($0 \leq x_i < h_i$; $i = 1, 2, \dots, m$). Из сказанного выше вытекает следующее утверждение.

Теорема 6. Пусть K – поле алгебраических чисел с числом классов идеалов $h > 1$. Тогда всякая система Z дивизоров этого поля состоит из чисел вида (8), где ρ пробегает все числа поля K ; числа b_i ($i = 1, 2, \dots, m$) удовлетворяют условиям (7), а целые показатели x_i подчиняются неравенствам (6).

Теорема 6, описывая вид дивизоров поля K , ничего не говорит о существовании системы дивизоров.

Теорема 7. Всякое поле K алгебраических чисел с числом классов идеалов $h > 1$ имеет систему дивизоров.

Доказательство. При $h > 1$ группа классов идеалов, как конечная абелева группа, имеет конечный базис. Обозначим базисные классы через A_1, A_2, \dots, A_r , а их порядки соответственно c_1, c_2, \dots, c_r ($h = c_1 c_2 \dots c_r$). Тогда каждый класс A идеалов одним и только одним способом представим в виде $A = A_1^{y_1} A_2^{y_2} \dots A_r^{y_r}$, где y_i независимо друг от друга пробегает полные системы вычетов соответственно по модулю c_i ($i = 1, 2, \dots, r$). Если a_1, a_2, \dots, a_r – представители соответственно классов A_1, A_2, \dots, A_r , то каждый идеал a поля K эквивалентен в точности одному идеалу вида $a_1^{y_1} a_2^{y_2} \dots a_r^{y_r}$, т.е. каждый идеал a поля K будет получен в точности один раз, если в выражении

$$a = (\rho) a_1^{y_1} a_2^{y_2} \dots a_r^{y_r} \quad (9)$$

ρ пробегает все неассоциированные числа поля K , а y_i – независимо друг от друга все целые числа из промежутков

$$0 \leq y_i < c_i \quad (i=1, 2, \dots, r). \quad (10)$$

Так как класс A_i имеет порядок c_i , то $A_i^{c_i} = E$ ($i=1, 2, \dots, r$), где E – единичный класс группы классов идеалов, и поэтому

$$a_i^{c_i} = (\gamma_i), \quad \gamma_i \in K \quad (i=1, 2, \dots, r). \quad (11)$$

Рассмотрим числа

$$\alpha_i = \sqrt[c_i]{\gamma_i} \quad (i=1, 2, \dots, r) \quad (12)$$

и образуем множество S чисел вида

$$\alpha = \rho \alpha_1^{y_1} \alpha_2^{y_2} \dots \alpha_r^{y_r}, \quad (13)$$

где ρ пробегает все числа поля K , а y_i – независимо друг от друга принимают любые целые значения из промежутков (10).

Докажем, что множество S является системой дивизоров поля K .

1. При $y_1 = y_2 = \dots = y_r = 0$ форма (13) дает все числа поля K , т.е. $K \subseteq S$. Присоединим к полю K числа $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r$, каждое из которых – алгебраическое над K в силу (12). Тогда получим поле $K'' = K(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r)$. Оно содержит множество S и является конечным расширением поля K .

2. Возьмем из совокупности (13) произвольные числа

$$\alpha = \rho \alpha_1^{y_1} \alpha_2^{y_2} \dots \alpha_r^{y_r}, \quad \beta = \sigma \alpha_1^{z_1} \alpha_2^{z_2} \dots \alpha_r^{z_r}, \quad (14)$$

где $\rho, \sigma \in K$, а показатели y_i, z_i ($i=1, 2, \dots, r$) удовлетворяют неравенствам (10). Тогда

$$\alpha\beta = \rho\sigma \alpha_1^{y_1+z_1} \alpha_2^{y_2+z_2} \dots \alpha_r^{y_r+z_r}. \quad (15)$$

По теореме о делении с остатком $y_i + z_i = c_i q_i + u_i$, $0 \leq u_i < c_i$ ($u_i \in \mathbb{N}$), где q_i ($i=1, 2, \dots, r$) – некоторые натуральные числа. Поэтому, в силу равенств (12),

$$\alpha_i^{y_i+z_i} = \gamma_i^{q_i} \alpha_i^{u_i} \quad (i=1, 2, \dots, r). \quad (16)$$

Подставляя (16) в (15), получаем, что

$$\alpha\beta = \left(\rho\sigma \gamma_1^{q_1} \gamma_2^{q_2} \dots \gamma_r^{q_r} \right) \alpha_1^{u_1} \alpha_2^{u_2} \dots \alpha_r^{u_r} \in S.$$

3. Покажем, что множество S удовлетворяет аксиоме 3. В силу равенств (11) и (12), $a_i^{c_i} = (\gamma_i) = (\alpha_i^{c_i}) = (\alpha_i)^{c_i}$, откуда

$$a_i = (\alpha_i) \quad (i=1, 2, \dots, r). \quad (17)$$

Поэтому для всякого идеала (9) поля K есть такое число (13) множества S , что

$$\begin{aligned} a &= (\rho) a_1^{y_1} \dots a_r^{y_r} = (\rho) (\alpha_1)^{y_1} \dots (\alpha_r)^{y_r} = \\ &= \left(\rho \alpha_1^{y_1} \dots \alpha_r^{y_r} \right) = (\alpha) \end{aligned}$$

и обратно.

4. Наконец, пусть числа α и β [см. (14)] множества S таковы, что порожденные ими главные идеалы равны: $(\alpha) = (\beta)$.

Тогда

$$(\rho) (\alpha_1)^{y_1} \dots (\alpha_r)^{y_r} = (\sigma) (\alpha_1)^{z_1} \dots (\alpha_r)^{z_r} \quad (18)$$

и, в силу (17), $(\rho) a_1^{y_1} \dots a_r^{y_r} = (\sigma) a_1^{z_1} \dots a_r^{z_r}$. Так как эти два идеала принадлежат одному и тому же классу идеалов, то $y_1 = z_1, \dots, y_r = z_r$. Следовательно, из (18) $(\rho) = (\sigma)$, $\rho = \varepsilon \sigma$, где ε – единица поля K , и поэтому $\alpha = \varepsilon \beta$.

Теорема 7 доказана.

Рассмотрим поле $K' = K(b_1, b_2, \dots, b_m)$, которое получается присоединением к полю K чисел b_i ($i = 1, 2, \dots, m$), определенных условиями (7). По теореме 6 $\exists \subseteq K'$. В общем случае можно оценить степень $[K' : K]$ сверху. При некоторых дополнительных условиях можно указать точное значение этой степени.

Лемма 1. Пусть F — произвольное поле, t — целое число ≥ 2 , $a \in F$, $a \neq 0$. Пусть далее для любого простого делителя p числа t элемент a не равен p -й степени никакого элемента поля F , а если $t \equiv 0 \pmod{4}$, то a не представим в виде $-4c^4$, где $c \in F$. Тогда полином $x^t - a$ неприводим в поле F [6, с. 252].

Лемма 2. Пусть $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$ — элементы, которые имеют относительно поля F соответственно степень n_1, n_2, \dots, n_k , причем эти числа попарно взаимно просты. Тогда степень поля $F(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k)$ относительно поля F равна $n_1 n_2 \dots n_k$.

Доказательство. Лемма верна в том случае, когда к полю F присоединяется только один элемент, т.е. когда $k = 1$. Верна она также и для того случая, когда к полю F присоединяются два элемента (это легко доказать способом, который будет ясен из дальнейшего).

Допустим, что лемма верна тогда, когда к полю F присоединены s элементов, т.е. что степень $[F(\alpha_1, \dots, \alpha_s) : F] = n_1 \dots n_s$. Присоединив к полю $F(\alpha_1, \dots, \alpha_s)$ элемент $\alpha_{i_{s+1}}$, являющийся корнем некоторого полинома $f_{i_{s+1}}$ степени $n_{i_{s+1}}$, неприводимого в поле F , получим поле $F(\alpha_1, \dots, \alpha_s, \alpha_{i_{s+1}})$. Его степень

$$\begin{aligned} & [F(\alpha_1, \dots, \alpha_s, \alpha_{i_{s+1}}) : F] = \\ & = [F(\alpha_1, \dots, \alpha_s, \alpha_{i_{s+1}}) : F(\alpha_1, \dots, \alpha_s)] \times \\ & \times [F(\alpha_1, \dots, \alpha_s) : F] = n'_{i_{s+1}} n_1 \dots n_s. \end{aligned} \quad (19)$$

Здесь

$$n'_{i_{s+1}} = [F(\alpha_1, \dots, \alpha_s, \alpha_{i_{s+1}}) : F(\alpha_1, \dots, \alpha_s)],$$

причем

$$n'_{i_{s+1}} \leq n_{i_{s+1}}. \quad (20)$$

Действительно, полином $f_{i_{s+1}}$, неприводимый в поле F , может стать приводимым при переходе от поля F к его расширению $F(\alpha_1, \dots, \alpha_s)$, и, следовательно, степень элемента $\alpha_{i_{s+1}}$ может только понизиться при переходе от первого из этих полей ко второму.

Но поле $F(\alpha_1, \dots, \alpha_s, \alpha_{i_{s+1}})$ можно получить и другим способом, а именно, присоединив сначала к F элементы $\alpha_2, \dots, \alpha_{i_{s+1}}$ и построив поле $F(\alpha_2, \dots, \alpha_{i_{s+1}})$, а уже затем присоединив к построенному полю элемент α_1 . В этом случае его степень

$$[F(\alpha_1, \dots, \alpha_s, \alpha_{i_{s+1}}) : F] = n'_1 n_2 \dots n_{i_{s+1}}, \quad (21)$$

где

$$n'_1 = [F(\alpha_1, \dots, \alpha_s, \alpha_{i_{s+1}}) : F(\alpha_2, \dots, \alpha_s)] \leq n_1.$$

Приравнявая степени (19) и (21), получаем после сокращения, что $n'_{i_{s+1}} n_1 = n'_1 n_{i_{s+1}}$. Отсюда, так как $(n_1, n_{i_{s+1}}) = 1$, $n'_{i_{s+1}}$ делится на $n_{i_{s+1}}$, т.е. $n'_{i_{s+1}} \geq n_{i_{s+1}}$. Из этого неравенства и неравенства (20) следует, что

$$n'_{i_{s+1}} = n_{i_{s+1}}. \quad (22)$$

Таким образом, в силу (19) и (22), лемма верна в случае присоединения к полю F $s + 1$ элементов. Лемма 2 доказана.

Лемма 3. Пусть $F' = F(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k)$ – поле, полученное присоединением к полю F элементов $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$, которые имеют относительно F соответственно степени n_1, n_2, \dots, n_k . Тогда любой элемент поля F' выражается в виде полинома над F от $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$, причем все α_i ($i=1, 2, \dots, k$) входят в представление с целыми показателями $0 \leq r_i \leq n_i - 1$ ($i=1, 2, \dots, k$) [7, с. 22].

Доказательство. Индукцией по k легко доказать, что для любого элемента $\beta \in F'$ имеет место представление

$$\beta = \sum \rho(y_1, \dots, y_k) \alpha_1^{y_1} \dots \alpha_k^{y_k}, \quad (23)$$

где сумма конечна; коэффициенты $\rho(y_1, \dots, y_k) \in F$; все показатели y_i – целые неотрицательные числа.

Преобразуем сумму (23) следующим образом. Если $y_i < n_i$, то оставим $\alpha_i^{y_i}$ без изменения. В противном случае, когда $y_i \geq n_i$, по теореме о делении с остатком

$$x^{y_i} = f_i(x)g(y_i, x) + r(y_i, x), \quad (24)$$

где $f_i(x)$ – минимальный полином элемента α_i ($i=1, 2, \dots, k$); $g(y_i, x), r(y_i, x)$ – полиномы от одной переменной x с коэффициентами из F , причем либо степень полинома $r(y_i, x)$ меньше n_i , либо он является нулевым полиномом.

Так как $f_i(\alpha_i) = 0$, то из (24)

$$\alpha_i^{y_i} = r(y_i, \alpha_i). \quad (25)$$

Следовательно, в этом случае в сумму (23) вместо $\alpha_i^{y_i}$ можно подставить $r(y_i, \alpha_i)$ – полином с коэффициентами из F от α_i , имеющий по этой переменной степень не выше $n_i - 1$. Таким образом, за конечное число шагов сумма (23) приводится к требуемому виду.

Лемма 3 доказана.

Лемма 4. Пусть $F' = F(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k)$ – поле, полученное присоединением к полю F элементов $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$, которые имеют относительно F соответственно степени n_1, n_2, \dots, n_k . Тогда степень $[F':F]$ равна рангу системы элементов

$$\alpha_1^{r_1} \alpha_2^{r_2} \dots \alpha_k^{r_k}; r_i \in \mathbf{Z}, 0 \leq r_i < n_i \quad (i=1, 2, \dots, k), \quad (26)$$

а любой базис этой системы элементов является базисом поля F' над F .

Доказательство. По лемме 3, любой элемент поля F' линейно (с коэффициентами из F) выражается через систему элементов (26), и, значит, она порождает линейное пространство F' над F . Поэтому любой базис системы (26) есть базис F' над F . Степень поля F' над F равна размерности линейного пространства F' над F и поэтому равна рангу системы (26).

Лемма 4 доказана.

Теорема 8. 1. Пусть $K' = K(b_1, b_2, \dots, b_m)$ – поле, полученное присоединением к полю K чисел b_i ($i=1, 2, \dots, m$), определенных условиями (7):

$$b_i^{h_i} = \rho_i \in K^*, b_i^{s_i} \notin K^*;$$

$$s_i \in \mathbf{Z}, 0 < s_i < h_i; i=1, 2, \dots, m. \quad (27)$$

Тогда $n' = [K':K] \leq h$, причем существует базис системы чисел

$$b_1^{x_1} b_2^{x_2} \dots b_m^{x_m}; x_i \in \mathbf{Z}, 0 \leq x_i < h_i \quad (i=1, 2, \dots, m), \quad (28)$$

который является базисом поля K' над K .

2. Пусть числа h_1, h_2, \dots, h_m попарно взаимно просты и поле K содержит все корни четвертой степени из -4 , а также все корни p -й степени из 1, где p – произвольный простой делитель числа h . Тогда $n' = [K':K] = h$ и система чисел (28) есть базис поля K' над K .

Доказательство. 1. Пусть h'_i есть сте-

пень числа b_i относительно поля K ($i=1, 2, \dots, m$). Из (27) видно, что $h'_i \leq h_i$ ($i=1, 2, \dots, m$). Рассмотрим систему чисел

$$b_1^{x_1} b_2^{x_2} \dots b_m^{x_m}; x_i \in \mathbf{Z}, 0 \leq x_i < h'_i \quad (i=1, 2, \dots, m). \quad (29)$$

По лемме 4 базис системы (29) является базисом поля K' над K , а степень $[K':K]$ равна рангу этой системы. Так как ранг конечной системы векторов не больше, чем число векторов в ней, то $[K':K] \leq h'_1 h'_2 \dots h'_m \leq h_1 h_2 \dots h_m = h$. Очевидно, система (29) содержится в системе (28) и эквивалентна ей по лемме 3.

2. Докажем, что полином

$$x^h - \rho_i \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (30)$$

неприводим в поле K . Допустим, что $\rho_i = \gamma_i^p$, $\gamma_i \in K^*$, где p – простой делитель числа h_i . Тогда по условию $b_i^{h_i} = \gamma_i^p$ [см. (27)], откуда после простых преобразований следует, что

$$\left(\frac{b_i^{h_i/p}}{\gamma_i} \right)^p = 1, \quad b_i^{h_i/p} = \varepsilon_i \gamma_i, \quad (31)$$

где ε_i – корень p -й степени из 1. Согласно (31), $b_i^{h_i/p} \in K^*$, причем $0 < \frac{h_i}{p} < h_i$, что противоречит второму условию (27). Таким образом, число ρ_i отлично от γ_i^p для всякого $\gamma_i \in K$ и всякого делителя p числа h_i .

Аналогично, если h_i делится на 4, можно показать, что $\rho_i \neq -4\gamma_i^4$ для всякого $\gamma_i \in K$. Следовательно, по лемме 1 полином (30) неприводим в поле K и поэтому числа b_1, b_2, \dots, b_m имеют относительно K соответственно степени h_1, h_2, \dots, h_m .

Так как числа h_i ($i=1, 2, \dots, m$) попарно вза-

имно просты, то по лемме 2 $[K':K] = h_1 h_2 \dots h_m = h$. По первой части теоремы 8 некоторая подсистема системы чисел (28) является базисом поля K' над K . Эта подсистема состоит из h чисел и поэтому совпадает с (28). Действительно, число чисел в (28) также равно $h_1 h_2 \dots h_m = h$.

Теорема 8 доказана.

§ 5. Базис класса дивизоров

Теорема 6 описывает вид дивизоров произвольной системы дивизоров поля K с числом классов идеалов $h > 1$.

Пусть \mathcal{Z} – система дивизоров поля K , состоящая из чисел вида (8), которые подчиняются условиям (6) и (7). Пусть далее d_1, d_2, \dots, d_m – произвольные, но фиксированные числа из K^* . Тогда (рассуждая по определению равных множеств) легко установить, что множество \mathcal{Z}' , состоящее из чисел вида $\rho' (d_1 b_1)^{x_1} \dots (d_m b_m)^{x_m}$, где ρ' пробегает все числа поля K , а числа b_i и x_i ($i=1, 2, \dots, m$) подчиняются условиям (6) и (7), совпадает с \mathcal{Z} .

Теорема 9. Если $\mathcal{Z} = \{ \rho b_1^{x_1} \dots b_m^{x_m} \mid \rho \in K \}$ – система дивизоров поля K , то числа b_1, \dots, b_m можно считать целыми и даже простыми дивизорами.

Доказательство. В самом деле, эти числа являются алгебраическими относительно поля \mathbf{Q} , так как принадлежат полю K' , которое по теореме 8 имеет степень $[K':\mathbf{Q}] = nn'$, $n' \leq h$. А тогда по теореме 63 [1, с. 83] любое из них можно умножением на некоторое целое рациональное число, отличное от 0, превратить в целое число. Новые, целые числа, скажем $d_1 b_1, \dots, d_m b_m$, принадлежат тем же классам дивизоров, что и числа b_1, \dots, b_m , и представляют ту же систему \mathcal{Z} (по сказанному выше).

Далее, так как в каждом классе идеалов существует бесконечное множество простых идеалов, то в каждом классе дивизоров имеется бесконечное множество простых неассоциированных дивизоров (см. определение 2). Поэтому возможен такой выбор чисел b_1, \dots, b_m , что все они будут простыми дивизорами.

Теорема 9 доказана.

Теорема 10. В каждом классе дивизоров есть такие целые числа $\omega_1, \dots, \omega_n$, что любое целое число этого класса единственным образом представимо в виде $x_1\omega_1 + \dots + x_n\omega_n$, где x_1, \dots, x_n — целые рациональные числа [2, с. 18].

Доказательство. Будем считать, что класс дивизоров содержит 0. В этом случае он является группой относительно сложения (теорема 2), а множество всех его целых чисел также образует группу относительно сложения, которую мы обозначим G . Так как система Z содержится в поле $K' = K(b_1, \dots, b_m)$ степени $m' \leq nh$ относительно \mathbb{Q} (теорема 8), то группа G есть подгруппа группы всех целых чисел поля K' . Последняя имеет конечный базис, состоящий из m' элементов [1, с. 85]. Тогда по теореме 34 [1, с. 43] группа G также имеет конечный базис. Обозначим число базисных элементов группы G через r и докажем, что $r = n$.

Числа b_1, \dots, b_m по теореме 9 можно считать целыми. Тогда любое число $\Gamma = b_1^{x_1} \dots b_m^{x_m}$; $x_i \in \mathbb{Z}$, $0 \leq x_i < h_i$ ($i = 1, 2, \dots, m$) является целым. Если Γ порождает рассматриваемый класс дивизоров, то все числа вида $\rho\Gamma$, где ρ — любое целое число поля K , принадлежат этому классу, являются целыми и образуют подгруппу G' группы G .

По теореме 64 [1, с. 85] группа G' имеет конечный базис, состоящий из n элементов.

Любое алгебраическое число ρ можно умножением на некоторое рациональное число, не равное 0, превратить в целое число (теорема 63 [1, с. 83]). Таким образом, некоторое целое рациональное кратное числа $\rho\Gamma$ всегда содержится в G' . А так как группа G имеет конечный базис, то по теореме 40 [1, с. 48] группа G' имеет базис, состоящий из r элементов. Но число элементов в базисе G' равно также n . Поэтому $r = n$.

Теорема 10 доказана.

Замечание. Группа G может быть разложена по подгруппе G' :

$$G = G' \cup (\eta_1 + G') \cup \dots \cup (\eta_{s-1} + G'). \quad (32)$$

Здесь $\eta_0 = 0$, $\eta_1, \dots, \eta_{s-1}$ — некоторые целые чис-

ла из G , а s — индекс подгруппы G' в группе G . Из (32) видно, что всякое число $g \in G$ представимо в виде $g = \eta_i + \rho\Gamma$ при некотором целом $0 \leq i \leq s-1$ и некотором целом $\rho \in K$, и поэтому

$$g = \mu_i \frac{\Gamma}{\gamma} \quad (i=1, 2, \dots, s-1), \quad (33)$$

где μ_i и γ — некоторые целые числа поля K (γ — одно и то же для всех смежных классов $\eta_1 + G', \dots, \eta_{s-1} + G'$). Если $i = 0$, то число g также имеет вид (33), так как $g = \rho\Gamma = (\rho\gamma) \frac{\Gamma}{\gamma}$. Таким образом, группа G является подгруппой группы \bar{G} , состоящей из чисел вида $\rho \frac{\Gamma}{\gamma}$ (ρ пробегает целые числа поля K) и имеющей базис $\omega'_1 \frac{\Gamma}{\gamma}, \dots, \omega'_n \frac{\Gamma}{\gamma}$, где $\omega'_1, \dots, \omega'_n$ — базис группы целых чисел поля K .

Содержание этой статьи соответствует § 4 и 5 работы [3], которая докладывалась на II Международной конференции «Алгебраические, вероятностные, геометрические, комбинаторные и функциональные методы в теории чисел» [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гекке Э. Лекции по теории алгебраических чисел. — М.; Л.: ГТТИ, 1940. — 260 с.
2. Hecke E. Eine neue Art von Zetafunktionen und ihre Beziehungen zur Verteilung der Primzahlen // Math. Zeitschrift. — 1920. — Bd. 6. — S. 11-51.
3. Данилов А.Н. Система дивизоров поля алгебраических чисел / Череповец, гос. пед. ин-т, — Череповец, 1995. — 41 с. — Деп. в ВИНТИ 13.04.95, № 1022-В 95.
4. Данилов А.Н. О системе дивизоров поля алгебраических чисел // Алгебраические, вероятностные, геометрические, комбинаторные и функциональные методы в теории чисел: Тезисы докладов II Междунар. конф. — Воронеж, 1995. — С. 48.
5. Данилов А.Н. Система дивизоров поля алгебраических чисел. I // Вестник ЧГУ. Естественные и технические науки. — 2005. — № 2(9). — С. 26-31.
6. Ленг С. Алгебра. — М.: Мир, 1968. — 564 с.
7. Чеботарев Н.Г. Теория алгебраических функций. — М.; Л.: ОГИЗ ГТТИ, 1948. — 396 с.

ОБ ОБРАТНОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ МАТРИЦ

Пусть $M_n(\mathbb{R})$ – множество вещественных $n \times n$ – матриц.

Определение. Матрица $A \in M_n(\mathbb{R})$ называется ω -стохастической (или обобщенной стохастической), если она неотрицательна и ее строчные суммы равны ω , где $\omega > 0$. Если $\omega = 1$, то A называется *стохастической*.

В работе [1] была поставлена так называемая обратная спектральная задача: для заданных комплексных чисел $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ найти необходимые и достаточные условия существования стохастической матрицы, собственные значения которой равны $\lambda_1, \dots, \lambda_n$.

В данной работе устанавливается, что требования $|\lambda_i| \leq \lambda_n, i = 1, \dots, n-1, \lambda_n > 0$ являются достаточными условиями существования неотрицательной λ_n -стохастической матрицы с предписанным вещественным спектром $\lambda_1, \dots, \lambda_n$, модули отрицательных значений которого не должны совпадать с λ_n . Отметим, что в работе [2] получены отличающиеся от только что указанных достаточные условия существования неотрицательной обобщенной стохастической матрицы с предписанным вещественным спектром.

Теорема. Пусть $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ – неотрицательные числа, $\lambda_n > 0$ и $n \geq 2$. Предположим, что

$$\lambda_i < \lambda_n, i = 1, \dots, n-1. \quad (1)$$

Тогда существует положительная λ_n -стохастическая матрица из $M_n(\mathbb{R})$ с собственными значениями $\lambda_1, \dots, \lambda_n$.

Доказательство. Пусть A – верхняя треугольная неотрицательная матрица из $M_n(\mathbb{R})$, элементы a_{in} ($i = 1, \dots, n-1$) последнего столбца которой положительны, на диагонали находятся

неотрицательные числа $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ и остальные ее элементы равны нулю. От матрицы A перейдем к матрице $B = S_2^{-1}AS_2$, где

$$S_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ \alpha_{1n} & \alpha_{1,n-1} & \dots & \alpha_{12} & 1 \end{pmatrix},$$

$$S_2^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ -\alpha_{1n} & -\alpha_{1,n-1} & \dots & -\alpha_{12} & 1 \end{pmatrix},$$

и докажем, что можно выбрать положительные числа $\alpha_{i,i+1}$ и a_{in} ($i = 1, \dots, n-1$) таким образом, чтобы B была положительной λ_n -стохастической матрицей, если выполняются требования (1).

Положим

$$\alpha_{12} + \dots + \alpha_{1n} = t > 0, \quad \alpha_{12} = \dots = \alpha_{1n} = \frac{t}{n-1},$$

$$a = a_{1n} + \dots + a_{n-1,n}.$$

Рассмотрев элементы матрицы B , запишем условия ее положительности

$$t < (n-1) \min \left(\frac{\lambda_n - \lambda_1}{a}, \frac{\lambda_n - \lambda_2}{a}, \dots, \frac{\lambda_n - \lambda_{n-1}}{a} \right) \quad (2)$$

и условия ее λ_n -стохастичности

$$a_{1n} = \frac{\lambda_n - \lambda_1}{1+t}, a_{2n} = \frac{\lambda_n - \lambda_2}{1+t}, \dots, a_{n-1,n} = \frac{\lambda_n - \lambda_{n-1}}{1+t}, \quad (3)$$

принимая во внимание (1). Проверим, что можно выбрать положительное значение параметра t , такое, что выполняются (2) и (3). В самом деле, объединив (3) и (2), получим неравенство

$$\frac{t}{1+t} < (n-1) \times \min \left(\frac{\lambda_n - \lambda_1}{\lambda_n - \lambda_1 + \dots + \lambda_n - \lambda_{n-1}}, \dots, \frac{\lambda_n - \lambda_{n-1}}{\lambda_n - \lambda_1 + \dots + \lambda_n - \lambda_{n-1}} \right)$$

Очевидно, что существует положительное значение параметра t , которое удовлетворяет последнему неравенству. Тогда B является положительной λ_n -стохастической матрицей. Теорема доказана.

Замечание 1. Пусть в теореме $n \geq 3$, $\lambda_{n-1} = \lambda_n$, $\lambda_i < \lambda_n$, $i = 1, \dots, n-2$. Тогда существует неотрицательная λ_n -стохастическая матрица из $M_n(\mathbb{R})$ с собственными значениями $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-2}, \lambda_n, \lambda_n$.

Действительно, положим $\alpha_{12} = 0$, $\alpha_{13} + \dots + \alpha_{1n} = t > 0$, $\alpha_{13} = \dots = \alpha_{1n} = \frac{t}{n-2}$.

Тогда $(n-1)$ -й столбец матрицы B , кроме $(n-1)$ -й позиции, состоит из нулей. Условие положительности остальных элементов матрицы B

$$t < (n-2) \min \left(\frac{\lambda_n - \lambda_1}{a}, \dots, \frac{\lambda_n - \lambda_{n-2}}{a} \right)$$

и условия ее λ_n -стохастичности

$$a_{1n} = \frac{\lambda_n - \lambda_1}{1+t}, \dots, a_{n-2,n} = \frac{\lambda_n - \lambda_{n-2}}{1+t}, a_{n-1,n} = 0,$$

где $a = a_{1n} + \dots + a_{n-2,n}$. Существует значение параметра t , которое удовлетворяет неравенству

$$\frac{t}{1+t} < (n-2) \min \left(\frac{\lambda_n - \lambda_1}{\lambda_n - \lambda_1 + \dots + \lambda_n - \lambda_{n-2}}, \dots, \frac{\lambda_n - \lambda_{n-2}}{\lambda_n - \lambda_1 + \dots + \lambda_n - \lambda_{n-2}} \right).$$

Тогда B является неотрицательной λ_n -стохастической матрицей.

Замечание 2. Пусть $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ – вещественные числа, $\lambda_n > 0$ и $n \geq 2$. Предположим, что числа $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ удовлетворяют неравенствам

$$|\lambda_i| < \lambda_n, \quad i = 1, \dots, n-1. \quad (4)$$

Тогда существует положительная λ_n -стохастическая матрица из $M_n(\mathbb{R})$ с собственными значениями $\lambda_1, \dots, \lambda_n$.

В самом деле, пусть A – верхняя треугольная матрица из $M_n(\mathbb{R})$, элементы a_{in} ($i = 1, \dots, n-1$) последнего столбца которой положительны, на диагонали находятся числа $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ и остальные ее элементы равны нулю. От матрицы A перейдем к матрице $B = S_2^{-1} A S_2$ и докажем, что можно выбрать положительные числа $\alpha_{i,i+1}$ и a_{in} ($i = 1, \dots, n-1$) таким образом, что B – положительная λ_n -стохастическая матрица, если выполняются условия (4).

Пусть $\lambda_i < 0$ при $i = 1, \dots, k$ и $\lambda_i \geq 0$ при $i = k+1, \dots, n-1$, $1 \leq k \leq n-1$. Положим

$$\alpha_{12} + \dots + \alpha_{1n} = t > 0; \quad \alpha_{12} = \dots = \alpha_{1n} = \frac{t}{n-1};$$

$$a = a_{1n} + \dots + a_{n-1,n}. \quad (5)$$

Рассмотрев элементы матрицы B , выясняем, что условиями ее положительности являются условия (2) и

$$\alpha_{12} a_{n-1,n} + \lambda_{n-1} > 0,$$

$$\alpha_{13} a_{n-2, n} + \lambda_{n-2} > 0, \dots, \alpha_{1n} a_{1n} + \lambda_1 > 0, \quad (6)$$

а условиями ее λ_n -стохастичности – условия (3).

Из (3) и (4) следует, что $a_{in} > 0, i = 1, \dots, n-1$.

Пусть $\lambda_i < 0, i = 1, \dots, k, 1 \leq k \leq n-1$, тогда из (6), (5) и (3) мы имеем

$$|\lambda_i| < \frac{t \cdot \lambda_n}{(n-1)(1+t)-t}, \quad i = 1, \dots, k, \quad 1 \leq k \leq n-1, \quad (7)$$

при этом (4) выполняется, если $t < 1$, так как

$$\frac{t}{(n-1)(1+t)-t} = \frac{t}{n-1+(n-2)t} \leq t.$$

Запишем неравенство (2) в виде

$$\frac{t}{(n-1)(1+t)} (\lambda_n - \lambda_1 + \dots + \lambda_n - \lambda_{n-1}) < < \min(\lambda_n - \lambda_1, \dots, \lambda_n - \lambda_{n-1}). \quad (8)$$

В левой части неравенства (8) вместо слагаемых $-\lambda_i$, отвечающих отрицательным числам

$\lambda_i, i = 1, \dots, k, 1 \leq k \leq n-1$, поставим их верхнюю границу из (7), тогда левая часть неравенства (8) увеличится. Правую часть неравенства (8) можно уменьшить (положить ее равной числу λ_n), если все числа $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ отрицательны. Потребуем, чтобы увеличенная левая часть неравенства (8) была строго меньше его правой части. Выбираем значение для параметра $t < 1$, которое подчиняется трансформированному неравенству (8) (с увеличенной левой частью и с уменьшенной правой частью (когда все числа $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ отрицательны)), тогда неравенство (8) тем более будет выполняться. Затем выбираем отрицательные числа $\lambda_i, i = 1, \dots, k, 1 \leq k \leq n-1$, которые должны подчиняться неравенствам (7) с выбранным t . Тогда существует положительная λ_n -стохастическая матрица с собственными значениями $\lambda_1, \dots, \lambda_n$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сулейманова Х. Стохастические матрицы с вещественными собственными значениями // Доклады АН СССР. – 1949. – Т. 66. – С. 343–345.
2. Soto R.L. Existence and construction of nonnegative matrices with prescribed spectrum // Linear Algebra and Appl. – 2003. – Vol. 369. – P. 169–184.

В.В. Мухин, И.Э. Утцаль
Кафедра алгебры и геометрии

ОБ ОДНОМ ОБОБЩЕНИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Введение. Нечеткие множества были введены как множество упорядоченных пар $\tilde{A} = \{ \langle \mu_A(x), x \rangle \}$, где $x \in X, \mu_A(x)$ — функция принадлежности, принимающая значения из упорядоченного множества, которое обычно является подмножеством $[0, 1]$ с индуцированным из $[0, 1]$ порядком. В этом случае говорят о нечетком подмножестве \tilde{A} множества X .

В работе рассмотрено одно из расширений этого понятия, которое имеет определенные преимущества при рассмотрении нечетких подмножеств

множеств, наделенных дополнительными структурами. Ряд результатов работы был анонсирован в [1].

1. Нечеткие множества.

Определение 1. Пусть (Ω, \leq) — упорядоченное множество, обладающее наибольшим элементом ω^1 и наименьшим элементом ω^0 . Нечетким подмножеством множества X назовем тройку (X, Ω, L) , где $L: \Omega \rightarrow 2^X$ такое, что:

1. $L(\omega^0) = X$;
2. $\omega_1 \geq \omega_2$ влечет $L(\omega_1) \subset L(\omega_2)$.

Будем говорить, что L — нечеткое подмножество X , или нечеткое множество на X , или нечеткое множество с носителем X . Множество $L(\omega)$ назовем уровнем L . Множество Ω назовем множеством принадлежностей.

Определение 2. Пусть (X_1, Ω_1, L_1) и (X_2, Ω_2, L_2) — нечеткие множества. Мы называем их равными (пишем $L_1 = L_2$), если $X_1 = X_2$, $\Omega_1 = \Omega_2$ и $L_1 = L_2$. Говорим, что L_1 — подмножество L_2 (пишем $L_1 \subset L_2$), если $\Omega_1 \subset \Omega_2$, порядок на Ω_1 индуцируется порядком из Ω_2 и $L_1(\omega) \subset L_2(\omega)$ для любого $\omega \in \Omega$. Ясно, что $L_1 = L_2$ тогда и только тогда, когда $L_1 \subset L_2$ и $L_2 \subset L_1$.

Примеры. 1. Стандартное определение нечеткого множества является частным случаем нашего определения в следующем смысле.

Если $\mu : X \rightarrow [0; 1]$, то, полагая $L(t) = \{x \in X \mid \mu(x) \geq t\}$, получим отображение $L: [0; 1] \rightarrow 2^X$, удовлетворяющее условиям 1 и 2 определения нечеткого множества. При этом по семейству $\{L(t)\}$ функция $\mu(x)$ восстанавливается однозначно. Действительно, для любого $t \in [0, 1]$ имеем

$$\begin{aligned} \mu^{-1}(t) &= \mu^{-1}([t, +\infty) \setminus \bigcup_{s>t} [s, +\infty)) = \\ &= \mu^{-1}([t, +\infty)) \setminus \bigcup_{s>t} \mu^{-1}([s, +\infty)) = L(t) \setminus \bigcup_{s>t} L(s). \end{aligned}$$

2. Не всякое нечеткое множество в смысле нашего определения представимо в стандартном виде, даже для случая $\Omega = [0; 1]$.

Пусть $X = \mathbf{R}$ и пусть

$$L(t) = \begin{cases} X, & \text{при } t = 0, \\ (1; 2), & \text{при } 0 < t < 1, \\ \emptyset, & \text{при } t = 1. \end{cases}$$

Тогда $(\mathbf{R}, [0; 1], L)$ является нечетким подмножеством \mathbf{R} . Для него не существует функции $\mu : \mathbf{R} \rightarrow [0; 1]$ такой, что $L(t) = \{x \in X \mid \mu(x) \geq t\}$. Действительно, в предположении противного для каждого $x \in [0, 1]$ имеем $\alpha \leq \mu(x) < 1$ для любого $0 \leq \alpha < 1$, что невозможно.

Следовательно, наше определение нечеткого множества шире стандартного определения.

Теорема 1. Пусть (X, Ω, L) — нечеткое множество, где Ω — линейно упорядоченное множество. Для того чтобы существовала функция μ на X со значениями в Ω такая, что $L(\omega) = \{x \in X \mid \mu(x) \geq \omega\}$ для любого $\omega \in \Omega$, необходимо и достаточно, чтобы семейство множеств $L(\omega) \setminus \bigcup_{s>\omega} L(s)$ для любого $(\omega \in \Omega)$ было разбиением множества X .

Доказательство. Необходимость. Пусть требуемая функция μ существует и пусть $\omega_1, \omega_2 \in \Omega$, $\omega_1 \neq \omega_2$. Пусть для определенности $\omega_1 > \omega_2$. Тогда $L(\omega_1) \subset L(\omega_2)$. Множество $L(\omega_2) \setminus \bigcup_{s>\omega_2} L(s)$ не содержит $L(\omega_1)$. Следовательно, множества $L(\omega_2) \setminus \bigcup_{s>\omega_2} L(s)$ и $L(\omega_1) \setminus \bigcup_{s>\omega_1} L(s)$ не пересекаются.

Пусть $\omega_1 = \mu(x_1)$ для $x_1 \in X$. Тогда множество $L(\omega_1) \setminus \bigcup_{s>\omega_1} L(s)$ содержит x_1 , и, следовательно, семейство $L(\omega) \setminus \bigcup_{s>\omega} L(s)$ ($\omega \in \Omega$) является разбиением множества X .

Достаточность. Пусть семейство $L(\omega) \setminus \bigcup_{s>\omega} L(s)$ ($\omega \in \Omega$) является разбиением множества X . Тогда для каждого $x \in X$ существует единственный элемент ω из Ω такой, что $x \in L(\omega) \setminus \bigcup_{s>\omega} L(s)$. Положим $\mu(x)$ равным этому элементу ω . Функция $\mu(x)$ будет удовлетворять требованиям теоремы.

В самом деле, пусть $\mu(x) \geq \omega_1$. Тогда по построению $x \in L(\mu(x)) \subset L(\omega_1)$. Если же $x \in L(\omega_1)$, то для некоторого ω из Ω имеем $x \in L(\omega) \setminus \bigcup_{s>\omega} L(s)$. В силу линейной упорядоченности Ω заключаем, что $\omega \geq \omega_1$, и поэтому $\mu(x) = \omega$.

Теорема доказана.

Определение 3. Нечеткое множество L такое, что $L(\omega) = L(\omega^1)$ для всех $\omega \in \Omega$ такого, что $\omega^0 < \omega$, назовем четким множеством; его будем отождествлять с множеством $L(\omega^1)$.

2. Операции над нечеткими множествами.

Определение 4. Пусть L_1 и L_2 — нечеткие подмножества X с одним и тем же множеством принадлежности Ω .

Для каждого $\omega \in \Omega$ полагаем:

$$(L_1 \cup L_2)(\omega) = L_1(\omega) \cup L_2(\omega)$$

и

$$(L_1 \cap L_2)(\omega) = L_1(\omega) \cap L_2(\omega).$$

Множества $L_1 \cup L_2$ и $L_1 \cap L_2$ являются нечеткими подмножествами X , которые будем называть соответственно объединением и пересечением подмножеств L_1 и L_2 .

Определение 5. Пусть (X_1, Ω_1, L_1) и (X_2, Ω_2, L_2) — нечеткие множества, Тогда нечеткое множество $(X_1 \times X_2, \Omega_1 \times \Omega_2, L_1 \times L_2)$, где $(L_1 \times L_2) \times (\omega_1, \omega_2) = L_1(\omega_1) \times L_2(\omega_2)$ назовем полным декартовым произведением нечетких множеств (X_1, Ω_1, L_1) и (X_2, Ω_2, L_2) . Нечеткое множество $(X_1 \times X_2, \Omega, L_1 \times L_2)$, где $(L_1 \times L_2)(\omega) = L_1(\omega) \times L_2(\omega)$ назовем декартовым (прямым) произведением нечетких множеств (X_1, Ω, L_1) и (X_2, Ω, L_2) и обозначим $L_1 \times L_2$.

Определение 6. Пусть (X, Ω, L) — нечеткое множество и $\varphi: X \rightarrow Z$. Полагаем $(\varphi L)(\omega) = \varphi(L(\omega))$ для $\omega > \omega^0$ и $(\varphi L)(\omega^0) = Z$.

Нечеткое множество $(Z, \Omega, \varphi L)$ назовем образом L при отображении φ .

Если $\varphi: Z \rightarrow X$ и (X, Ω, L) — нечеткое множество, то формула

$$(\varphi^{-1}L)(\omega) = \varphi^{-1}(L(\omega)), (\omega \in \Omega),$$

задает нечеткое подмножество множества Z , которое назовем прообразом множества X .

Определение 7. Пусть (X, Ω, L) — нечеткое множество, и пусть $\gamma: \Omega \rightarrow \Omega$ — инволютивное убывающее отображение (инволютивность означает, что $\gamma \circ \gamma = 1_\Omega$). Полагаем $\bar{L}(\omega) = X \setminus L(\gamma(\omega))$ для $\omega > \omega^0$ и $\bar{L}(\omega^0) = X$. Тогда \bar{L} будет нечетким подмножеством X , его назовем дополнением нечеткого множества L до X и обозначим $\bar{L} = X \setminus L$.

3. Нечеткие подалгебры алгебр. Нечеткие подмножества n -полугрупп рассматривались в [2].

Определение 8. Пусть $(X, \{f\})$ — алгебра. Нечеткое множество L на X назовем нечеткой подалгеброй алгебры $(X, \{f\})$, если для любого $f \in \{f\}$ $f(\underbrace{L \times \dots \times L}_n) \subset L$, где $n > 0$ — местность

операции f . В случае нульместной операции f требуем $f \subset L(\omega)$ для любого $\omega \in \Omega$. Последнее означает, что четкое подмножество f множества X является подмножеством нечеткого множества L .

Теорема 2. Нечеткое множество L алгебры $(X, \{f\})$ является нечеткой подалгеброй алгебры $(X, \{f\})$ тогда и только тогда, когда каждый уровень $L(\omega)$ является подалгеброй алгебры $(X, \{f\})$ или пуст.

Доказательство. Необходимость. Если $f \in X$ — нульместная операция, то из определения нечеткой подалгебры следует, что $f \in L(\omega)$ для любого ω . Условие $f(L \times \dots \times L) \subset L$ влечет $f(L(\omega) \times \dots \times L(\omega)) \subset L(\omega)$. Отсюда следует, что уровень $L(\omega)$ является подалгеброй $(X, \{f\})$, если он не пуст.

Достаточность. Пусть алгебра $(X, \{f\})$ не содержит нульместных операций, и пусть для каждого $\omega \in \Omega$ уровень $L(\omega)$ является подалгеброй алгебры $(X, \{f\})$, если он не пуст. Тогда $f(L \times \dots \times L) \subset L$ для каждого $f \in \{f\}$, т. е. L — нечеткая подалгебра $(X, \{f\})$. Если алгебра $(X, \{f\})$ содержит нульместные операции, то для каждой такой операции f и для каждого $\omega \in \Omega$ уровень $L(\omega)$ содержит f , и так же, как выше, убеждаемся, что L — нечеткая подалгебра алгебры $(X, \{f\})$.

Пусть (X, \cdot) — алгебра с одной ассоциативной операцией, являющейся группой. Операцию $x \rightarrow x^{-1}$ взятия обратного элемента, обозначим -1 , а нульместную операцию выбора нейтрального элемента e — через e .

Теорема 3. Пусть алгебра $(X, \cdot, -1, e)$ является группой, и пусть L — нечеткое множество на X . Тогда следующие условия равносильны:

- а) L — нечеткая подалгебра алгебры $(X, \cdot, -1, e)$;
- б) L — нечеткая подалгебра алгебры $(X, \cdot, -1, e)$, и уровень $L(\omega)$ не пуст для каждого ω ;
- в) $L(\omega)$ является подгруппой группы X для каждого $\omega \in \Omega$.

Доказательство. а) \Rightarrow б) — очевидно.

Докажем б) \Rightarrow в). Из б) следует, что для любого $\omega \in \Omega$ $L(\omega)$ — непустое подмножество X , $L(\omega) \cdot L(\omega) \subset L(\omega)$ и $(L(\omega))^{-1} \subset L(\omega)$, т. е. $L(\omega)$ является подгруппой группы X . Следовательно, верно в).

Докажем в) \Rightarrow а). Если выполнено условие в), то $e \in L(\omega)$ для любого ω , $L(\omega) \cdot L(\omega) \subset L(\omega)$ и $(L(\omega))^{-1} \subset L(\omega)$. Отсюда следует, что L — нечеткая подалгебра алгебры $(X, \cdot, -1, e)$. Следовательно, в) \Rightarrow а). Значит, условия а), б), в) — равносильны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мухин В.В., Утцаль И.Э. Нечеткие подмножества алгебр // Сб. тр. молодых ученых. — Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2006. — С. 179–182.

2. Dudek W. A., Мухин В. В. Нечеткие множества на n -арных алгебраических системах // Информатизация процессов формирования открытых систем на основе СУБД, САПР, АСНИ и систем искусственного интеллекта: III Междунар. науч.-техн. конф. — Вологда: ВоГТУ, 2005. — С. 53–57.

Раздел 2

ФИЗИКА

УДК 537.311.322

Е.Б. Осипов, Н.А. Осипова, С.Н. Цветкова, С.Д. Канглиев
Кафедра физики

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ И ОПТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ЯМАХ

Потенциальные барьеры и ямы для микрочастиц возникают, например, вследствие электрического взаимодействия электронов с дефектами решетки в объеме твердого тела, на границах раздела тел, в гетеропереходах и т.д. Ход потенциальной энергии частицы в зависимости от ее координат представляет собой потенциальный рельеф для этой частицы в заданном объеме.

В данной работе были рассмотрены электронные состояния в симметричной прямоугольной яме конечной глубины и сложной яме с бесконечно высокими стенками в полупроводниках. Также в работе были рассмотрены оптические свойства примесей в полупроводниках с квантовой ямой на примере гетероструктуры $\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}/\text{GaAs}$.

Для симметричной прямоугольной квантовой ямы было рассмотрено 3 случая: 1) квантовая яма в полупроводнике InAs при $T = 300$ К; 2) квантовая яма в полупроводнике GaAs при $T = 300$ К; 3) гетеропереход GaAs/InAs.

Уравнения для энергии частицы в квантовой

яме были получены из граничных условий для волновых функций микрочастицы, обеспечивающих сохранение числа частиц на границе гетероперехода.

четные состояния:

$$\frac{\lambda}{\delta} = \frac{m_1^*}{m_2^*} \cdot \text{tg} \left(\frac{\delta \cdot a}{2} \right);$$

нечетные состояния:

$$\frac{\delta}{\lambda} = -\frac{m_2^*}{m_1^*} \cdot \text{tg} \left(\frac{\delta \cdot a}{2} \right), \quad [1]$$

где $\lambda = \sqrt{-\frac{2 \cdot m_1^* E}{\hbar^2}}$; $\delta = \sqrt{\frac{2 \cdot m_2^* (E + U_0)}{\hbar^2}}$; m_1^* – эф-

фективная масса электрона в области I и III; m_2^* – эффективная масса электрона в области II; U_0 – глубина ямы (1,07 эВ).

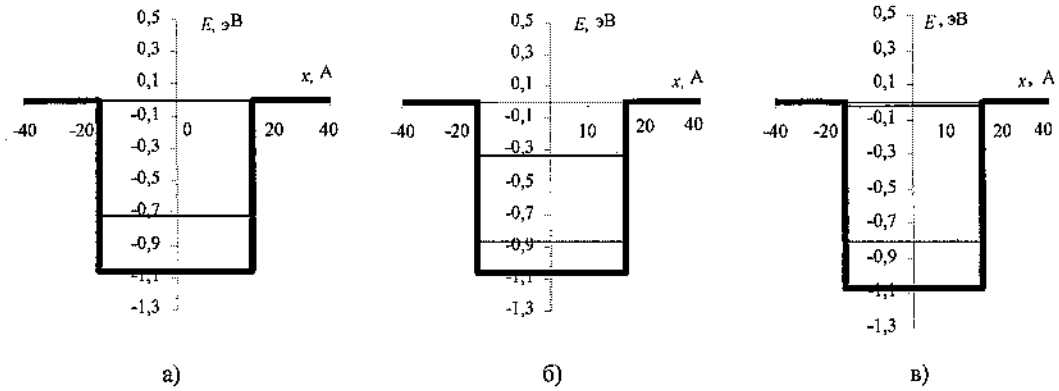


Рис. 1. Энергетический спектр электрона: а) в InAs; б) в GaAs; в) в гетероструктуре GaAs/InAs

На рис. 1 изображены энергетические спектры электрона в ранее описанных случаях при ширине квантовой ямы 40 Å. Видно, что энергетические уровни электрона GaAs расположены ниже, чем в InAs (рис. 1, а, б), а значения энергии в гетероструктуре GaAs/InAs/GaAs находятся между значениями энергии того же уровня в GaAs и InAs. Такой же вывод можно сделать, если рассмотреть уровни размерного квантования для 1, 2 и 3 случая, которые изображены на рис. 2 (здесь для GaAs взяты только первые 3 уровня размерного квантования).

Из рис. 2 видно, что с ростом ширины ямы увеличивается количество энергетических уровней, причем у GaAs при ширине ямы 100 Å на-

блюдается 5 энергетических состояний, а у InAs и гетероструктуры GaAs/InAs/GaAs только 3 энергетических уровня. Значения энергии частиц в гетеропереходе ближе к значениям в полупроводнике InAs, поэтому в полупроводниках такого типа обычно используется не чистый InAs, а $In_xGa_{1-x}As$, где x – массовая доля молекул индия внедренных в арсенид галлия, причем x обычно изменяется в пределах $0 \div 0,25$ [1, с. 1109, 1120].

Далее уместно рассмотреть квантовые состояния в двух близко расположенных ямах. Такое потенциальное поле позволяет оценить поведение двухуровневых систем, таких как полупроводник с гетеропереходом.

Среди многообразия гетерокомпозиций многослойные структуры с двойными квантовыми ямами представляют особый интерес в связи с обсуждаемой перспективой использования их для создания лазеров на межподзонных переходах. Кроме того, изучение указанных структур является важным этапом в решении проблемы квантовых сверхрешеток.

В простой квантовой яме с бесконечными стенками уровни энергии частицы в яме относятся друг к другу как квадраты натуральных чисел. Рассмотрим случай, когда в квантовой яме есть потенциальный барьер ширины b . Значения энергии в такой яме находятся из уравнения, полученного из граничных условий для волновых функций микрочастицы

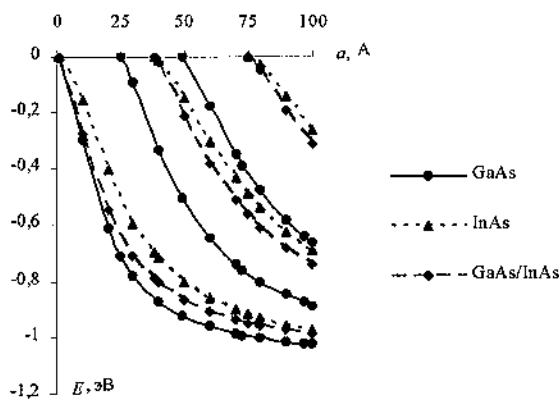
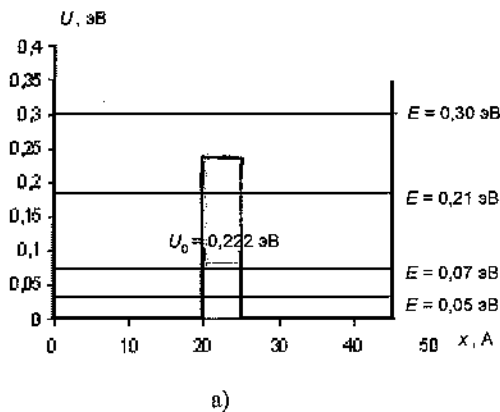


Рис. 2. Уровни размерного квантования свободных носителей заряда в полупроводниках GaAs, InAs и гетероструктуре GaAs/InAs/GaAs при $T = 300$ К

$$\operatorname{tg}(ka) = -\frac{k}{\delta} \pm \left(\operatorname{tg}(ka) - \frac{k}{\delta} \right) \cdot e^{-\delta b}. \quad (2)$$

При малой прозрачности барьера сложная яма ведет себя как простая квантовая яма. Учет конечности b , т.е. возможности возникновения туннельного эффекта приводит к расщеплению энергетических уровней (рис. 3).



ного квантования электрона в сложной квантовой яме при разной высоте барьера (рис. 5)

График зависимости уровней от высоты барьера между ямами качественно совпадает с результатами работы [2]. Из рисунков видно также, что

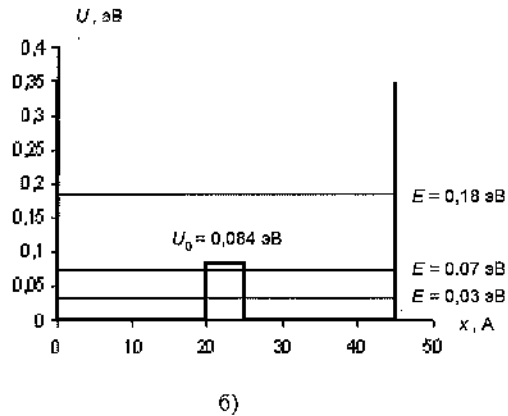


Рис. 3. Энергетические состояния электрона в сложной квантовой яме при $D = D_0 e^{-0.5}$: а) два уровня под барьером, б) три уровня под барьером

Чтобы приблизить задачу к модели полупроводника были выбраны следующие параметры сложной ямы: $b = 5 \text{ \AA}$ (ширина барьера сравнима с постоянной решетки), $a = 20 \text{ \AA}$. Также было учтено, чтобы коэффициент прозрачности барьера был достаточно большим ($D / D_0 > e^{-1}$). Из рис. 3 видно, что с увеличением прозрачности барьера величина расщепления энергетических уровней в яме ΔE возрастает (рис. 4).

Также в работе были получены уровни размер-

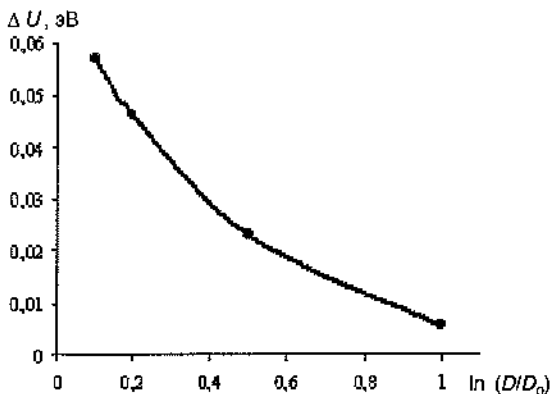


Рис. 4. Зависимость величины расщепления энергетических уровней ΔE в яме от параметра прозрачности барьера при $U_0 = 0,22 \text{ эВ}$

положение четных уровней практически не меняется при изменении высоты потенциального барьера, что соответствует аналитическому решению данной задачи.

Рассмотрим оптические свойства полупроводника с квантовой ямой на примере гетероструктуры $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}/\text{GaAs}$ (рис. 6). Для электронов и тяжелых дырок квантовой ямой в этой гетероструктуре является слой $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$. Поскольку по-

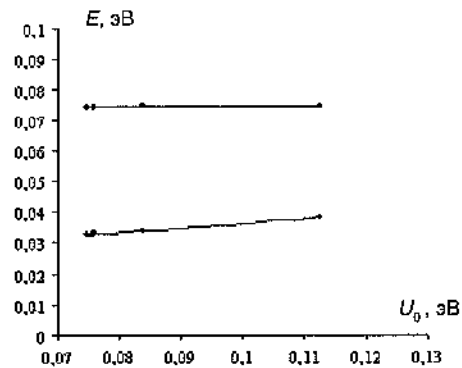


Рис. 5. Уровни размерного квантования электрона в сложной квантовой яме с бесконечно высокими внешними стенками в зависимости от высоты барьера

стоянная решетки у $\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}$ больше, чем у GaAs , то в этом слое имеются упругие напряжения, которые приводят к образованию барьера для легких дырок. Дно зоны проводимости в рассматриваемой гетероструктуре располагается в Γ -долине, причем дно электронной Γ -долины в $\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}$ располагается ниже, чем в GaAs , а потолок валентной зоны – выше, чем в GaAs . Величина разрыва зоны проводимости в этой гетероструктуре (величина квантовой ямы для электронов) составляет $U_{0c} = 0,126$ эВ, валентной зоны (зоны тяжелых дырок) – $U_{0v} = 0,078$ эВ. Ширина запрещенной зоны $E_{g\text{GaAs}} = 1,508$ эВ, а $E_{g\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}} = 1,304$ эВ.

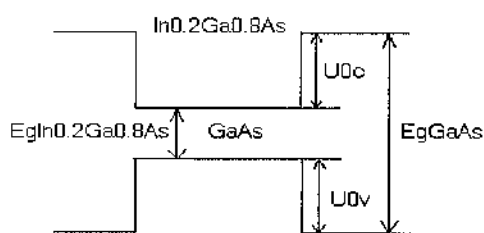


Рис. 6. Гетероструктура $\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}/\text{GaAs}$

Получены уровни размерного квантования электронов в зоне проводимости и тяжелых дырок

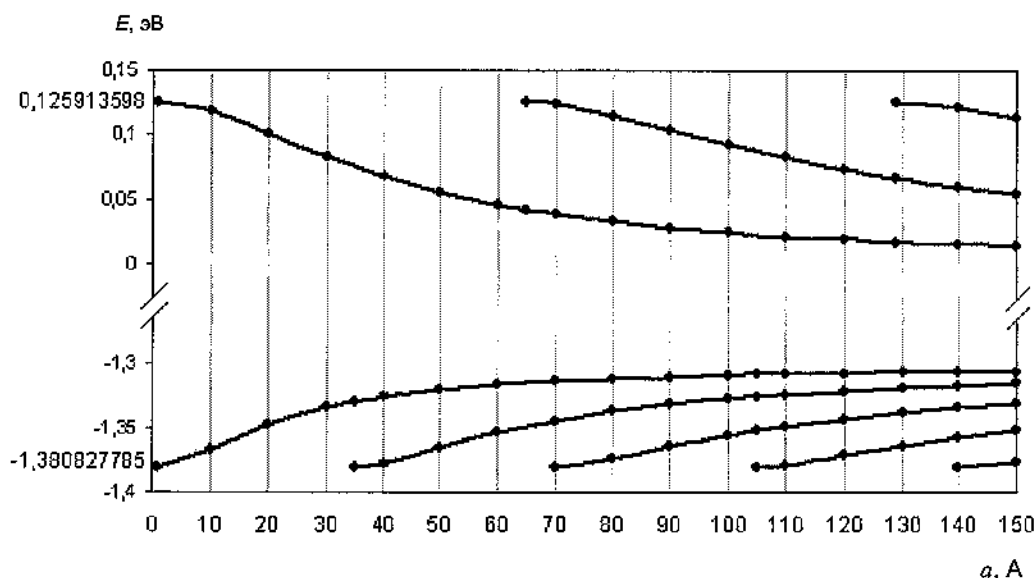


Рис. 7. Уровни размерного квантования электронов в зоне проводимости и тяжелых дырок в валентной зоне в гетероструктуре $\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}/\text{GaAs}$ в зависимости от ширины квантовой ямы

в валентной зоне при нулевом значении квазиимпульса в гетероструктуре $\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}/\text{GaAs}$ в зависимости от ширины квантовой ямы при температуре 77 К (рис. 7).

Эффективные массы электронов в GaAs и $E_{g\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}}$: $m_{c1}^* = 0,057 m_0$ кг, где m_0 – масса покоя электрона, $m_{c2}^* = 0,0493 m_0$ кг соответственно. Эффективные массы тяжелых дырок в GaAs и $E_{g\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}}$: $m_{v1}^* = 0,59 m_0$ кг, $m_{v2}^* = 0,542 m_0$ кг соответственно.

Из рис. 7 видно, что при увеличении ширины квантовой ямы увеличивается число как электронных, так и дырочных подзон в ней и в каждой подзоне уменьшается энергия размерного квантования. Положение уровней размерного квантования зависит не только от толщины квантовой ямы, но и от химического состава полупроводников, образующих гетероструктуру, поскольку этот параметр определяет глубину квантовой ямы.

Рассмотрены межзонные переходы (из валентной зоны в зону проводимости) носителей заряда в гетероструктуре $\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}/\text{GaAs}$ с шириной квантовой ямы $a = 200$ Å. Вычислен коэффициент поглощения при таких переходах. По полученным данным построили график зависимости коэффициента поглощения от энергии кванта излучения (рис. 8).

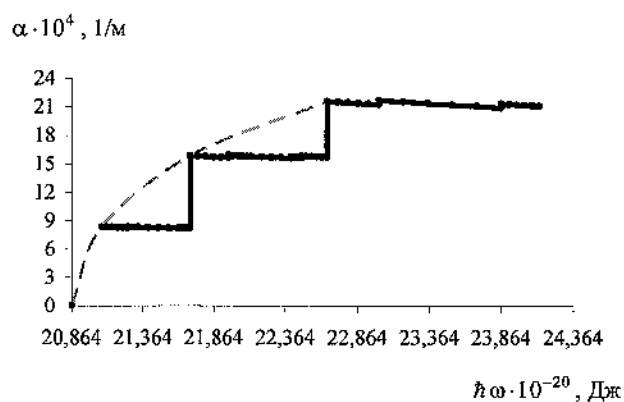


Рис. 8. Зависимость коэффициента поглощения от энергии кванта излучения

График зависимости имеет ступенчатый характер. Наиболее вероятны переходы с сохранением номера квантового уровня валентной зоны и зоны

проводимости. Переходы с несохранением номера уровня с одинаковой четностью имеют очень маленькую вероятность. Переходы между уровнями с разной четностью запрещены правилами отбора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кавокин А.В., Кохановский С.И., Песвижский А.И., Сасин М.Э., Сейсян Р.П., Устинов В.М., Егоров А.Ю., Жуков А.Е., Гупалов С.В. Эффект «кулоновской ямы» в спектрах поглощения и магнитопоглощения напряженных гетероструктур (In, Ga)As / GaAs. – ФТП, 1997. – Т. 31, в. 9. – С. 1109–1120.
2. Орлов Л.К., Ивина Н.Л., Романов Ю.А., Рубцова Р.А. Исследование туннельных характеристик барьера в двойной симметричной квантовой яме $\text{In}_{0,25}\text{Ga}_{0,75}\text{As} / \text{GaAs} / \text{In}_{0,25}\text{Ga}_{0,75}\text{As}$. – ФТТ, 2000. – Т. 42, в. 3. – С. 537–541.

УДК 621.74.046/047

Т.А. Окунева, З.К. Кабаков
Кафедра металлургических технологий
Н.И. Шестаков
Кафедра промышленной теплоэнергетики

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАКИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА НАМОРАЖИВАНИЕМ

Для выполнения экспериментальных исследований изготовили ванну прямоугольной формы, состоящую из стального кожуха (толщина листа – 10 мм) и внутренней шамотной футеровки толщиной 65 мм. Внутренние размеры ванны составили $200 \times 200 \times 350 \text{ мм}^3$. Между кожухом и кирпичом был положен асбестовый лист толщиной 6 мм. Ванна вмещает 65 кг плакирующего расплава. Расстояние от зеркала расплава до верха ванны – 100 мм. В качестве плакирующего металла для получения композиции типа: «коррозионно-стойкая сталь – углеродистая сталь – коррозионно-стойкая сталь» использовали хромоникелевую сталь аустенитного класса 08X18H10T, выбранную в процессе предварительных исследований. Расплав готовили в индукционной печи. Перед выпуском плавки измеряли температуру жидкого металла с помощью термопары типа ТПР и потен-

циометра постоянного тока. После измерения температуры расплав сливали в ковш, подвешенный на крюке кран-балки. Затем из ковша расплав заливали в ванну, футеровка которой была предварительно просушена и подогрета до температуры $500\text{--}600 \text{ }^\circ\text{C}$ переносной газовой горелкой в течение 3–4 часов. После заполнения ванны ее закрывали листом асбеста с прямоугольным отверстием.

Эксперименты проводили сериями. Каждая серия характеризовалась толщиной полосы, температурой полосы и температурой расплава. Толщина полосы выбиралась в различных сериях равной 0,5; 1,0; 2 мм, температура полосы – 20, 100 и $200 \text{ }^\circ\text{C}$, температура расплава в интервале $1520\text{--}1620 \text{ }^\circ\text{C}$.

Подогрев образцов осуществляли в лабораторной нагревательной печи [1]. Перед каждой серией

опытов готовили 30 образцов полосы из углеродистой стали Ст. 20, поверхность которых подвергалась травлению в 30 % растворе соляной кислоты в течение 18–24 с при температуре кислоты 60 °С. Полосы маркировали и раскладывали на стеллаже возле ванны. После заливки ванны и контрольного измерения температуры расплава маркированный конец полосы погружали другим концом через прямоугольную щель в расплав со скоростью, при которой не образовывались брызги расплава. Первый образец извлекали через 1 с и укладывали на прежнее место на стеллажах. Затем брали и опускали следующий образец, который извлекали через 2 с и т.д. На каждом следующем образце выдержка увеличивалась на 1 с. Серия экспериментов заканчивалась на образце, который после выдержки в расплаве разрушался при извлечении под собственным весом.

После каждой серии проводили измерение толщины плакированной полосы, определяли толщину плакированного слоя и строили кривые изменения толщины слоя в зависимости от времени выдержки полосы в расплаве. Результаты представлены на рис. 1.

Эту кривую можно условно разделить на 5 стадий, каждая из которых характеризуется своим

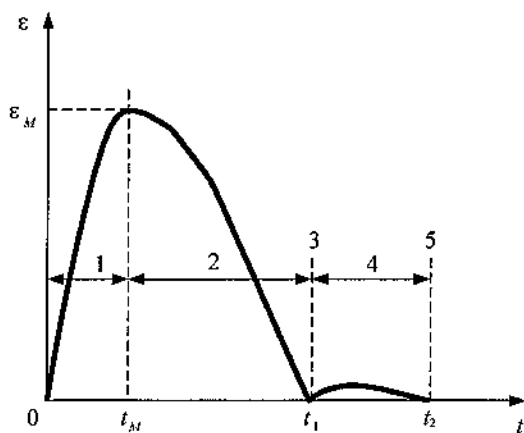


Рис. 1. Типичная кривая изменения толщины плакирующего слоя на полосе: стадия

1 – $0 \leq t < t_M$; 2 – $t_M < t < t_1$; 3 – $t = t_1$;

4 – $t_1 < t < t_2$; 5 – $t = t_2$

диапазоном (или значением) времени выдержки полосы в расплаве. Если бы полоса протягивалась

через расплав высотой H , то каждому значению времени выдержки t соответствовала бы скорость протягивания полосы v согласно формуле

$$t = \frac{H}{v}$$

Другими словами, все указанные стадии соответствуют конкретному диапазону (или значению) скорости протягивания.

Образцы полученного плакированного металла испытывали на изгиб. Определялись прочностные и пластические характеристики опытного металла на универсальной машине EDZ-2000 фирмы «Heckert» (Германия). Для этого полученный образец фиксировали на двух валках и сверху подвергали воздействию оправки. Полученные характеристики плакированного металла (предел пластичности) сравнивали с существующими аналогами и справочными величинами для листового проката углеродистых марок стали данного класса.

Для изучения структуры переходной зоны полученных плакированных соединений и выявления дефектов металла проводили металлографические исследования на шлифах, которые предварительно травили в 4 % растворе азотной кислоты. Макро- и микроструктуру образцов изучали с использованием микроскопа МИМ-7. Динамика роста покрытия показана на рис. 2.

Первая стадия характеризуется самыми наибольшими значениями времени выдержки. При увеличении времени выдержки на этой стадии толщина покрытия в процессе движения основы в расплаве увеличивается. Конечная толщина плакирующего слоя возрастает до максимального значения ϵ_M , имеющего место при t_1 . Максимальная толщина покрытия на этой стадии в экспериментах составила 1–7 мм в зависимости от толщины полосы, начальной ее температуры и температуры расплава. Динамика роста покрытия в процессе движения основы в расплаве на этой стадии соответствует схеме на рис. 2, а.

Такой характер формирования покрытия можно объяснить, привлекая условие Стефана в форме:

$$\rho L \frac{d\epsilon}{dt} = q_{тв} - q_{ж}, \quad (1)$$

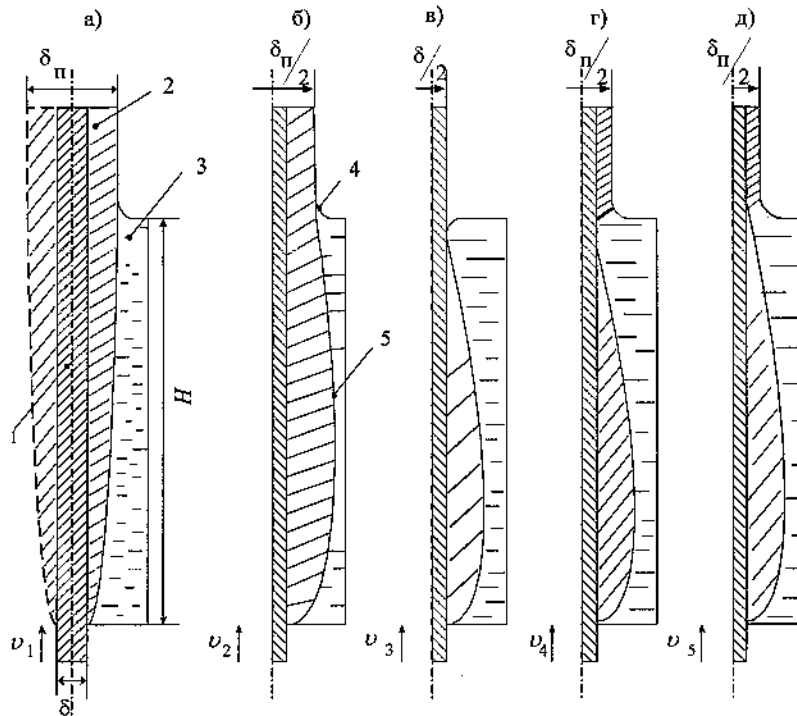


Рис. 2. Схемы динамики формирования плакирующего слоя из расплава нержавеющей стали на различных стадиях выдержки полосы в расплаве:
 а - $0 \leq \frac{H}{v_1} \leq t_m$; б - $t_m \leq \frac{H}{v_2} \leq t_1$; в - $t = t_1 = \frac{H}{v_3}$; г - $t_1 \leq \frac{H}{v_4} \leq t_2$; д - $t = t_2 = \frac{H}{v_5}$; 1 - полоса-основа; 2 - плакирующий слой; 3 - расплав; 4 - мениск расплава; 5 - фронт кристаллизации; δ - исходная толщина; δ_π - конечная толщина плакированной полосы

где $q_{тв}$ - удельный тепловой поток от фронта кристаллизации к твердой корке; $q_{ж}$ - поток теплоты от расплава к фронту; L - удельная теплота кристаллизации; $\frac{d\varepsilon}{dt}$ - скорость перемещения фронта кристаллизации.

Из формулы (1) следует, что при $q_{тв} > q_{ж}$ $\frac{d\varepsilon}{dt} > 0$ и толщина покрытия будет возрастать.

Таким образом, на первой стадии, пока не прогрелась основа, тепловой поток к ней ($q_{тв}$) превышает тепловой поток, поступающий к фронту кристаллизации от перегретой жидкой фазы ($q_{ж}$). При $t = t_1$ имеет место максимальная толщина

покрытия. При этом $\rho L \frac{d\varepsilon}{dt} = q_{тв} - q_{ж} = 0$, т.е. покрытие перестает нарастать.

На второй стадии при $t > t_1$ толщина покрытия в диапазоне времени $t_m < t < t_1$ начинает уменьшаться. В этом случае, в результате прогрева основы поток $q_{тв}$ уменьшается и становится меньше $q_{ж}$, т.е. $q_{тв} - q_{ж} < 0$, $\frac{d\varepsilon}{dt} < 0$. Тогда покрытие начинает плавиться (рис. 2, б).

На первой и второй стадиях расплав наблюдается на покрытии, образуя мениск (рис. 2, а, б). Это явление имеет место, т.к. смачивание расплавом покрытия из металла почти идеально, т.е. угол смачивания $\Theta \approx 0^\circ$.

На третьей стадии выдержки $t = t_2$ покрытие полностью расплавилось, поверхность покрыта окислами и не смачивается расплавом, поэтому мениск расплава имеет вид, показанный на рис. 2, в.

На четвертой стадии в результате увеличения продолжительности пребывания в расплаве, в частности, при непосредственном контакте «горячей» полосы с расплавом, пленка окислов на поверхности основы растворяется и не препятствует диффузии легирующих элементов нержавеющей стали в основу и увеличению смачиваемости поверхности (рис. 2, г). Увеличение смачиваемости приводит к появлению пленки расплава на поверхности полосы, которая кристаллизуется на определенной высоте от поверхности расплава. Максимальная толщина покрытия при вторичной кристаллизации составила 10–30 мкм в зависимости от условий эксперимента. Такая «вторичная» кристаллизация происходит за счет того, что поток тепла, имеющий место при небольшом градиенте температуры в основе, начинает превышать поток тепла с внешней поверхности основы. Этот факт связан с тем, что основа выходит из расплава и $q_{\text{ж}}$ в условии (1) изменяется на поток излучения от поверхности расплава.

К концу четвертой стадии $q_T \rightarrow 0$ и начинается подплавление (растворение) основы, но результаты подплавления не превышают толщины покрытия, образующегося за счет вторичной кристаллизации, поэтому конечная толщина полосы $\delta_n > \delta$, где δ – начальная толщина полосы.

На пятой стадии, при $t = t_2$, основа имеет рав-

номерную температуру, т.е. $q_T = 0$, и прогревается настолько, что теряет прочность и начинаются обрывы (рис. 2, д) при ее извлечении. Критическое время выдержки составляет 2–25 с в зависимости от условий эксперимента (перегрев расплава, толщина полосы и ее начальная температура).

Таким образом, в результате экспериментального исследования установлено явление вторичной кристаллизации плакирующего расплава на полосе. На стадии вторичной кристаллизации получается самое прочное покрытие полосы плакируемым металлом. Результаты экспериментов в дальнейшем использованы при проверке адекватности и адаптации математической модели формирования плакирующего покрытия [2], [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Окунева Т.А. Экспериментальное исследование теплообмена при получении плакированных листовых заготовок литейным методом / Ю.А.Калягин, Н.И.Шестаков, А.А.Лепехин // Материалы общероссийской научно-технической конф. «Вузовская наука – региону». – Вологда: ВГТУ, 2003. – С. 63–64.
2. Окунева Т.А. Разработка математической модели тепловых процессов при плакировании стальной полосы / З.К. Кабаков, Д.И. Габелая, Н.И. Шестаков // Прогрессивные процессы и оборудование металлургического производства: Материалы IV Междунар. науч.-техн. конф., посв. 120-летию акад. И.П. Бардина. – Череповец: ЧГУ, 2003. – С. 153–155.
3. Окунева Т.А., Кабаков З.К., Шестаков Н.И. Расчет удельного теплового потока на плакированную полосу со стороны мениска металла // Вестник ЧГУ. – Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2005. – № 2. – С. 42–44.

Раздел 3

БИОЛОГИЯ

УДК 581.9 (470.3)

Н.А. Пахляшова
Кафедра биологии и общей экологии

ДОПОЛНЕНИЯ К СПИСКУ ФЛОРЫ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Формирование флоры искусственных водоёмов определяется многими факторами, но наиболее важным из них является гидрологический режим. Рыбинское водохранилище характеризуется нестабильным уровнем, подверженным годичным и сезонным колебаниям. При таком режиме формируется флора, имеющая специфические черты, отличающие ее от флор водохранилищ с постоянным водным уровнем [9, с. 24–26]. Со временем создания Рыбинского водохранилища происходили существенные изменения в видовом составе: исчезали одни виды, появлялись новые, в том числе и гибридные формы. Это объясняет проведение многочисленных флористических исследований на данном водоёме.

Начальное формирование флоры Рыбинского водохранилища происходило за счёт расселения тех видов, которые ранее существовали в озёрах и реках Молого-Шекснинского междуречья [7, с. 50–83]. Флористический состав водной растительности этого района был очень беден. По данным Л.В. Калининой [5], здесь были распространены

23 вида, почти все из них теперь встречаются в водохранилище.

Детальное изучение водной и прибрежной растительности Рыбинского водохранилища было начато с момента его заполнения до проектной отметки 102 м. Наблюдения и сбор полевых материалов осуществлялись В.К. Богачёвым в 1947–1949 гг., Т.Н. Кутовой в 1946–1951 гг. [1, с. 72–73] и А.М. Леонтьевым вместе с сотрудниками Дарвинского гос. заповедника в 1947–1950 гг. [8, с. 27–90].

В период между 1947 и 1951 гг., когда режим водохранилища стал более или менее однообразным, видовой состав зоны временного затопления заметно обогатился, так как наряду с сухопутными видами здесь появились водные растения. Согласно первым спискам тех лет, здесь произрастало 428 видов растений, из которых на долю гитрофитов приходилось 184 вида, число настоящих водных растений, или гидрофитов составляло 74 вида [3, с. 5–106]. К водным растениям В.К. Богачев причисляет, правда, и такие, как *Carex cespitosa* L.

(осока дернистая), которые, собственно, являются растениями влажных, а не водных местообитаний. Исключив их, мы получим не более 60 видов [2, с. 125–141].

Начиная с 1952 года многолетние наблюдения над растительностью зоны временного затопления проводили научный сотрудник Дарвинского гос. заповедника Т.Н. Кутова и младший научный сотрудник ИБВВ АН СССР А.П. Белавская. К 1956 году, участвуя в комплексных рейсах биологической станции «Борок», ими было проведено детальное картирование и описание растительности всего водоёма. Оно показало, что в прибрежной зоне водохранилища встречается 388 видов высших растений. Однако большинство из них очень редки или же распространены выше зоны затопления. Непосредственно для зоны временного затопления был отмечен 171 вид высших растений, среди которых довольно мало настоящих водных растений, что связано с нестабильным уровнем водохранилища [16].

Итак, многолетние наблюдения над растительностью зоны временного затопления, иначе говоря – зоны мелководья Рыбинского водохранилища, показывают, что её флористический состав и степень развития не остаются постоянными, а меняются как из года в год, так и в течение одного года [26, с. 220–225]. Не случайно со временем флористическая сводка была дополнена данными специального маршрутного обследования растительности водохранилища, выполненного в 1969 г. По результатам совместной работы А.П. Белавской, Т.Н. Кутовой и В.А. Экзерцева приводится список из 178 видов [29, с. 168–173]. Согласно В.А. Экзерцеву [28, с. 198–199], флора мелководий водохранилища, независимо от времени её развития, значительно богаче флоры естественного водоёма такой же площади. Связано это с наличием на водохранилище участков с разными условиями среды – участков, характерных для рек, озёр, болот и пересыхающих водоёмов, что расширяет состав флоры и способствует расселению на них видов с различными экологическими свойствами.

В 1986 г., после 25-летнего перерыва, ИБВВ АН СССР возобновил работы по изучению прибрежной растительности Рыбинского водохранилища. Полные сведения по флоре Рыбинского во-

дохранилища изложены в работе Л.И. Лисицыной [9, с. 24–26]. На его мелководьях было найдено 195 видов, из них 7 гибридов, впервые отмеченные во флористическом списке данного водоёма. Выполненные исследования показывают, что формирование растительного покрова даже на длительно существующих водохранилищах не прекращается. Смена растительных сообществ, приводит к изменениям и во флоре макрофитов [10, с. 110–119].

В это же время вопросами сложения и изменения растительности Рыбинского водохранилища занимается Г.Ф. Ляшенко [12]; [13, с. 57–64]; [14, с. 106–111]; [15, с. 14], в работе которого отмечается 80 видов настоящих водных растений, 101 вид гигрофитов – растений, приуроченных к переувлажнённым местообитаниям, и 13 видов гигромезофитов [13, с. 57–64]. В своих работах он также отмечает специфические черты флоры Рыбинского водохранилища, отличающейся от таковых водохранилищ с постоянным уровнем.

Обобщив собственные материалы многолетних исследований по водоёмам и водотокам Верхнего Поволжья, В.Г. Папченков с соавторами [23, с. 40–45] приводят для Рыбинского водохранилища 260 видовых таксонов, в том числе 23 гибрида. Анализ видового богатства флоры Рыбинского водохранилища показывает, что наибольшим числом представлены гигрофиты – 114 видов. Настоящие водные растения, или гидрофиты занимают второе место – 51 вид. Далее идут гигрогелофиты, гигромезо- и мезофиты – 39 и 37 видов, соответственно [23, с. 40–45].

По мнению В.Г. Папченкова [20, с. 82–91], в последнее время наблюдается высокий полиморфизм водных растений, их большая сезонная и экологическая изменчивость, а также высокая гибридогенная активность. Наиболее разнообразной и сложной группой водных растений являются рдесты, а среди прибрежных – ивы и осоки (Папченков 2003). Гибридная природа растений отчётливо видна по многим морфологическим признакам. Ивы имеют нормальное семенное размножение, у рдестов активное вегетативное размножение и нередко гибриды преобладают над родительскими видами [23, с. 40–45].

Последние флористические списки составлены автором статьи по результатам изучения расти-

тельного покрова Шекснинского плёса Рыбинского водохранилища в пределах Вологодской области в летний полевой сезон 2004–2005 гг. Отмечено 310 видов, в числе которых 41 гибридная форма растений. Ниже приводится список гибридов, ранее здесь не отмечавшихся.

Carex x elytiroides Fries (*C. acuta* L. x *C. nigra* (L.) Reichard.). Пос. Новинка, берег р. Чистовка, 9.VII.2004. Ранее в Вологодской области гибрид был отмечен на озере Белом [23, с. 122–124]. Он приводится для Западной Европы [31] и территории бывшего СССР [6, 111–464], однако в последней обработке осок Т.В. Егоровой [4] этот биоминерал отсутствует [23, с. 122–124].

Equisetum arvense L. x *E. sylvaticum* L. Рыбинское водохранилище, заостровное мелководье урочища Солово, 23.VI.2004.

Potamogeton x babingtonii A. Benn. (*P. lucens* L. x *P. praelongus* Wulf.) Рыбинское водохранилище у поселка Дор, заостровное мелководье, 21.VIII.2004. Известен в соседней Тверской обл. [11]. Собирался на Шекснинском водохранилище (Сизьменский разлив, затопленное озеро Окунёвка) [23, с. 122–124]. Ранее был отмечен в Республике Марий Эл, в зоне подпора Куйбышевского водохранилища (о-в Ураковский, внутренний водоём, 26.06.1989) [25, с. 84–94] и в водоёмах Национального природного парка «Марий Чодра» (озеро Яльчик и маленькое озерко – болотце на его берегу, 30.08.1988; Кленовая гора, озеро Мушандер, 13.06.1989; Лушманское л-во, 11 кв. старица река Юшут, 30.08.1989) [17]; [18].

Potamogeton x salicifolius Wulfg. (*P. x decipiens* Nolte ex W. D. J. Koch, *P. x affinis* (A. Benn) P. Fournier, *P. x steriliformis* Hagstr., *P. x kupfferi* A. Benn.) (*P. lucens* L. x *P. perfoliatus* L.). Рыбинское водохранилище, деревня Городище, река Чёрная, 5.VIII.2004. Относится к числу наиболее известных и широко распространённых гибридных рдестов. Отмечен в бассейне Волги на малых реках Верхнего Поволжья [21, с. 109–118]; [22, с. 153–157]; [20, с. 82–91].

Salix x coriacea Schleich. (= *S. x conformis* Schleich.) (*S. aurita* L. x *S. myrsinifolia* Salisb.) Рыбинское водохранилище, открытое мелководье у поселка Мякса, 9.VII.2005.

Salix dasyclados Wimm. x *S. aurita* L. Рыбинское водохранилище, открытое мелководье у поселка Мякса, 9.VII.2005.

Salix dasyclados Wimm. x *S. cinerea* L. Рыбинское водохранилище, открытое мелководье у пос. Мякса, 9.VII.2005.

Salix x eriophora Borbas (*S. cinerea* L. x *S. triandra* L.). Рыбинское водохранилище: 1) деревня Городище, залив по реке Чёрная, 5.VIII.2004; 2) открытое мелководье у поселка Мякса, 9.VII.2005; 3) залив по реке Шексна, 7.VII.2005.

Salix x multinervis Doll. (*S. x latescens* A. J. Kerper.) (*S. aurita* L. x *S. cinerea* L.). Рыбинское водохранилище: 1) поселок Мякса, открытое мелководье, 9.VII.2005; 2) мелководье у поселка Новинка, 9.VII.2004; 3) деревня Городище, залив по реке Чёрная, 5.VIII.2004; 4) залив по реке Шексна, 7.VII.2005. Отмечен Н.Н. Цвелёвым [27] для северо-запада России.

Salix x schumanniana Seenren (*S. pentandra* L. x *S. triandra* L.). Рыбинское водохранилище, открытое мелководье у пос. Мякса, 9.VII.2005.

Salix x tetrapla Walker (= *S. x tenuifolia* Sm.) (*S. myrsinifolia* Salisb. x *S. phlylicifolia* L.). Рыбинское водохранилище, открытое мелководье у поселка Мякса, 9.VII.2005.

Гербарные образцы приведённых гибридов хранятся в гербарии ИБВВ АН им. И.Д. Папанина (поселок Борок, Ярославская область).

Главное условие гибридизации видов в природе, в том числе и в Рыбинском водохранилище – нарушение среды, поскольку именно в нарушенной среде часто исчезают барьеры репродуктивной изоляции между родительскими видами. Кроме того, нарушения среды приводят к возникновению большого разнообразия местообитаний, которые активно используются гибридами с различной приспособленностью. Согласно О.В. Юрцевой [30, с. 132–138] в нарушенной среде ослаблены конкурентные отношения, что благоприятствует гибридам, способным найти себе подходящую нишу. Особенно благоприятствуют гибридизации антропогенно нарушенные местообитания, занос видов человеком и введение таксонов в культуру. Таким образом, в дальнейшем также будут выявляться новые гибридные формы, а значит, флористические исследования на Рыбинском водохранилище не потеряют своей актуальности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белавская А.П. Изменение высшей водной расти-

тельности Рыбинского водохранилища в связи с колебаниями его уровня (1954–1955); Тез. докл. совещ. по биол. пробл. новых водоёмов. – Горький: ГГУ, 1957.

2. Белавская А.П. Изменение высшей растительности Рыбинского водохранилища в связи с колебаниями его уровня (1954–1955 гг.) // Тр. ИБВВ. – М.; Л., 1958. – Вып. 3.

3. Богачёв В.К. Формирование водной растительности Рыбинского водохранилища // Уч. записки. Вып. 14 (24). Естествознание. Ярослав. гос. пед. ин-т им. К.Д. Ушинского. – Ярославль, 1952.

4. Егорова Т.В. Осоки (*Carex* L.) России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – СПб., 1999.

5. Калинин Л.В. Некоторые закономерности распределения растительных группировок в водоёмах Молого-Шекснинского междуречья // Тр. БИН. – Л., 1940. – Вып. 4. – Сер. 3.

6. Кречетович В.И. Род Осока – *Carex* L. // Флора СССР. – Л.: Изд-во АН СССР, 1935. – Т. 3.

7. Кутова Т.Н. Формирование водной и прибрежной растительности на Рыбинском водохранилище // Тр. ДГЗ, Вып. 2. Ч. 1. Рыбинское водохранилище. – М.: Изд-во МОИП, 1953.

8. Леонтьев А.М. Об изменениях растительности под влиянием первых лет затопления и подтопления Рыбинским водохранилищем // Тр. ДГЗ. – Вологда, 1956. – Вып. 3.

9. Лисицына Л.И. Формирование и особенности флоры Рыбинского водохранилища // Вторая всесоюз. конф. по высш. водн. и пр-водн. раст.: Тез. докл. – Борок, 1988.

10. Лисицына Л.И. Видовой состав растительности мелководий Рыбинского водохранилища // Флора и продуктивность пелагических и литоральных фитоценозов водоёмов бассейна волги. – Л.: Наука, 1990.

11. Лисицына Л.И., Папченко В.Г., Артеменко В.И. Флора водоёмов волжского бассейна. Определитель цветковых растений. – СПб.: Гидрометеоздат, 1993.

12. Ляшенко Г.Ф. Высшая водная растительность Рыбинского водохранилища: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – СПб., 1995.

13. Ляшенко Г.Ф. Растительность Рыбинского водохранилища // Ботанический журнал. – 1997. – Т. 82. – № 11.

14. Ляшенко Г.Ф. Динамика высшей водной растительности Рыбинского водохранилища // Ботанический журнал. – 1999. – Т. 84. – № 12.

15. Ляшенко Г.Ф. Многолетние наблюдения за динамикой зарастаемости равнинного водохранилища на стационарном участке // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга: Тез. докл. XI Междунар. симпозиума по биоиндикаторам. – Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 2001.

16. Отчёт по схематическому картированию Рыбинского водохранилища. – Рукопись, 1956.

17. Папченко В.Г. О флористических находках в Марийской АССР // Ботанический журнал. – 1990. – Т. 75. – № 12.

18. Папченко В.Г. Рдесты (*Potamogeton*, *Potamogetonaceae*) Среднего Поволжья // Самарская Лука. Бюллетень № 4–93. – Самара, 1993.

19. Папченко В.Г. Высшие водные растения – вселенцы в бассейне Верхней Волги // Экологические проблемы Верхней Волги: Колл. монография. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001.

20. Папченко В.Г. К определению сложных групп водных растений и их гибридов // Гидробиотаника: методология, методы: Материалы Школы по гидробиотанике. – Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2003.

21. Папченко В.Г., Бобров А.А., Богачев В.В., Чемерис Е.В. Флористические находки в Ярославской области // Ботанический журнал. – 1996. – Т. 81. – № 4.

22. Папченко В.Г., Бобров А.А., Чемерис Е.В., Борисова М.А., Гарин Э.В. Флористические находки в Верхнем Поволжье // Ботанический журнал. – 1997. – Т. 82. – № 3.

23. Папченко В.Г., Козловская О.И. Флористические находки в Вологодской области // Ботанический журнал. – 2001. – Т. 86. – № 7.

24. Папченко В.Г., Лисицына Л.И., Бобров А.А., Чемерис Е.В. Высшие водные растения // Экологические проблемы Верхней Волги: Колл. моногр. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001.

25. Папченко В.Г., Шнак Т.Л. Флористические находки на островах и мелководьях Куйбышевского водохранилища // Ботанический журнал. – 1992. – Т. 77. – № 9.

26. Томилина Т.В. Динамика растительности зоны временного затопления Рыбинского водохранилища в районе стационара «Борок» // Ботанический журнал. – 1959. – Т. XLIV.

27. Цвелёв Н.Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). – СПб.: Изд-во СПХФА, 2000.

28. Экзерцев В.А. О возникновении новой флоры и растительности в зоне мелководий волжских водохранилищ // Материалы межвузов. науч. конф. по вопросам изучения влияния водохранилищ на природу и хозяйство окружающих территорий. – Калинин, 1970.

29. Экзерцев В.А. Высшая водная растительность // Рыбинское водохранилище и его жизнь. – Л.: Изд-во Наука, 1972.

30. Юрцева О.В. Роль гибридизации в эволюции высших растений // Гидробиотаника: методология, методы: Материалы VI Школы по водным макрофитам. – Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2005.

31. Dostál J. Seznam cévnatých rostlin květeny československé. – Praha-Troja, 1982. – 408 s.

ВИДОВОЙ СОСТАВ НАЗЕМНЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ХИБИН

Цианобактерии являются самой древней, широко распространенной группой оксигенных фотосинтезирующих прокариот. Видовое богатство (около 1500 видов) и многообразие форм цианобактерий не сравнимо ни с одной другой группой прокариот.

Цианобактерии играют большую роль в преобразовании почвы, улучшая ее физические свойства, обогащая кислородом и соединениями азота, что является важным для субарктических и тундровых районов.

С целью изучения видового состава наземных цианобактерий западной части Хибин проводились исследования в течение полевого сезона 2004 года. Для анализа также использовались сборы 2002 и 2003 годов сотрудников группы микробиологии Полярно-альпийского ботанического сада-института Кольского научного центра РАН (ПАБСИ КНЦ РАН): В.И. Егорова, Р.А. Мироновой. Кроме этого, материалом для исследования видового разнообразия наземных цианобактерий послужила коллекция мохообразных, собранная маршрутным методом в горах западной части Хибин. Также были учтены литературные данные [1, с. 107–150]; [2, с. 395–399]; [7, с. 509–519]. Всего на территории западной части Хибинских гор было известно 63 вида наземных цианобактерий.

За вегетационный период с июня по август 2004 года с целью определения видового состава цианобактерий было проанализировано 160 образцов. Из них 80 растительных (18 видов мохообразных) и 80 почвенных.

Сбор растительных и почвенных образцов осуществлялся в горных и предгорных районах западной части Хибин на 20 стационарных площадках, размером 1 м².

11 площадок было расположено на территории ПАБСИ, а именно на горе Вудъяврчорр, на высоте 130 – 650 м над уровнем моря. 9 площадок находилось в предгорном районе западной части Хибин на территории экспериментальной базы ПАБСИ в окрестностях города Апатиты.

Горные районы изученной территории охватывают горно-лесной пояс (130 – 380 м над уровнем моря), пояс березового криволесья (380 – 390 м над уровнем моря) и горно-тундровый пояс (390 – 1150 м над уровнем моря) горы Вудъяврчорр.

Сбор образцов осуществлялся в вегетационный период (с июня по август 2004 года) 4 раза с одних и тех же стационарных площадок. Сборы материала проводились общепринятыми методами [4]. Каждая проба представляла собой небольшую куртинку мха площадью около 1 см² и индивидуальный образец почвы под ней с глубины 2 – 5 см (весом 20 – 50 г).

Для исследования качественного состава образцов применялся культуральный метод посева на жидкую питательную среду Голлербаха [6]. Этот метод позволяет выявить состав обитающих в почве и в растительных образцах видов цианобактерий.

Культивирование образцов осуществлялось в течение 29 дней на свету. Образцы, показавшие наличие колоний, направлялись на исследование качественного состава путем микроскопирования.

Идентификация обнаруженных микроорганизмов осуществлялась на световом микроскопе Carl Zeiss «AxioPlan 2 imaging» с встроенной цифровой фотокамерой 3CCD и с прилагающейся компьютерной программой AxioVision 3.1. для анализа изображений.

Для исследования микроорганизмов под микроскопом готовили препараты живых клеток (препарат «раздавленная капля»). Сухие образцы мохообразных 2003 года исследовались непосредственно под микроскопом (без выращивания на жидкой питательной среде) по той же методике (препарат «раздавленная капля»).

Определение микроорганизмов осуществлялось с использованием Определителя пресноводных водорослей СССР [3]; [10]. Названия видов приводятся по J. Komárek, K. Anagnostidis (1986, 1989, 1998), K. Anagnostidis, J. Komárek (1988, 1990).

По итогам микроскопирования почвенных и растительных образцов за весь вегетационный период было обнаружено 22 вида цианобактерий: *Anabaena jacutica* Kissel.; *A. solitaria* Kleb.; *Aphanocapsa kovacekii* Beljak.; *A. muscicola* (Menegh.) Wille; *Aulosira implexa* Born. et Flah.; *Cyanobacterium cedrorum* (Sauv.) Kom. et al.; *Cyanothece aeruginosa* (Näg.) Kom.; *Cylindrospermum sp.*; *Jaaginema pseudogeminata* (Schroet. et Kirchn.) Anagn. et Kom.; *Leptolyngbya foveolarum* (Rabenh. ex Gom.) Anagn. et Kom.; *Nostoc ellipsosporum* Desmaz.; *N. linckia* (Roth) ex Born. et Flah.; *N. punctiforme* (Kütz.) Hariot; *N. sp.*; *Phormidium irriguum* (Kütz. ex Gom.) Anagn. et Kom.; *Spirulina laxa* Smith.; *Stigonema informe* Kütz.; *Synechococcus elongatus* (Näg.) Näg.; *Synechocystis aquatilis* Sauv.; *S. crassa* Woronich.; *S. salina* Wislouch; *Tolypotrrix fasciculata* Gom.

Среди обнаруженных цианобактерий выявлено 6 видов новых для Хибинских гор (*Anabaena solitaria*; *Aphanocapsa muscicola*; *Cyanothece aeruginosa*; *Synechocystis aquatilis*; *S. crassa*; *Synechococcus elongatus*) и 7 видов новых для Мурманской области (*Anabaena jacutica*; *Aphanocapsa kovacekii*; *Aulosira implexa*; *Cyanobacterium cedrorum*; *Jaaginema pseudogeminata*; *Leptolyngbya foveolarum*; *Synechocystis salina*).

Также был обнаружен вид из рода *Cylindrospermum*, возможно, новый для территории России (рис. 1).

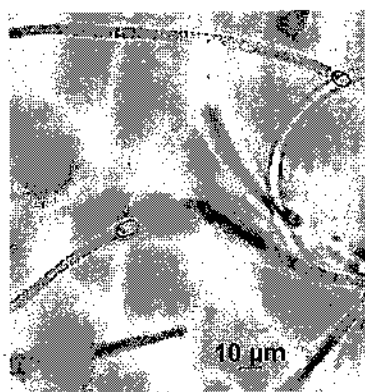


Рис. 1. *Cylindrospermum sp.*

Наибольшее видовое разнообразие отмечено в семействах *Nostocaceae* (рода *Anabaena*, *Cylindrospermum*, *Aulosira*, *Nostoc*), *Merismopediaceae* и *Synechococcaceae* (рис. 2). Наиболее распростра-

ненным по территории исследования видом среди эпифитов и почвенных цианобактерий является *Nostoc punctiphorme*.

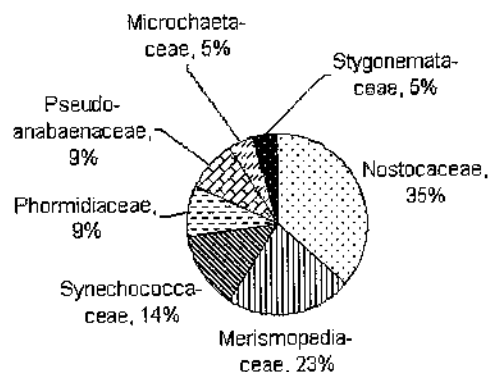


Рис. 2. Процентно-долевое соотношение семейств наземных цианобактерий западной части Хибин по числу видов (2004 г.)

Среди обнаруженных видов цианобактерий азотфиксаторами являются: *Anabaena jacutica*; *A. solitaria*; *Aulosira implexa*; *Cyanothece aeruginosa*; *Cylindrospermum s.*; *Nostoc ellipsosporum*; *N. linckia*; *N. punctiphorme*; *N. sp.*; *Stigonema informe*; *Tolypotrrix fasciculata*.

Нашими исследованиями выявлено, что наиболее благоприятным временем для жизнедеятельности наземных цианобактерий в районе исследования является июль, что связано с оптимальными показателями температурного и светового режимов этого месяца. На середину вегетационного периода приходится наибольшее число обнаруженных видов цианобактерий (как эпифитов, так и почвенных) (рис. 3).

Наибольшее видовое разнообразие цианобактерий отмечено в группе эпифитов. Образуя ассоциативные связи с мохообразными (поселяясь на них), цианобактерии оказываются в условиях с меньшим колебанием влажности и температуры, а также более постоянным минеральным и водным питанием.

Определяющими факторами существования цианобактерий в изучаемом районе являются – кислотность почвы для почвенных видов и влажность субстрата для эпифитов. Наибольшее число видов и наивысшая частота встречаемости для почвенных цианобактерий отмечены в горных

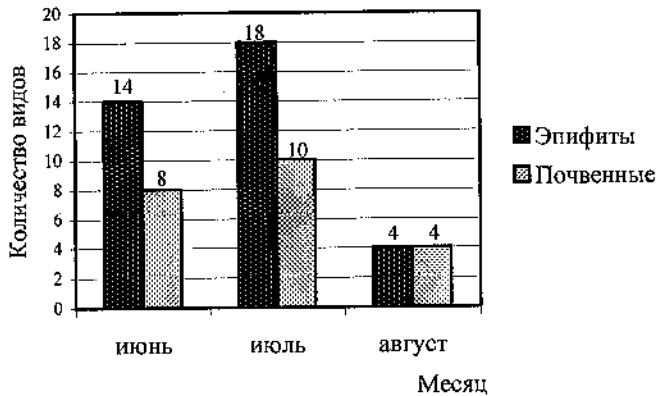


Рис. 3. Динамика видового разнообразия цианобактерий западной части Хибин (июнь – август 2004 г.)

районах, а для эпифитов – в предгорьях.

В целом, до исследований 2004 года на территории западной части Хибинских гор было известно 63 вида наземных цианобактерий. С учетом данных, полученных в ходе наших исследований, число их увеличилось до 76.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронихин Н.Н. Водоросли и их группировки в озерах Имандра и Нотозеро (Кольский полуостров) // Труды Ботанического института Акад. наук СССР, Споры растения, сер. II. Вып. 2. – М.; Л., 1935.
2. Воронихин Н.Н. Водоросли, собранные в окрестностях Горной станции Академии наук СССР в Хибин

нах // Тр. Бот. инст. Акад. Наук СССР, Споры растения, сер. II. Вып. 3. – М.; Л., 1936.

3. Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. Синезеленые водоросли. – М.: Советская наука, 1953.

4. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. – Л.: Наука, 1969.

5. Ройзин М.Б. Микрофлора скал и примитивных почв высокогорной арктической пустыни // Ботанический журнал. – 1960. – Т. 45. – № 7.

6. Сзги Й. Методы почвенной микробиологии / Под ред. Г.С. Муромцева. – М., 1983.

7. Штина Э.А., Ройзин М.Б. Водоросли подзолистых почв Хибин // Ботанический журнал. 1966. – Т. 51. – № 4.

8. Anagnostidis K., Komárek J. Modern approach to the classification system of cyanophytes 3 – *Oscillatoriales* // Arch. Hydrobiol. – 1988. Suppl. 80. Н. 1–4. (Alg. Stud. 50–53). – P. 327–472.

9. Anagnostidis K., Komárek J. Modern approach to the classification system of cyanophytes

- 5 – *Stigonematales* // Arch. Hydrobiol. 1990. Suppl. 86. Н. 1. (Alg. Stud. 59). P. 1–73.

10. Komárek J., Anagnostidis K. *Cyanoprokaryota I. Teil: Chroococcales* // Süßwasserrflora von Mitteleuropa. – Jena; Stuttgart; Lübeck; Ulm, 1998. – Bd. 19/1. – 548 p.

11. Komárek J., Anagnostidis K. Modern approach to the classification system of cyanophytes 2 – *Chroococcales* // Arch. Hydrobiol. – 1986. Suppl. 73. Н. 2 (Alg. Stud. 43). – P. 157–226.

12. Komárek J., Anagnostidis K. Modern approach to the classification system of cyanophytes 4 – *Nostocales* // Arch. Hydrobiol. 1989. Suppl. 82. Н. 3. (Alg. Stud. 56). – P. 247–345.

УДК 595.7

М.С. Трифонова

Кафедра биологии и общей экологии

АНАЛИЗ ФАУНЫ КОМАРОВ СЕМЕЙСТВА *CULICIDAE* ЧЕРЕПОВЕЦКОГО РАЙОНА

Комары сем. Настоящие комары (*Culicidae*), подотр. Длинноусые (*Nematocera*), отр. Двукрылые (*Diptera*) входят в группу кровососущих двукрылых насекомых.

Представители некоторых видов этого семейства могут быть переносчиками заболеваний человека и животных (например, малярии, туляремии).

Санитарно-эпидемиологическая служба проводит регулярные учёты численности представителей рода *Anopheles* и рода *Aedes*, но без определения их видовой принадлежности. Исследования биологии и экологии некоторых родов *Culicidae* (в основном *Aedes* и *Anopheles*) проводились в конце 50-х – начале 60-х годов прошлого века на терри-

тории Дарвинского государственного природного биосферного заповедника. Таким образом, для Череповецкого района до сих пор оставался не установленным видовой состав изучаемого семейства, нет полных данных по биологии и экологии видов, обитающих в окрестностях населённых пунктов, где комары могут представлять наибольшую эпидемическую опасность.

Было установлено, что комары, относящиеся к сем. Culicidae, представлены в Череповецком районе 3 наиболее распространёнными родами: *Culex*, *Anopheles*, *Aedes*. Нами выявлены 16 видов, относящиеся к этим 3 родам (табл. 1).

Таблица 1

Выявленные представители сем. Culicidae
(по данным учётов 2003–2004 гг.)

№ п/п	Вид	Личинки (III–IV возраст)		Имаго	
		2003 г.	2004 г.	2003 г.	2004 г.
1	<i>Anopheles beklemishevi</i>	131	372	31	122
2	<i>Anopheles claviger</i>	88	90	79	85
3	<i>Anopheles melanoon</i>	113	118	92	102
4	<i>Anopheles hyrcanus</i>	–	–	13	–
5	<i>Anopheles messeae</i>	133	109	51	118
6	<i>Aedes cinereus</i>	139	313	95	121
7	<i>Aedes communis</i>	67	131	79	97
8	<i>Aedes excrucians</i>	77	136	46	98
9	<i>Aedes dianiaus</i>	–	–	–	16
10	<i>Aedes flavescens</i>	200	389	63	107
11	<i>Aedes maculatus</i>	57	128	51	78
12	<i>Aedes punctor</i>	–	108	66	24
13	<i>Aedes riparius</i>	54	65	14	32
14	<i>Aedes vexans</i>	130	91	98	64
15	<i>Culex modestus</i>	241	188	14	43
16	<i>Culex pipiens</i>	690	713	199	213
Всего		2105	3528	1134	1479

Количество выявленных видов относительно невысоко, учитывая что для подзоны южной тайги европейской части России зарегистрированы 28 видов только рода *Aedes* [9, с. 211–231]. Однако в

литературе есть указания на то, что в биотопах, сильно трансформированных под влиянием человека, но частично сохранивших места выплода, формируются комплексы, видовое богатство которых по сравнению с естественными оказывается снижено в 2,2 раза [11, с. 130–133].

Район исследований включал пригородную зону города Череповца, некоторые участки берегов Рыбинского водохранилища, окрестности села Городище, деревни Пулово-Борисово и окрестности поселка Ирдоматка, села Мякса, села Шеломово и деревни Шайма, посёлок городского типа Тоншалово и Иваческого озера. Полевые исследования проводились с апреля 2003 года по ноябрь 2004 года. Кроме того, в работе были использованы данные энтомологических учётов, предоставленные СЭС города Череповца за период с 1999 по 2004 год. (Данные по количеству отловленных личинок и имаго (взрослых насекомых представлены в табл. 1.) За период исследований проведено около 80 выходов по сбору материала, выходов по количеству учётов сезонной активности и динамики – 30, обследовано около 200 различных водоемов в различных станциях.

Для учёта личинок и куколок применялся сачок-рамка, описанный в работе О.Н. Сазоновой [9]. Для оценки обилия взрослых комаров использовались следующие объективные методы [9]: 1) сбор насекомых с помощью марлевого садка и 2) 20-минутный отлов на себе. Последний метод также применялся для оценки и сравнения интенсивности нападения различных видов. Для учёта комаров, вылетающих с поверхности воды, на дно водоёма устанавливались марлевые садки. Работы по определению скорости роста и учёту численности личинок с середины апреля по июнь проводились примерно 2 раза в 10 дней; учёт численности имаго проводился параллельно с учётом личинок, а также с августа по ноябрь – раз в 7 дней. Изменения численности личинок изучались на нескольких водоёмах исследуемой территории: двух в “Зелёной роще” (пригородная зона города Череповца), одном в парке Культуры и Отдыха (город Череповец); одном возле деревни Пулово-Борисово и трёх лесных в окрестностях села Городище. Во время этих исследований определялось количество личинок на 1 м² водной поверхности с помощью сачка-рамки.

Определение осуществлялось по характерным для вида морфологическим признакам. Для определения личинок использовались: определитель Б.М. Мамаева [5], работы А.С. Мончадского [6], Р.В. Тарасова [10], Н.П. Кривошеина, А.И. Зайцева, включающие подробное описание морфологических особенностей личинок исследуемого семейства. Для выявления видового состава имаго использовались следующие определители Б.М. Мамаева, Л.Н. Медведева, Ф.Н. Правдина [5], Н.Н. Плавильщикова [8], А.И. Горностаева [2], а также работы В.В. Тарасова [10], М.М. Артемьева [1] – для определения и описания видов *Anopheles*, О.Н. Сазоновой [9] – для определения и описания видов *Aedes*.

Биологической особенностью этой группы насекомых является их гетеротропность: имаго живут в воздухе, а яйца, личинки и куколки развиваются в воде.

Что касается экологических характеристик комаров района исследований, то по отношению к температуре большинство видов – мезотермофилы (умеренно теплолюбивые), чей оптимум развития находится около +16...+17 °С. Эти данные коррелируют с данными средней температуры июня – июля (+15,2...+17,4°), когда и происходит массовое развитие этих видов.

Для периода исследований отмечена высокая численность влаголюбивых видов, таких как *Anopheles claviger*, *Aedes cinereus*, *Aedes riparius*, которые, согласно литературным данным [7, с. 72–74]; [3]; [10], обычно не бывают многочисленными. Это может объясняться условиями погодного режима периода исследований: снежная мягкая зима (средняя около температура -5°), обильное снеготаяние и появление, благодаря этому, большого количества разнообразных временных водоёмов. Дождливое лето 2004 года позволило не пересохнуть многим небольшим лесным и луговым водоёмам. Большее количество личинок получило возможность развиваться.

Для кровососущих комаров важна также такая характеристика, как эндофильность или экзофильность вида. Экзофильные виды (*Anopheles melanoon*, *Anopheles hyrcanus*, *Aedes excrucians*, *Aedes flavescens*, *Aedes vexans*, *Aedes communis*) охотнее питаются на открытом воздухе и, напившись крови, остаются в открытой природе; днев-

ными убежищами им служат растительность (кусты, трава, или дупла), пещеры, норы, т. е. убежища, не связанные с населенными пунктами и человеком. Экзофильные виды чаще нападают на людей у мест выплода и мест дневок: в низинах, на берегах водоемов. И, наоборот, на возвышенностях, на продуваемых ветром местах эти комары нападают реже [1]. Эндофильные виды комаров (для наших исследований это – *Anopheles beklemishevi*, *Anopheles messeae*, *Anopheles maculipennis*) избирают для дневок жилище человека, помещения для скота и другие постройки. Можно отметить, что эндофильные виды составляют всего 25 % от общего числа видов, но их численность выше относительно экзофильных. Это при том, что *An. messeae*, *An. beklemishevi* являются потенциально опасными видами в качестве переносчиков малярии.

В табл. 2 представлены изменения в численном соотношении личинок, которые проводились в 2003 году с апреля течение 5 месяцев в водоёме, представляющем из себя канаву возле деревни Пулово-Борисово. В данном водоёме представлены виды: *Anopheles bekleishevi*, *Aedes claviger*, *Culex pipiens*, при подсчётах учитывались личинки III, IV возраста.

Таблица 2

Изменения численности личинок *Culicidae* (апрель–июль 2003 г.)

Дата учёта	Температура воздуха, °С	Температура воды, °С	Численность видов (на 1 м ²)		
			<i>Anopheles bekleishevi</i>	<i>Aedes claviger</i>	<i>Culex pipiens</i>
27.04	+ 2	+ 4,1	–	–	–
9.05	+ 10	+ 10,3	–	230	–
18.05	+ 16	+ 16,7	36	1090	3
25.05	+ 20	+ 18,0	79	240	3
7.06	+ 19	+ 19,1	421	300	90
21.06	+ 20	+ 20,3	89	13	600
5.07	+ 26	+ 23,0	7	–	67

Из данных табл. 2 можно выявить, что численность личинок зависит от биологических особенностей вида, наличия подходящего водоёма для выплывания.

В Череповецком районе вылет перезимовавших самок происходит, как правило, в последней декаде апреля. Для характеристики изменений численности имаго измерялась интенсивность нападения различных видов, представленная на графиках (рис. 1–3).

Графики (рис. 1–3) иллюстрируют учёты интен-

дов рода *Aedes* района исследований. Спад на графике в промежутке с 9 по 16 июня соотносится с похолоданием в этот период, что замедлило развитие личинок и приостановило вылет имаго. Взрослые комары, как и другие гомойотермные организмы, на этот период вынуждены снижать активность жизнедеятельности. Невысокие темпе-

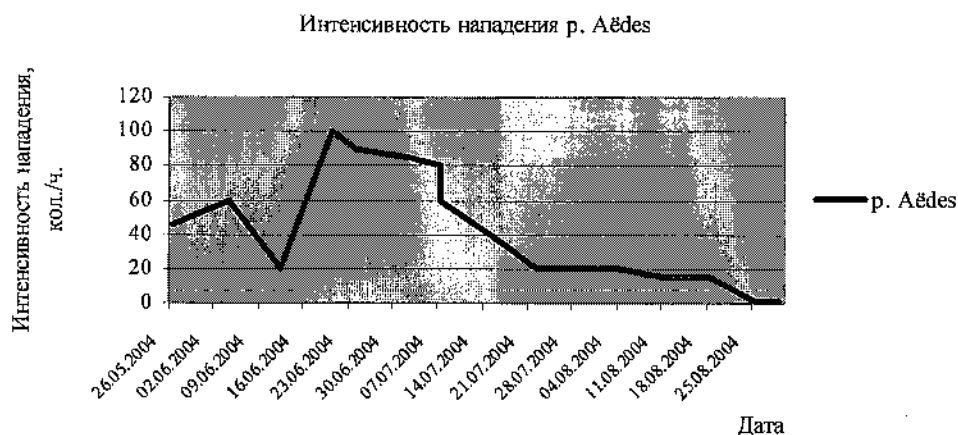


Рис. 1. График изменения численности имаго *Aedes* на примере *Aedes flavescens*

сивности нападения 3 видов, являющихся массовыми в районе исследований. Учёт производился на участке, находящемся в 100 м от р. Шексны, примерно в 3 км. от города Череповца. Время проведения учёта – 20 мин каждый.

График интенсивности нападения *Aedes* составлен на основе учёта *Aedes flavescens*, но подобный график характерен для всех фоновых ви-

ратуры в августе 2004 года также не способствовали развитию осенней генерации, несмотря на наличие большого количества водоёмов. У видов *Culex* и *Anopheles* выплод и развитие личинок происходит позже – при более высокой температуре воды и воздуха, чем у *Aedes*.

Итак, изменения численности личинок и имаго комаров *Culicidae* зависит в первую очередь от

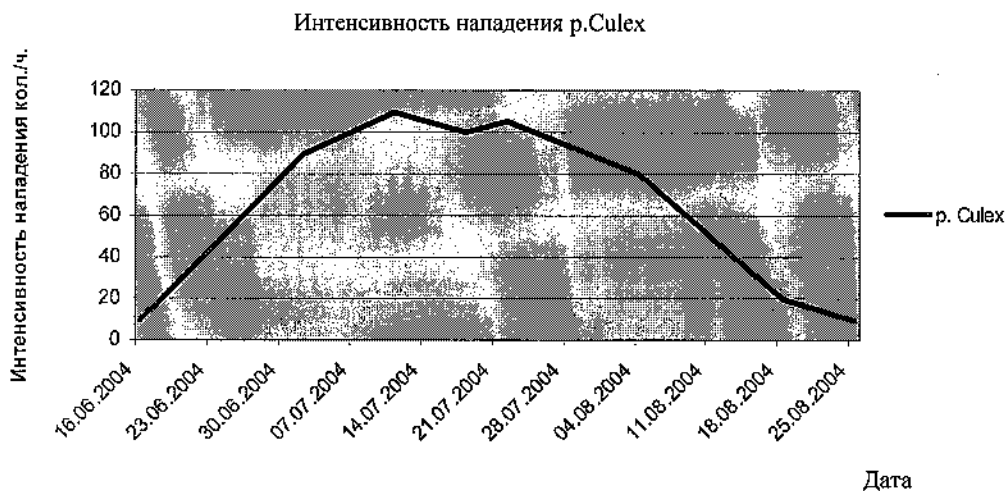


Рис. 2. График изменения численности имаго р. *Culex* на примере *Culex ripiensis*

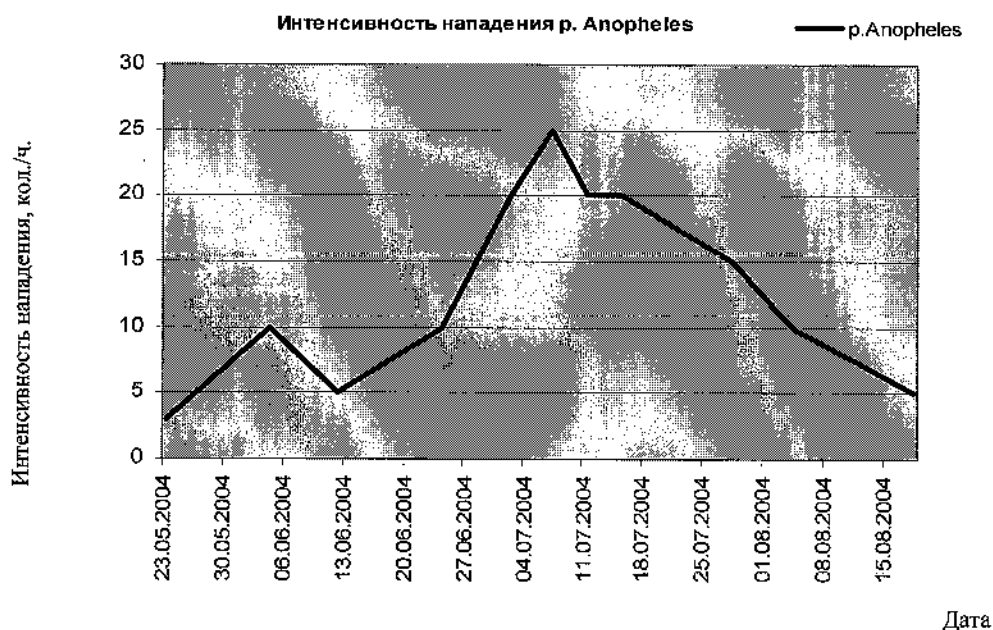


Рис. 3. График изменения численности имаго *Anopheles* на примере *Anopheles beklemishevi*

температуры воздуха и воды. Корреляции изменений численности в связи с развитием других видов семейства не подтверждается.

На влияние глобальных изменений в окружающей среде на кровососущих двукрылых насекомых указывал К.В. Скуфьин в 1975 г [11, с. 130–133]. Также отмечают неустойчивость зональных различий в фауне кровососущих двукрылых в связи с нарастающим значением антропогенного фактора.

Согласно литературным данным [1]; [3]; [9]; [10], для подзоны южной тайги, куда относится район исследований должны быть многочисленны *A. communis*, *A. punctor*. Но для района исследований не характерна высокая численность этих видов. В районе исследований более многочисленны виды лесного (смешанный лес, широколиственный лес) комплекса и даже некоторые степные виды. Это может являться следствием того, что естественный ландшафт и растительность, свойственные подзоне южной тайги, на территории Череповецкого района претерпели значительные изменения в связи с хозяйственной деятельностью человека, что позволило распространиться видам, ранее характерным для иных зон. Многочисленны виды лесного и лесостепного комплекса. Кроме того, обнаружен вид, ранее не встре-

чавшийся в лесной зоне: *An. hircanus*, который в литературе [1]; [9]; [3]; [10] характеризуется как степной, полупустынный вид. Появление его на территории Череповецкого района может говорить о том, что более южные виды в связи с развитием транспортной сети и антропогенных изменений активно осваивают лесостепную, степную зоны и продвигаются дальше на север. Впрочем, наличие представителей данного вида для периода исследований отмечено только 1 раз (недалеко от поселка Мякса, временный луговой водоём вне поймы Рыбинского водохранилища).

An. melanoon в принципе достаточно распространённый вид и в подзоне южной тайги, и в лесной зоне. Этот вид влаголюбив и поэтому многочислен только на территории, подходящей ему по условиям увлажнения.

Фоновыми видами на период исследований являлись: *Culex pipiens*, *Anopheles beklemishevi*, *Anopheles messeae*, *Aedes flavescens*, *Aedes cinereus*, *Aedes maculatus*. Эти виды в основном попадались при учётах в разных частях района исследований, присутствовали в большом количестве во многих сборах. Виды составляют 73 % видов сем. Culicidae и определяют облик фауны семейства. Это в основном умеренно теплолюбивые, экзофильные, влаголюбивые виды.

Полученные данные по фауне и экологии некоторых видов могут быть использованы для эпидемиологической оценки территории в отношении предполагаемого наличия в ней скрытых природных источников болезней. А также полученные сведения можно использовать при описании энтомофауны Череповецкого района.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Артемьев М.М.* Комары Анофелес – переносчики малярии в СССР // Экологически безопасные методы борьбы с малярией и её переносчиками: учебные материалы. Ч 26. Борьба с переносчиками малярии и охрана окружающей среды / Под ред. Ф.Ф. Сопрунова и А.С. Хромова – М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1984.
2. *Горностаев Г.И.* Насекомые СССР. – М.: Мысль, 1970.
3. Двукрылые насекомые: систематика, морфология, экология / Под. Ред. Э.П. Нарчук – Л.: ЗИН, 1987.
4. *Мамаев Б.М.* Определитель насекомых по личинкам. – М., 1952.
5. *Мамаев Б.М., Медведев Л.Н., Правдин Ф.Н.* Определитель насекомых европейской части СССР. – М., 1976.
6. *Мончадский А.С.* Личинки кровососущих комаров СССР и сопредельных стран (подсем. Culicinae). – 2-е изд., испр. и доп. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957.
7. *Некрасова Л.С.* Об эколого-физиологических различиях кровососущих комаров *Aedes* и *Culex* (Diptera, Culicidae) // Экологические и морфологические основы систематики двукрылых насекомых. – Л., 1972.
8. *Плавильщиков Н.Н.* Определитель насекомых: определитель насекомых европейской части России. – М.: Топика, 1999.
9. *Сазонова О.Н.* Комары рода *Aedes* Рыбинского водохранилища и обзор фауны рода *Aedes* лесной зоны Европейской части РСФСР // Труды Дарвинского Государственного заповедника (вып. V) / Гл. ред. А.М. Леонтьев, В.В. Немцев, Н.И. Аничкова. – Вологда: Вологодское книжное изд-во, 1959.
10. *Тарасов В.В.* Экология кровососущих насекомых и клещей. – М.: МГУ, 1988.
11. *Трухан М.Н., Терешкина, Каплич В.М.* Оценка современного состояния и прогноз изменений фауны кровососущих двукрылых насекомых в условиях нарастающего антропогенного воздействия *Culex pipiens* // Кровососущие двукрылые и их контроль: Сб. науч. тр. (АН СССР, зоол. ин-т) / Отв. ред. Е. Б. Виноградова. – Л.: ЗИН, 1987.

Раздел 4

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 66.011

А.С. Андреев

Кафедра химических технологий и оборудования

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЦИКЛИЧЕСКИХ СЕРНОКИСЛОТНЫХ СХЕМ

Принцип рециркуляции не является чем-то новым и давно используется в технологических процессах. Вместе с тем на современном этапе модернизации технологических систем этот принцип приобретает все большее значение, так как создание интенсивных и безотходных производств, прежде всего, связано с организацией технологических процессов именно по замкнутым схемам.

Характерной особенностью многих циклических систем с гетерогенными средами является то, что, содержащиеся в исходном сырье инертные примеси, в полной мере не выводятся с конечными продуктами и могут накапливаться в рециркулируемой газовой фазе. Чтобы этого не произошло, часть рециркулята приходится сбрасывать в окружающую среду в виде газовых сдувов. Если в окружающую среду со сдувами не сбрасываются вредные вещества, то проблем не возникает и циклическая система является экологически безо-

пасной. В противном случае возникает проблема санитарной очистки газовых сдувов.

Примером таких циклических систем, которые в перспективе могут найти широкое применение в практике, являются сернокислотные системы, использующие в качестве сырья концентрированный диоксид серы и технический кислород. Содержащийся в сдувах диоксид серы нельзя выбрасывать в окружающую среду без его предварительной нейтрализации. Наиболее целесообразно использовать сбрасываемый диоксид серы по своему назначению, т. е. для производства серной кислоты.

Возникает проблема оптимизации концентрации диоксида серы в сдувах с учетом основных параметров технологического режима – температуры и давления процесса. Формализованная блок-схема циклической системы представлена на рис. 1. Исследование гетерогенной системы газ –

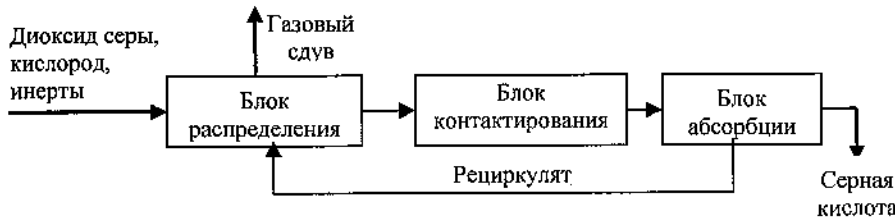


Рис. 1. Формализованная циклическая схема производства серной кислоты

В основу математической модели заложена формализованная модель Тека – Стила, совмещенная с моделью фазового перехода Риделя – Ватсона [1].

жидкость для диоксида серы проведено методом математического моделирования. Разработанная базовая математическая модель имеет следующий вид:

$$\ln p_r = M \cdot N + (1,042 \cdot \alpha - 0,46284 \cdot M) \times \left(\frac{T_r^{m-1}}{m} + 0,040 \cdot \left(\frac{1}{T_r} - 1 \right) \right);$$

$$M = \frac{\Delta H_b}{R \cdot T_{кр} (1 - T_{br})^{0,375}};$$

$$N = 1,14893 - \frac{1}{T_r} - 0,11719 \cdot T_r - 0,03174 \cdot T_r^2 - 0,375 \cdot \ln T_r;$$

$$m = 5,2691 + 2,0753 \cdot M - 3,1738 \cdot h;$$

$$h = T_{br} \cdot \frac{\ln p_{кр}}{1 - T_{br}}; \quad T_r = \frac{T}{T_{кр}};$$

$$T_{br} = \frac{T_b}{T_{кр}}; \quad p_r = \frac{p}{p_{кр}},$$

где T, p – температура и давление процесса; T_b – температура кипения при $p=1$ атм; $T_{кр}, p_{кр}$ – критическая температура и давление; T_r, p_r – приведенная (безразмерная) температура и давление; $R=1,987$ при единицах измерения $[p]=\text{атм}, [T]=\text{К}$; α определяется из условия: $p=1$ атм, $T=T_b$.

$$\Delta H_b = 1,093 \cdot R \cdot T_{кр} \left[T_{br} \cdot \frac{\ln p_{кр} - 1}{0,930 - T_{br}} \right];$$

$$\Delta H = \Delta H_b \cdot \left(\frac{1 - T_r}{1 - T_{br}} \right)^n,$$

где $\Delta H_b, \Delta H$ – теплота фазового перехода при температуре кипения и произвольной температуре; $n = 0,375 \div 0,380$.

Результаты моделирования зависимости содержания диоксида серы в газовом сдуве от определяющих технологических параметров в блоке разделения представлены на рис. 2.

С точки зрения традиционной переработки объемная концентрация диоксида серы в сдуваемом газе должна быть равна 12 %. Моделирование показывает, что такую концентрацию можно обеспечить при различных сочетаниях температур и давлений в блоке разделения.

Дальнейшая конкретизация технологических параметров должна стать задачей дополнительного технико-экономического анализа, при котором

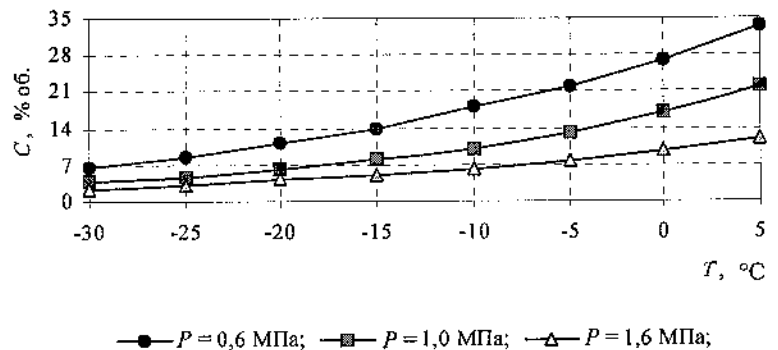


Рис. 2. Зависимость концентрации диоксида серы в сдувах от температуры и давления в блоке разделения

учитываются возможности повышения давления в системе и достижения низких температур. При оптимизации системы в качестве базового можно предложить следующий вариант: концентрация диоксида серы составляет 12 %, давление – 0,1 МПа, температура равна –5 °С.

УДК 669.4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойство газов и жидкостей. – Л.: Химия, 1982. – 592 с.

О.А. Калько, Ю.С. Кузнецова, Н.В. Кунина
Кафедра химии

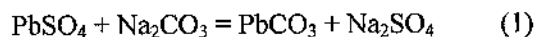
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ АКТИВНОЙ МАССЫ ЛОМА СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ НА ПРОЦЕСС ДЕСУЛЬФАТАЦИИ РАСТВОРОМ КАРБОНАТА НАТРИЯ

В настоящее время мировое потребление свинца превысило 6 млн т в год, более половины которого получено из вторичного сырья [1]. Основным и наиболее сложным для переработки видом вторичного свинцового сырья является лом отслуживших свой срок свинцово-кислотных аккумуляторов. В большинстве современных действующих или разрабатываемых технологий предусматривается предварительная разделка батарей на органическую, оксидно-сульфатную и металлическую фракции.

При извлечении свинца из оксидно-сульфатной фракции одной из центральных операций является гидрометаллургическая стадия удаления серы (стадия десульфатации). Проведение данной операции позволит вести процесс пирометаллургического восстановления массы углеродистыми восстановителями при более низких температурах, а также избежать выделения вредных сернистых газов [2].

Сера входит в состав оксидно-сульфатной фракции (иначе активной массы) в основном в виде соединений $PbSO_4$ и $PbO \cdot PbSO_4$ [3]. В качестве десульфатирующих реагентов возможно использование растворов $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_2$, K_2CO_3 или Na_2CO_3 , так как производство растворимости гидроксида и карбоната свинца (II) значительно ниже произведения растворимости $PbSO_4$ [4].

Процесс десульфатации с применением Na_2CO_3 изучен достаточно подробно. Анализ всей совокупности экспериментальных данных приведен в обзоре [4]. Оптимальными технологическими условиями проведения процесса признаны: температура раствора 40–60 °С, длительность взаимодействия веществ при интенсивном перемешивании не менее 30 мин, соотношение «твердое : жидкое» от 1 : 5 до 1 : 3, избыток соды 10–20 % по отношению к стехиометрически необходимому по реакции



Скорость реакции (1) контролируется диффузией ионов CO_3^{2-} через слой продуктов реакции, поэтому для более быстрого и полного протекания процесса конверсии $PbSO_4$ в $PbCO_3$ требуется, чтобы активная масса была достаточно измельченной и интенсивно перемешивалась.

По имеющимся в литературе сведениям невозможно сделать однозначный вывод о том, какой должна быть оптимальная степень измельчения частиц активной массы перед процессом десульфатации, тогда как для технологических целей этот вопрос является достаточно важным.

Целью данного исследования являлось изучение вопроса о влиянии степени измельчения активной массы отслуживших свой срок аккумуля-

торов на полноту удаления серы из твердой фазы в процессе десульфатации раствором карбоната натрия.

Объектом исследования служила активная масса с положительных и отрицательных пластин автомобильных аккумуляторов различных марок. Для получения активной массы батареи были разобраны, электролит слит, корпуса и решетки отделены. Полученные таким образом оксидно-сульфатные материалы высушивали трое суток на воздухе, а затем в сушильном шкафу при температуре 110 °С в течение 4 часов. Далее активную массу измельчали и просеивали через набор сит с размером отверстий от 0,25 до 3 мм. Каждая фракция анализировалась на содержание сульфат-ионов турбидиметрическим методом по стандартизированной методике [5]. Результаты анализа фракций приведены в табл. 1. Подготовленные фракции активных масс обрабатывали раствором карбоната натрия.

Таблица 1

Результаты анализа различных фракций активной массы свинцовых аккумуляторов на содержание SO_4^{2-} и PbSO_4

Размер частиц фракции, мм	Менее 0,25	0,25–0,5	0,5–1,0	1,0–2,0	2,0–3,0
Содержание SO_4^{2-} , % мас.	16,66	15,60	16,26	16,36	18,42
Содержание PbSO_4 , % мас.	52,6	49,2	51,3	51,6	58,1

Во всех опытах навеска активной массы составляла 50 г. Раствор карбоната натрия готовили путем растворения расчетного количества Na_2CO_3 марки «ч.д.а.» в 200 г дистиллированной воды для соблюдения соотношения «твердое : жидкое» 1 : 4. Все твердые и жидкие компоненты взвешивали на технических весах с точностью $\pm 0,1$ г.

Исходный раствор карбоната натрия нагревали на электрической плитке до 50 °С и на протяжении всего эксперимента температуру реакционной смеси поддерживали постоянной с точностью ± 5 °С. Затем в раствор вносили навеску активной массы с оп-

ределенными размерами частиц. Реакционную смесь непрерывно перемешивали в течение 30 мин.

По окончании опыта твердую и жидкую фазы разделяли фильтрованием через два плотных фильтра (синяя лента). Твердый остаток промывали дистиллированной водой, а затем высушивали в течение 2 ч при температуре (110 ± 10) °С. Полученный, таким образом, оксидно-карбонатный кек анализировали на содержание сульфатной серы.

В первой серии опытов массу Na_2CO_3 рассчитывали по реакции (1) с учетом 10 %-ного избытка, а во второй – 20 %-ного. Результаты экспериментов приведены в табл. 2.

Анализ полученных результатов показал, что содержание сульфат-ионов в оксидно-карбонатном кеке тем выше, чем больше размер частиц. При этом у фракций с размером частиц от 0 до 2 мм процентное содержание SO_4^{2-} увеличивается достаточно медленно с ростом крупности частиц, а у фракции с размером частиц более 2 мм наблюдается резкое повышение остаточного количества сульфатной серы.

По технологическим требованиям остаточное содержание сульфат-ионов в оксидно-карбонатном кеке не должно превышать 5–6 % мас. Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что для удаления серы из оксидно-сульфатной фракции лома свинцовых аккумуляторов при помощи раствора карбоната натрия в оптимальных технологических условиях степень измельчения

Таблица 2

Результаты анализа оксидно-карбонатного кекса на содержание ионов SO_4^{2-}

Фракция		Менее 0,25 мм	0,25–0,5 мм	0,5–1,0 мм	1,0–2,0 мм	2,0–3,0 мм
Серия 1	Содержание SO_4^{2-} , % мас.	3,88	4,43	4,56	4,78	13,24
Серия 2	Содержание SO_4^{2-} , % мас.	3,65	5,15	5,20	5,15	18,90

исходных материалов должна быть в пределах 0 ± 2 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морачевский А.Г. Исследования в области переработки вторичного свинцового сырья: Сб. статей. – СПб., 2005. – 196 с.
2. Морачевский А.Г., Вайсгант З.И., Бочагина Е.В., Хабачев М.Н. Утилизация серы – важнейший этап экологически безопасной технологии переработки лома

свинцовых аккумуляторов // Цветные металлы. – 2002. – № 8. – С. 34–37.

3. Дасоян М.А., Азуф А.И. Современная теория свинцового аккумулятора. – Л.: Энергия, 1975. – 312 с.
4. Морачевский А.Г. Физико-химические и технологические исследования процесса десульфатации свинецсодержащих материалов // Журн. прикл. химии. – 1998. – Т. 71. – № 6. – С. 881–890.
5. ГОСТ 4389–72. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов. – М.: Изд-во стандартов, 1972.

УДК 535.343;546.657

В.А. Котенко
Кафедра химических технологий и оборудования
Г.А. Котенко
Кафедра химии

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С КАПРИЛОВОЙ КИСЛОТОЙ

Одним из современных методов разделения редкоземельных элементов (РЗЭ) и получения их в чистом виде является жидкостная экстракция. Дешевыми и доступными экстрагентами являются монокарбоновые кислоты, которые образуют с РЗЭ комплексные соединения, различающиеся по устойчивости и растворимости. В современной теории экстракции важным является прогнозирование экстракционной способности различных соединений на основе их физико-химических свойств. Делаются попытки связать экстракционную способность кислородсодержащих органических соединений с их электронным строением, в частности, с донорно-акцепторным характером связей N–O, P–O, S–O и частотой их валентных колебаний.

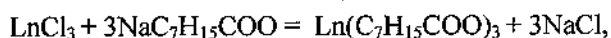
Изучены инфракрасные (ИК) спектры комплексов низших карбоновых кислот: формиатов, ацетатов со щелочными и некоторыми переходными металлами. Ранее нами синтезированы некоторые бутираты, α -бромбутираты, α, α -диметилбутираты, капронаты, α -этилкапронаты РЗЭ, получены и обсуждены их ИК-спектры [1]–[3], исследовано комплексообразование неодима с нафтеновой кислотой в органических средах [4].

В настоящей работе осуществлен синтез соединений лантана, неодима, гадолиния, тербия, диспрозия, гольмия, тулия и иттрия с каприловой кислотой. Получены ИК-спектры кислоты и всех комплексов. Выделенные соединения представляют собой твердые вещества с окраской, характерной для соответствующего иона РЗЭ. По результатам элементного анализа полученные соединения имеют следующий состав: $\text{LaA}_3 \cdot 0,4\text{H}_2\text{O}$, $\text{NdA}_3 \cdot 0,9\text{H}_2\text{O}$, $\text{GdA}_3 \cdot 0,4\text{H}_2\text{O}$, $\text{TbA}_3 \cdot 0,2\text{H}_2\text{O}$, $\text{DyA}_3 \cdot 0,3\text{H}_2\text{O}$, $\text{HoA}_3 \cdot 0,3\text{H}_2\text{O}$, $\text{TmA}_3 \cdot 0,1\text{H}_2\text{O}$, $\text{YA}_3 \cdot 0,1\text{H}_2\text{O}$, где А – $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COO}^-$.

Синтезу комплексов РЗЭ предшествовали эксперименты по определению чистоты каприловой кислоты. Ее определяли потенциометрическим титрованием точной навески, растворенной в водно-этанольном растворе, содержащем 75 % (об.) этилового спирта, стандартным раствором щелочи. Концентрацию NaOH устанавливали по бензойной кислоте марки «х. ч.», дополнительно очищенной сублимацией и высушенной под вакуумом, составляющим примерно 10^{-1} мм рт. ст. Спиртовой раствор щелочи готовили разбавлением аликвоты концентрированного водного раствора, приготовленного по приблизительной навеске гидроксида

натрия, предварительно отмытого от карбонатов. По результатам титрования рассчитывали эквивалентную массу кислоты и сравнивали ее с теоретической. Как показали анализы, чистота используемой каприловой кислоты составила 99,3 % (мас.).

Каприлаты РЗЭ получали соединением водных растворов хлоридов РЗЭ с раствором натриевой соли каприловой кислоты по реакции



где Ln – La, Nd, Gd, Tb, Dy, Ho, Tm, Y.

Синтез осуществляли по следующей методике. Навеску кристаллогидрата хлорида РЗЭ растворяли в небольшом количестве горячей дистиллированной воды и по каплям при интенсивном перемешивании на магнитной мешалке добавляли раствор каприлата натрия, приготовленный сливанием в стехиометрическом (1 : 1) соотношении растворов каприловой кислоты и гидроксида натрия. Выпавший осадок отфильтровывали на воронке Бюхнера, промыв несколько раз небольшими порциями горячей воды, а затем ацетоном. Соль помещали на сутки в эксикатор с твердой щелочью, растирали в порошок, а затем сушили в вакууме, составляющем примерно 10^{-1} мм рт. ст. при температуре 60–70 °С.

Полученные соединения анализировали на со-

50 мл дистиллированной воды, 5–6 капель пиридина, 2–3 капли ксиленолового оранжевого и титровали стандартным раствором трилона Б. Для всех комплексов был проведен также элементный анализ на содержание углерода и водорода. Результаты данных анализов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты анализа каприлатов РЗЭ

№ п/п	Соединение	РЗЭ, % мас.	C, % мас.	H, % мас.
1	La (C ₇ H ₁₅ COO) ₃ · 0,4H ₂ O	24,1	50,0	8,0
2	Nd (C ₇ H ₁₅ COO) ₃ · 0,9H ₂ O	24,4	48,8	7,9
3	Gd (C ₇ H ₁₅ COO) ₃ · 0,4H ₂ O	26,4	48,5	7,7
4	Tb (C ₇ H ₁₅ COO) ₃ · 0,2H ₂ O	26,8	48,6	7,7
5	Dy (C ₇ H ₁₅ COO) ₃ · 0,3H ₂ O	27,2	48,2	7,6
6	Ho (C ₇ H ₁₅ COO) ₃ · 0,3H ₂ O	27,5	48,0	7,7
7	Tm (C ₇ H ₁₅ COO) ₃ · 0,1H ₂ O	28,2	48,0	7,5
8	Y (C ₇ H ₁₅ COO) ₃ · 0,1H ₂ O	17,1	55,3	8,7

ИК-спектры каприловой кислоты и всех комплексов были сняты на спектрофотометре UR-20 с использованием призм из KBr, NaCl и LiF (рис. 1, 2). Образцы исследовались в таблетках с KBr в области частот 3700–700 см⁻¹.

В спектре кислоты сделаны следующие отне-

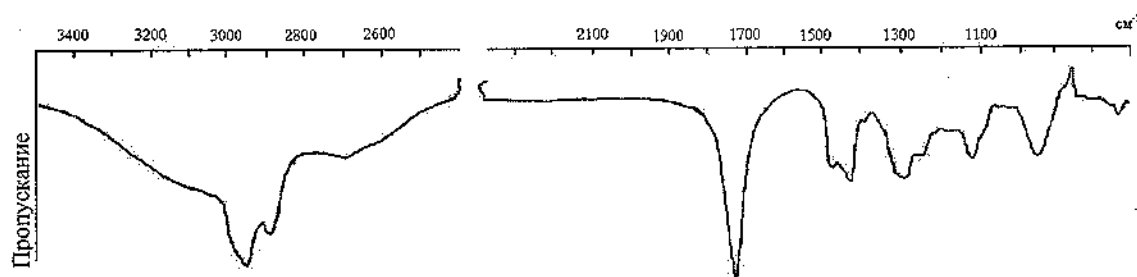


Рис. 1. ИК-спектр каприловой кислоты

держание РЗЭ комплексометрическим титрованием трилоном Б с индикатором ксиленоловым оранжевым в присутствии пиридина. Для этого навеску соли, взвешенную в колбе для титрования на аналитических весах, растворяли в небольшом количестве (1–2 мл) этилового спирта, добавляли

сения полос: наиболее высокочастотная полоса 2990–2970 см⁻¹ относится к валентным колебаниям ν(OH) группы –OH карбоксила, полоса (2900–2850 см⁻¹) соответствует симметричным и антисимметричным валентным колебаниям ν(CH) групп –CH₃ и –CH₂– (эти полосы разрешаются

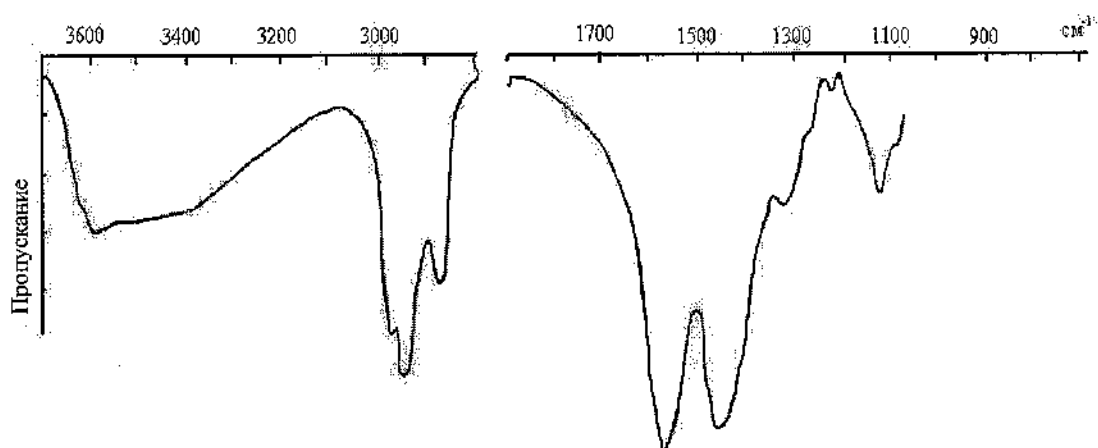


Рис. 2. ИК-спектр каприлата лантана

при работе с призмой из LiF), четкая интенсивная полоса при 1720 см^{-1} относится к валентным колебаниям $\nu(\text{C}=\text{O})$ группы $\text{C}=\text{O}$, полосы области частот $1500\text{--}700\text{ см}^{-1}$ отражают деформационные колебания $\delta(\text{C-H})$ в группах $-\text{CH}_3$ и $-\text{CH}_2-$, широкая средней интенсивности полоса при частоте 940 см^{-1} характеризует неплоскостные деформационные колебания $\delta(\text{OH})$ группы $-\text{OH}$ димера $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COOH}\dots\text{O}(\text{OH})\text{C}_7\text{H}_{15}$.

Отнесения полос в спектрах соединений РЗЭ представлены в табл. 2.

Таблица 2

Частоты ИК-спектров и отнесение полос в спектрах каприлатов РЗЭ

№ п/п	Частоты полос	Отнесение полос
1	3600 см^{-1}	Валентные колебания $\nu(\text{OH})$ воды
2	$2970, 2945\text{ см}^{-1}$	Валентные колебания $\nu(\text{C-H})$ групп $-\text{CH}_3$ и $-\text{CH}_2-$
3	$1580\text{--}1560\text{ см}^{-1}$	Антисимметричные валентные колебания $\nu_{\text{as}}(\text{CO})$ группы $\text{C}=\text{O}$
4	1460 см^{-1}	Симметричные валентные колебания $\nu_s(\text{CO})$ группы $\text{C}=\text{O}$
5	1320 см^{-1}	Деформационные колебания $\delta(\text{C-H})$ групп $-\text{CH}_3$ и $-\text{CH}_2-$
6	$1120, 1220\text{ см}^{-1}$	Валентные колебания $\nu(\text{C-C})$ углеродной цепи

Из отнесения полос в спектре каприловой кис-

лоты и в спектрах каприлатов РЗЭ видно, что в ИК-спектрах каприлатов исчезает четкая интенсивная полоса при 1720 см^{-1} , обусловленная валентными колебаниями связи $\text{C}=\text{O}$. Спектры каприлатов РЗЭ в области частот $1580\text{--}1460\text{ см}^{-1}$ содержат два новых интенсивных и четко выраженных максимума, отвечающих симметричным и антисимметричным валентным колебаниям карбоксильной группы. Полоса $\nu_s(\text{CO})$ 1460 см^{-1} не изменяет своего положения в зависимости от природы атома металла. Полоса $\nu_{\text{as}}(\text{CO})$ чувствительна к изменению природы РЗЭ. Значения сдвигов $\Delta\nu_{\text{as}}(\text{CO})$ в сторону более низкочастотных колебаний в комплексах по сравнению с чистой кислотой приведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения частот $\nu_{\text{as}}(\text{CO})$ и $\Delta\nu_{\text{as}}(\text{CO})$ в ИК-спектрах каприлатов РЗЭ

№ п/п	Соединение	$\nu_{\text{as}}(\text{CO}),\text{ см}^{-1}$	$\Delta\nu_{\text{as}}(\text{CO}),\text{ см}^{-1}$
1	$\text{La}(\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COO})_3 \cdot 0,4\text{ H}_2\text{O}$	1560	160
2	$\text{Nd}(\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COO})_3 \cdot 0,9\text{ H}_2\text{O}$	1560	160
3	$\text{Gd}(\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COO})_3 \cdot 0,4\text{ H}_2\text{O}$	1570	150
4	$\text{Tb}(\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COO})_3 \cdot 0,2\text{ H}_2\text{O}$	1560	160
5	$\text{Dy}(\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COO})_3 \cdot 0,3\text{ H}_2\text{O}$	1565	155
6	$\text{Ho}(\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COO})_3 \cdot 0,3\text{ H}_2\text{O}$	1570	150
7	$\text{Tm}(\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COO})_3 \cdot 0,1\text{ H}_2\text{O}$	1575	145
8	$\text{Y}(\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COO})_3 \cdot 0,1\text{ H}_2\text{O}$	1580	140

Как видно из табл. 3, характер зависимости величины сдвига максимума, обусловленного антисимметричными колебаниями связи C=O, в комплексах по сравнению с чистой кислотой от порядкового номера элемента – немонотонный с тенденцией к уменьшению $\nu_{as}(CO)$ в ряду тяжелых РЗЭ. Для иттрия $\Delta\nu_{as}(CO)$ меньше, чем для лантаноидов.

Сравнение ИК-спектров каприлатов и ранее изученных нами монокарбоксилатов РЗЭ показывает, что $\Delta\nu_{as}(CO)$ возрастает в ряду α -бромбутираты ($125-133\text{ см}^{-1}$) – бутираты ($130-145\text{ см}^{-1}$) – α,α -диметилбутираты ($145-160\text{ см}^{-1}$) – каприлаты ($145-160\text{ см}^{-1}$) – капронаты ($165-180\text{ см}^{-1}$) – α -этилкапронаты ($165-180\text{ см}^{-1}$).

УДК 547.362

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

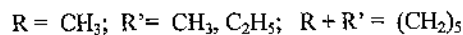
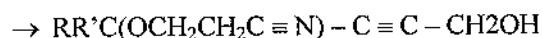
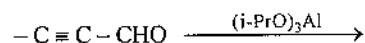
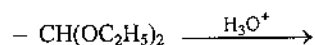
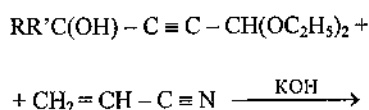
1. Гуцина Т.Н., Котенко Г.А. Синтез и исследование капронатов РЗЭ // Координационная химия. – 1986. – № 3. – С. 325 – 327.
2. Котенко Г.А., Аристова Н.А., Волкова Н.И., Котенко В.А. Синтез и ИК-спектры карбоксилатов РЗЭ // XI Всесоюз. науч. совещание «Применение колебательных спектров к исследованию неорганических и координационных соединений»: Тезисы докладов. – Красноярск, 1987. – С. 134.
3. Котенко Г.А., Волкова Н.И., Котенко В.А. Синтез и исследование диметилбутиратов РЗЭ // Библиогр. указ. ВИНТИ «Депонированные научные работы». – М., 1988. – № 7 (201). – С. 166.
4. Котенко Г.А., Котенко В.А. Исследование комплексообразования неодима с нафтеновой кислотой спектрофотометрическим методом // Вестник ЧГУ. – 2005. – № 2. – С. 126–129.

Г.А. Котенко, С.А. Щелкунов
Кафедра химии

СИНТЕЗ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ 3-[(1,1-ДИАЛКИЛ-4-ОКСО-2-БУТИНИЛ)ОКСИ]-ПРОПАНИТРИЛОВ ИЗОПРОПИЛАТОМ АЛЮМИНИЯ

Селективная функционализация алкилсодержащих первично-третичных α -ацетиленовых γ -диолюв по третичному гидроксилу путем нуклеофильного присоединения является невозможной из-за протекания таких процессов по первичной спиртовой группе. Существующие методы получения первичных α -ацетиленовых спиртов, основанные на этилировании формальдегида [1], также непригодны для этой операции.

Нами изучен способ получения 3-[(4-гидрокси-1,1-диалкил-2-бутинил)окси]пропаннитрилов и их циклогексильного аналога по схеме, заключительным этапом которой является восстановление альдегидной группы изопропилатом алюминия:



При цианэтировании γ -гидроксибутинилдиэтилацеталей было обнаружено заметное стерическое влияние заместителей не только при гидроксилнесущем углеродном атоме (что было известно и ранее), но и заместителей, стоящих с противоположной стороны ацетиленового фрагмента. В частности, при цианэтировании гидроксibuти-

нилдиэтилацетала, полученного на основе диметилэтинилкарбинола (ДМЭК) и триэтилформиата, выход целевого продукта (42 %) оказался вдвое меньше, чем при проведении реакции на самом ДМЭК [2]. Усиление основности среды за счет применения диметилсульфоксида позволило увеличить выход целевого продукта до 56 %. Однако при осуществлении процесса на других аналогах из-за суммарного стерического влияния заместителей обоих концов ацетиленового звена наблюдалось дальнейшее торможение целевой реакции, и гидроксibuтинилдиэтилацеталь на основе метил-*n*-бутилэтинилкарбинола оказался полностью неспособным к конверсии.

Для сохранения нитрильной функции гидролиз полученных ацеталей проводили в слабощелочной гомогенной водно-диоксановой среде [3], что позволило с высокими выходами (89–92 %) синтезировать ранее неизвестные 3-[(1,1-диалкил-4-оксо-2-бутинил)окси]- и 3-[[1-(3-оксо-1-пропинил)циклогексил]окси]пропаннитрилы.

Полученные соединения проявляют определенную аномалию физических свойств по сравнению с представителями ацетиленовых альдегидов, не содержащих этоксинитрильной группы, так как обладают температурами кипения значительно выше ожидаемых. В частности, если фенилпропаргильный альдегид кипит при температуре на 55 °С ниже своего ацетала, то в аналогичном случае 3-[(1,1-диметил-4-оксо-2-бутинил)окси]пропаннитрил кипит при температуре на 15 °С выше. Кроме того, при исследовании ИК-спектров 3-[(1,1-диалкил-4-оксо-2-бутинил)окси]пропаннитрилов было обнаружено, что помимо основной частоты карбонильной группы, характерной для ацетиленовых альдегидов (1700 см⁻¹), наблюдается меньшая по интенсивности частота при 1625 см⁻¹.

Для выяснения генезиса последней сняты ИК-спектры вышеуказанных соединений в диоксане. Установлено, что при разбавлении интенсивность частоты в области 1625 см⁻¹ снижается гораздо больше, чем у основного пика (1700 см⁻¹), и вскоре исчезает: 10%-ные растворы 3-[(1,1-диалкил-4-оксо-2-бутинил)окси]пропаннитрилов содержат только полосу 1700 см⁻¹. Таким образом, происхождение частоты 1625 см⁻¹ связано с межмолекулярным взаимодействием альдегидной и нит-

рильной групп, приводящим к увеличению температур кипения 3-[(1,1-диалкил-4-оксо-2-бутинил)окси]пропаннитрилов. Скорее всего, указанный процесс осуществляется взаимодействием неподеленной электронной пары нитрильного азота с атомом углерода альдегидной группы, так как известно, что понижение частоты колебаний карбонильной группы связано с подачей электронов на последнюю. Альтернативный вариант, заключающийся во взаимодействии нитрильной группы с этинильным звеном, маловероятен из-за стерических препятствий, создаваемых третичным радикалом.

Восстановление полученных 3-[(1,1-диалкил-4-оксо-2-бутинил)окси]пропаннитрилов и их циклогексильного аналога избытком изопропилата алюминия в изопропанол протекает обычным образом и с 80–85 %-ным выходом приводит к ранее неизвестным γ -цианэтоксилированным первичным α -ацетиленовым спиртам.

Строение и состав полученных соединений (I–IX) доказаны элементарным анализом и ИК-спектрами. Физико-химические константы представлены в таблице. В ИК-спектрах соединений I–IX содержатся полосы поглощения, характерные для валентных колебаний нитрильной группы (2270 см⁻¹), валентных колебаний простой эфирной связи (C–O) – 1240–1260, 1070–1110 см⁻¹. Полоса поглощения 2220–2230 см⁻¹, характерная для $\text{C}\equiv\text{C}$, наблюдается в соединениях IV–IX. Наличие карбонильной группы в соединениях IV–VI доказано наличием полос поглощения 1700 и 1625 см⁻¹. ИК-спектры соединений VII–IX содержат полосы поглощения, характерные для валентных колебаний водородных атомов гидроксильной группы (3410–3440 см⁻¹). В ЯМР ¹H-спектре соединения VII отмечены: триплет при 4,8 м.д. ($j = 6$ Гц), соответствующий сигналу протона гидроксильной группы; дублет при 3,2 м.д. ($j = 5,5$ Гц), принадлежащий протонам метиленовой группы при гидроксиле; триплеты при 2,5 м.д. ($j = 8$ Гц) и 2,0 м.д. ($j = 7$), принадлежащие протонам цианэтильного звена; синглет при 1,0 м.д., принадлежащий протонам метильных групп. Соотношение интегральных площадей сигналов протонов метиленовой (при гидроксиле) и цианэтильной групп равно 1 : 2.

Физико-химические константы синтезированных $RR'C(OCH_2CH_2C\equiv N)-C\equiv C-Z$

№ п/п	R	R'	Z	$T_{пл}, ^\circ C$ (p , мм рт. ст.)	n_D^{20}	d_4^{20}	Найдено, %		Формула	Вычислено, %	
							C	H		C	H
I	CH ₃	CH ₃	CH(OC ₂ H ₅) ₂	115–122 (1)	1,4455	0,9689	65,19	8,80	C ₁₃ H ₂₁ NO ₃	65,21	8,79
II	CH ₃	C ₂ H ₅	CH(OC ₂ H ₅) ₂	123–129 (1)	1,4495	0,9720	66,34	9,05	C ₁₄ H ₂₃ NO ₃	66,40	9,09
III		(CH ₂) ₅	CH(OC ₂ H ₅) ₂	146–154 (1)	1,4662	0,9901	68,78	9,00	C ₁₃ H ₂₅ NO ₃	68,22	8,96
IV	CH ₃	CH ₃	CHO	153 (3)	1,4850	1,0838	65,40	6,71	C ₉ H ₁₁ NO ₂	65,21	6,79
V	CH ₃	C ₂ H ₅	CHO	160–161 (3)	1,4905	1,0863	66,34	6,05	C ₁₀ H ₁₃ NO ₂	66,40	6,09
VI		(CH ₂) ₅	CHO	168–170 (1)	1,5019	1,0950	70,19	7,41	C ₁₂ H ₁₅ NO ₂	70,24	7,32
VII	CH ₃	CH ₃	CH ₂ OH	154–156 (1)	1,4820	1,1258	64,52	7,71	C ₉ H ₁₃ NO ₂	64,57	7,79
VIII	CH ₃	C ₂ H ₅	CH ₂ OH	160–161 (1)	1,4905	1,1163	66,25	8,30	C ₁₀ H ₁₅ NO ₂	66,30	8,29
IX		(CH ₂) ₅	CH ₂ OH	188–189 (1)	1,4995	1,1100	69,51	8,16	C ₁₂ H ₁₇ NO ₂	69,57	8,21

Экспериментальная часть

ИК-спектры сняты на приборе UR-20 (в тонком слое или таблетках KBr). Спектр ЯМР ¹H получен на спектрофотометре BS-587 Tesla (80 МГц, C₆D₆, внутренний стандарт – ТМС).

3-[(4,4-диэтокси-1,1-диметил-2-бутинил)окси]пропаннитрил. К 9,3 мл (9,3 г; 0,05 моль) 5,5-диэтокси-2-метил-3-пентин-2-ола добавляют 0,15 мл 40 %-ного водного раствора КОН и 2 мл ДМСО. Затем при перемешивании и комнатной температуре прикапывают 4,3 мл (3,45 г; 0,065 моль) акрилонитрила. Реакционную смесь оставляют на 24 часа. На следующий день гидролизуют 1 %-ной соляной кислотой, экстрагируют эфиром, эфирные вытяжки сушат 12 часов сульфатом магния, отгоняют легкокипящие фракции и перегонкой в вакууме получают 6,7 г (56,0 %) 3-[(4,4-диэтокси-1,1-диметил-2-бутинил)окси]пропаннитрила. Аналогично получены 3-[(4,4-диэтокси-1-метил-1-этил-2-бутинил)окси]- и 3-[[1-(3,3-диэтокси-1-пропинил)циклогексил]окси]пропаннитрилы с выходами 46,4 и 42,1 % соответственно.

При использовании в качестве растворителя диоксана выход 3-[(4,4-диэтокси-1,1-диметил-2-бутинил)окси]пропаннитрила составляет 42,0 %.

3-[(1,1-диметил-4-оксо-2-бутинил)окси]пропаннитрил. 11 мл (10,7 г; 0,045 моль) 3-[(4,4-диэтокси-1,1-диметил-2-бутинил)окси]пропаннитрила смешивают с 12 мл воды, 60 мл диоксана, 2 мл концентрированной соляной кислоты и кипятят 20 мин. Затем разбавляют реакционную смесь водой, экстрагируют эфиром, сушат сульфатом магния. Отгоняют легкокипящие фракции, остаток

перегоняют в вакууме, получая 6,6 г (88,9 %) 3-[(1,1-диметил-4-оксо-2-бутинил)окси]пропаннитрила. Аналогично получены 3-[(1-метил-1-этил-4-оксо-2-бутинил)окси]- и 3-[[1-(3-оксо-1-пропинил)циклогексил]окси]пропаннитрилы с выходами 89,5 и 92,2 % соответственно.

3-[(4-гидрокси-1,1-диметил-2-бутинил)окси]пропаннитрил. К 0,05 моль изопропилата алюминия в 150 мл абсолютного изопропанола приливают раствор 3,1 мл (3,4; 0,02 моль) 3-[(1,1-диметил-4-оксо-2-бутинил)окси]пропаннитрила в 5 мл абсолютного изопропанола при перемешивании и одновременной отгонке. Реакционную смесь греют 2 часа. Затем при давлении 100 мм рт. ст. отгоняют изопропанол. Остаток обрабатывают 5 %-ной соляной кислотой, экстрагируют эфиром, сушат сульфатом магния. Отгоняют легкокипящие фракции, перегоняют остаток в вакууме, получая 2,7 г (80,8 %) 3-[(4-гидрокси-1,1-диметил-2-бутинил)окси]пропаннитрила.

Аналогично получены 3-[(4-гидрокси-1-метил-1-этил-2-бутинил)окси]- и 3-[[1-(3-гидрокси-1-пропинил)циклогексил]окси]пропаннитрилы с выходами 82,4 и 85,4 % соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pornet J., Randrianoelina B., Miginiac L. Reactive de silanes propargyliques α -fonctionnels vis a vis des derives carbonyles: preparation d'alcools-ethers, de diols et de dioxannes alleniques // Tetrahedron Lett. – 1984. – V. 25. – № 6. – P. 651–654.
2. Назаров И.Н., Швейггеймер Г.А. // ЖОХ. – 1954. – Т. 54. – С. 157.
3. Кирчанов А.А., Занина А.С. // Изв. АН СССР, сер. хим. – 1990. – № 5. – С. 1172–1173.

Раздел 5

МЕТАЛЛУРГИЯ

УДК: 669.187

Н.Е. Хисамутдинов, Г.С. Козлов, С.В. Шаталов
Кафедра металлургических технологий

ВЛИЯНИЕ ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ ВОССТАНОВИТЕЛЯ НА ПРОЦЕССЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ МАРГАНЦА

В ходе исследования восстановимости марганцевых руд твердыми углеродсодержащими материалами установлено, что рост содержания летучих веществ в восстановителе способствует повышению степени извлечения марганца [1]–[3]. В связи с этим проведен ряд экспериментов, направленных на более детальное изучение влияния летучих веществ восстановителя на скорость и полноту протекания процессов восстановления оксидов марганца.

Ход проводимых экспериментов был следующий. В разогретый до температуры 1823–1873 К, графитовый тигель печи Таммана загружали смесь шихтовых материалов фракцией 0–2,5 мм, массой 600–664 г, состоящую из марганцевой руды, восстановителя и флюса. После образования над металлической ванной жидкоподвижного шлака, в него производили присадку алюминия. Затем тигель вынимали из печи, остужали и производили взвешивание продуктов плавки (сплава и шлака) с

точностью до 0,01 г. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1.

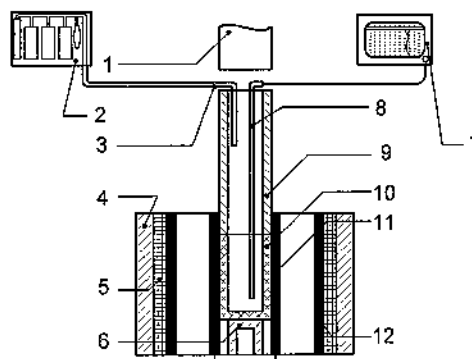
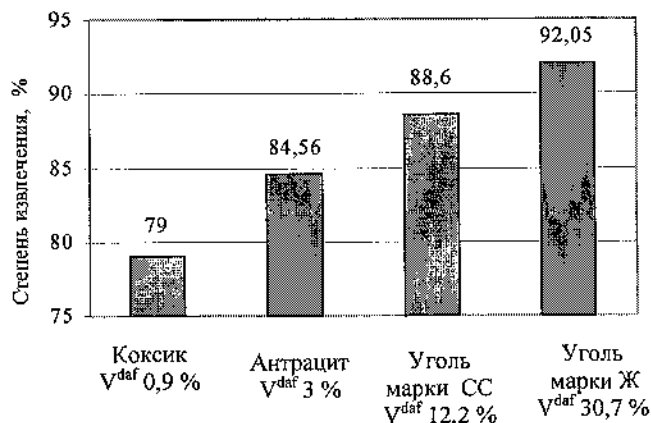


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – вытяжка; 2 – газоанализатор ГХП; 3 – газоотборная трубка; 4 – водоохлаждаемый корпус; 5 – огнеупорная засыпка; 6 – подставка; 7 – самописец КСП-4; 8 – термомпара; 9 – шахтная надставка; 10 – графитовый тигель; 11 – графитовый нагреватель; 12 – графитовый экран

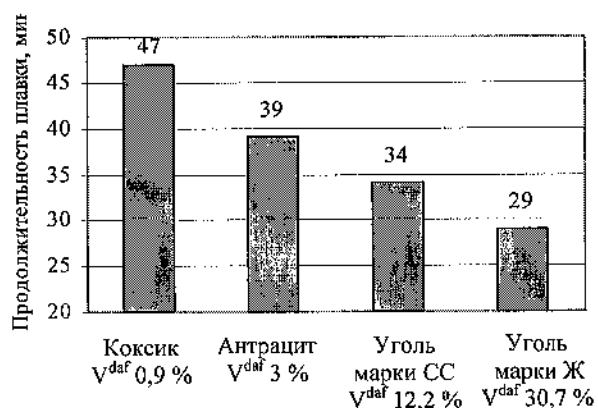
В качестве восстановителя использовали коксик (содержание летучих веществ $V^{daf} - 0,9\%$) и следующие угли: антрацит ($V^{daf} - 3\%$), слабоспекающиеся (марка СС: $V^{daf} - 12,2\%$) и жирные (марка Ж: $V^{daf} - 30,7\%$).

Проведенные исследования показали, что повышение содержания летучих веществ в восстановителе способствует увеличению степени извлечения марганца и сокращению продолжительности плавки (рис. 2). Это объясняется тем, что при использовании восстановителя с высоким содержанием летучих веществ выделяется большее количество восстановительных газов (углеводородов: CH_4 , C_2H_4 и др.), которые способствуют доставке атомарного углерода [4], мелкодисперсных частиц угля и глобулей графита к поверхности и внутрь кусков марганцевой руды, а также тем, что коксик, полученный в результате пиролиза угля с более высоким содержанием летучих веществ, обладает большей (вследствие большей пористости) реакционной способностью. Указанные факторы способствуют интенсификации восстановительных процессов.

Важно знать, какую долю вносят непосредственно летучие вещества в общую степень извлечения марганца. Для этого были проведены две сравнительные плавки. Одна на угле марки Ж ($V^{daf} - 30,7\%$), другая на коксике ($V^{daf} - 0\%$), полученном после выдержки угля марки Ж в муфельной печи при температуре 1123 К в течение 7 мин. Из таблицы видно, что использование в качестве восстановителя обычного угля марки Ж, по сравнению с коксиком, ведет к повышению степени извлечения марганца более



а)



б)

Рис. 2. Влияние летучих веществ восстановителя на степень извлечения марганца из руды (а) и продолжительность плавки (б)

Результаты экспериментов по определению влияния летучих веществ на степень извлечения марганца =7Восста-□новитель

Восстановитель	Степень извлечения (α) Mn, %	Продолжительность плавки, мин	Содержание элементов в сплаве, %				
			Mn	Si	C	S	P
Уголь марки Ж	91,13	29	83,20	1,98	6,81	0,0064	0,054
Коксик	82,94	45	85,40	1,81	7,70	0,0024	0,066

чем на 8 % и снижению продолжительности плавки на 30–33 %. Так как эксперименты проводились в одинаковых условиях, разница в степени извлечения марганца связана только с участием в процессах восстановления, при использовании угля марки Ж, летучих веществ (CH_4 , C_2H_4 , H_2 и др.), мелкодисперсных частиц угля и глобулей графита.

Таким образом, проведенные исследования показали интенсифицирующее влияние летучих веществ восстановителя (бесконтактного переноса углерода) на процессы восстановления

оксидов марганца. Поэтому перспективно использовать в качестве восстановителя при производстве марганецсодержащих ферросплавов не кокс, как по существующим технологиям производства, а угли с высоким содержанием летучих веществ (~ 30 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаталов С.В. Исследование влияния фракционного состава и количества антрацита на восстановимость марганца из руд Парнокского месторождения // Сб. тр. молодых ученых. – Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2005. – С. 152 – 153.

2. Хисамутдинов Н.Е., Козлов Г.С., Явойский А.В., Шаталов С.В. Влияние фракционного состава шихты, количества и вида восстановителя на извлечение марганца из руды // Известия вузов. Черная металлургия. – 2005. – № 9. – С. 12 – 13.

3. Хисамутдинов Н.Е., Козлов Г.С., Шаталов С.В. Лабораторные исследования по повышению степени извлечения марганца из руды // Научно-технический прогресс в металлургии: Междунар. науч.-практ. конф. – Темиртау, 2005. – С. 174 – 180.

4. Шаталов С.В., Хисамутдинов Н.Е., Козлов Г.С. К механизму карботермического восстановления марганца из руд // Сб. тр. молодых ученых. – Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2006. – С. 183 – 185.

УДК 621.771

Э.А. Гарбер, С.Н. Самарин, М.А. Тимофеева
Кафедра машин и агрегатов металлургических заводов
В.В. Ермилов
Кафедра теории механизмов и машин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ КАЧЕНИЯ В МЕЖВАЛКОВОМ КОНТАКТЕ ДРЕССИРОВОЧНОГО СТАНА

Одним из условий выполнения эффективных проектов нового прокатного оборудования является минимизация затрат энергии, в том числе потерь на все виды трения. К их числу относятся и потери на трение качения в рабочих клетях листовых станов. Согласно исследованиям процесса дрессировки в клетях «кварто» [1], основная часть мощности главного привода дрессировочного стана расходуется на трение качения между рабочими и опорными валками, а непосредственно на деформацию полосы расходуется не более 21 % от фактической мощности.

Значительность потерь мощности на трение качения и отсутствие соответствующих аналитических выражений подтверждают актуальность исследований в этой области.

Трение качения возникает на площадках контакта между валками, через которые осуществляется передача вращения от приводного валка к холостому. Размеры площадки, определяемые упругими сплющиваниями взаимодействующих валков, вычисляются с использованием теории Герца,

описывающей упругое взаимодействие двух параллельных цилиндров бесконечной длины, прижатых друг к другу с заданной силой.

Трение качения (сопротивление перекатыванию) принято характеризовать коэффициентом трения качения m . Коэффициент трения качения – теоретическая величина, численно равная плечу трения качения, суммарно учитывает затраты энергии на преодоление сопротивления перекатыванию и зависит главным образом от силовых и геометрических параметров контакта двух тел [2], [3]:

$$m = c b_{оп},$$

где c – коэффициент, зависящий от нагрузки, скорости качения, а также от физических свойств материала и поверхностей качения; $b_{оп}$ – половина ширины площадки контакта, определяемая по формуле Герца – Беляева:

$$b_{оп} = 0,798 \cdot \sqrt{\eta \cdot \frac{P_{мв}}{L} \cdot \frac{D_p \cdot D_{оп}}{D_p + D_{оп}}},$$

где L – длина контакта бочек валков; η – приведенный модуль упругости материалов валков; $D_p, D_{оп}$ – диаметры бочек рабочего и опорного валков; $P_{мв}$ – межвалковое усилие.

Для определения коэффициентов трения качения использовали расчетную схему дроссировочной клетки, представленную на рис. 1.

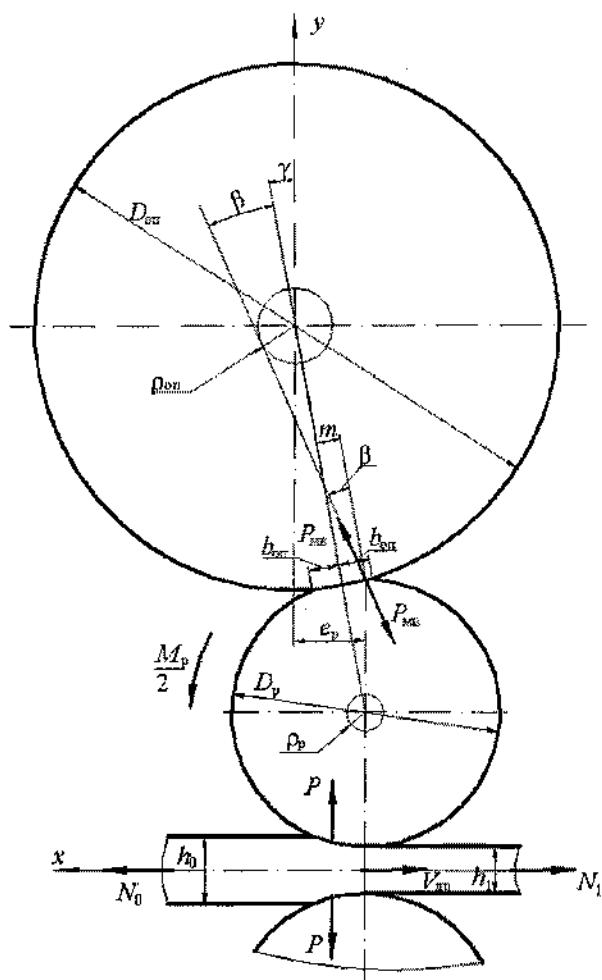


Рис. 1. Расчетная схема действия сил и моментов в клетки «кварто» [4]

Из уравнения равновесия моментов приводного рабочего вала получили выражение для суммарного момента, необходимого для привода рабочих валков клетки «кварто», зависящего от ее конст-

руктивных, технологических и энергосиловых параметров, в том числе от величины m [4]:

$$M_p = M_{др} + M_{нат} + M_{тр.п} + M_{оп}, \quad (1)$$

где $M_{др}$ – момент дроссировки; $M_{нат}$ – момент сил натяжений полосы; $M_{тр.п}$ – момент трения в подшипниках рабочих валков; $M_{оп}$ – момент, необходимый для вращения холостых опорных валков.

Выражения для определения указанных моментов имеют вид:

$$M_{др} = \frac{N_{др}}{\omega_p}, \quad (2)$$

где $N_{др}$ – суммарная мощность дроссировки, необходимая для процесса юстировки и собственно дроссировки, определенная через удельную работу по наиболее достоверной из известных методик [1]; ω_p – угловая скорость вращения рабочего вала;

$$M_{нат} = \Delta N \cdot \frac{D_p}{2}, \quad (3)$$

где $\Delta N = N_0 - N_1$ – разность сил заднего N_0 и переднего N_1 натяжений полосы;

$$M_{тр.п} = \mu_{п.р} \frac{d_{п.р}}{2} [\Delta N - 2P \cdot \text{tg}(\beta + \gamma)], \quad (4)$$

где $\mu_{п.р}$ – коэффициент трения в подшипниках рабочих валков; $d_{п.р}$ – рабочий диаметр этих подшипников; P – суммарное усилие дроссировки (равное сумме усилий юстировки и дроссировки), вычисляемое на основе упругопластической модели очага деформации по методике [1]; β – угол между плоскостью действия межвалкового усилия и плоскостью, в которой лежат оси валков; γ – угол между вертикальной осевой плоскостью опорного вала и плоскостью, проходящей через оси валков (см. рис. 1). Указанные углы могут быть вычислены с помощью следующих выражений:

$$\text{tg}\beta = \frac{2 \left(cb_{оп} + \mu_{п.оп} \frac{d_{п.оп}}{2} \right)}{D_{оп}}, \quad (5)$$

$$\sin \gamma = \frac{2e_p}{D_p + D_{оп}}, \quad (6)$$

где $\mu_{п.оп}$ – коэффициент трения в подшипниках опорных валков; $d_{п.оп}$ – рабочий диаметр этих подшипников; e_p – горизонтальное смещение оси рабочего валка относительно вертикальной осевой плоскости опорного валка (один из конструктивных параметров клетки «кварто»).

Момент, необходимый для привода холостых опорных валков, входящий в выражение (1), равен

$$M_{оп} = \frac{2P}{\cos(\beta + \gamma)} \cdot \left[\frac{D_p}{2} \sin \beta + cb_{оп} \cdot \cos \beta \right]. \quad (7)$$

Чтобы создать приводной момент M_p в соответствии с выражением (1), к рабочим валкам должна быть подведена со стороны главного привода мощность

$$N_p = M_p \cdot \omega_p, \quad (8)$$

следовательно, мощность двигателей главного привода должна быть равна

$$N_{дв.р} = \frac{N_p}{\eta} = \frac{M_p \cdot \omega_p}{\eta}, \quad (9)$$

где η – к.п.д. линии главного привода клетки.

Как видно из выражений (1)–(9), влияние трения качения на мощность главного привода клетки проявляется как непосредственно через плечо m , равное произведению $cb_{оп}$ [см. формулу (7)], так и в неявном виде – через угол β , зависящий от того же плеча [см. формулы (4), (5), (7)].

Чтобы определить величины m и c с помощью формул (1)–(9), наряду с расчетной мощностью двигателей, определяли их фактическую мощность $N_{дв.ф}$:

$$N_{дв.ф} = \sum_{i=1}^k I_i U_i, \quad (10)$$

где I_i , U_i – измеренные в рабочем режиме сила тока якоря и напряжение на клеммах i -го двигателя;

k – количество двигателей в линии главного привода клетки.

Далее, учитывая достоверность использованной для определения величины $N_{дв.р}$ методики энергосилового расчета процесса дрессировки [1], приняли допущение о том, что расхождения расчетных и фактических значений мощности двигателей, составляющие в среднем 5–7%, вызваны приближенным заданием коэффициента трения качения (точнее – коэффициента c). Основываясь на этом допущении, уточненную величину c определяли как корень уравнения

$$\Delta N_{дв} = N_{дв.ф} - N_{дв.р} = 0, \quad (11)$$

в котором величину $N_{дв.р}$ выражали по формуле (9), а входящий в эту формулу момент M_p – по формулам (1)–(8).

Решение уравнения (11) выполняли методом итераций: последовательно изменяя коэффициент c с заданным шагом, подбирали такое его значение, при котором достигалось равенство расчетного и фактического значений мощности двигателей рабочей клетки.

Для практики энергосиловых расчетов также важно знать величину мощности, расходуемой на трение качения. Для этого по формулам (1)–(10) для каждого режима дрессировки рассчитывали мощность двигателя при двух значениях коэффициента c : первую величину $N_{дв.р}$ определяли при найденном вышеизложенным методом окончательном значении c , указанном в табл. 2, а вторую величину – при значении $c = 0$, т.е. без учета потерь энергии на трение качения. Обозначив последнюю величину мощности $N_{дв.р}^{(c=0)}$, затраты мощности на трение качения определяли как разность указанных значений мощности:

$$N_{тр.к} = N_{дв.р} - N_{дв.р}^{(c=0)}. \quad (12)$$

Для определения коэффициентов трения качения дрессировочного стана использовали данные о фактических режимах дрессировки на одноклетевом стане «1700» производства холоднокатаного листа ОАО «Северсталь» [1]. Параметры этих режимов приведены в табл. 1.

В расчетах использовали следующие данные: диаметры бочек валков $D_p = 500$ мм, $D_{оп} = 1320$ мм; рабочие диаметры подшипников валков $d_{п.р} = 300$ мм, $d_{п.оп} = 850$ мм; рабочая длина межвалкового контакта $L = 1300$ мм; коэффициент трения в подшипниках валков $\mu_{п.р} = \mu_{п.оп} = 0,005$; смещение рабочих валков относительно опорных $e_p = 6$ мм; привод клетки – безредукторный ($i = 1$); к.п.д. главного привода $\eta = 0,94$.

Результаты расчета коэффициентов и мощности трения качения приведены в табл. 2.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что значения безразмерного коэффициента c находятся в диапазоне $0,3 \div 0,85$, а значения коэффициентов трения качения – в диапазоне $0,4 \div 1,1$ мм, при этом мощность, затрачиваемая на трение качения в межвалковом контакте, составляет $63 \div 78$ % от суммарной мощности двигателей главного привода, что подтверждает данные работы [1].

мерений энергосиловых параметров дрессировочного стана впервые получены реальные значения

Таблица 1

Фактические режимы дрессировки на одноклетевом стане «1700» производства холоднокатаного листа ОАО «Северсталь» [1]

Марка стали	Номер режима	b , мм	h_0 , мм	σ_0 , МПа	σ_1 , МПа	$V_{др}$, м/с	ϵ , %	ω_p , 1/с	P , МН	$N_{дв.ф}$, кВт
08ю	1	780	0,7	38,5	44,4	24	1	96	1,3	240
	2	780	0,7	36,6	42,5	24	1	96	1,3	240
DC04	3	1410	0,7	26,3	37,8	16	0,8	64	1,3	180
	4	1410	0,7	25,3	35,7	16	0,8	64	1,3	180
	5	1410	0,7	32,4	37,8	21	0,8	84	1,3	240
IF	6	1260	1,51	17,9	28,0	22	0,5	88	1,0	180
	7	1085	2,5	13,6	26,7	20	0,5	80	1,0	180

Примечание. b – ширина полосы; h_0 – толщина полосы на входе в стан; σ_0 , σ_1 – заднее и переднее удельные натяжения полосы; ϵ – относительное обжатие; $V_{др}$ – скорость дрессировки

Таблица 2

Результаты расчета коэффициентов и мощности трения качения для режимов, представленных в табл. 1

Номер режима	c , б/р	$b_{оп}$, мм	m , мм	$N_{дв.р}$, кВт	$N_{дв.р}^{(c=0)}$, кВт	$N_{тр.к}$, кВт	$\frac{N_{тр.к}}{N_{дв.р}}$, %
1	0,31	1,40	0,43	240	81	159	66,3
2	0,31	1,40	0,43	240	81	159	66,3
3	0,72	1,40	1,01	180	64	116	64,4
4	0,66	1,40	0,92	180	46	134	74,4
5	0,42	1,40	0,59	240	53	187	77,9
6	0,61	1,23	0,75	180	45	135	75,0
7	0,86	1,23	1,06	180	66	114	63,3

Таким образом, по данным промышленных из-

коэффициентов трения качения в межвалковом контакте. Установлено, что при дрессировке затраты энергии на трение качения могут достигать $60 \div 80$ % от суммарной мощности главного привода рабочих клеток. Значимость этих затрат подтвердила необходимость их учета при конструировании станов и разработке технологических режимов дрессировки стальных полос.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарбер Э.А., Тимофеева М.А., Трайно А.И., Кожевникова И.А. Моделирование энергосиловых параметров дрессировочных станов // Металлы. – 2006. – № 2. – С. 68–70.
2. Третьяков А.В. Теория, расчет и исследования станов холодной прокатки. – М.: Металлургия, 1966. – 256 с.
3. Колчин Н.И. Механика машин: В 2 т. Т. 2. – Л.: Машиностроение, 1972. – 456 с.
4. Гарбер Э.А. Станы холодной прокатки (теория, оборудование, технология). – М.: ОАО «Черметинформация»; Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2004. – 416 с.

МОДЕЛЬ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ДВУХФАЗНОЙ ЗОНЫ СЛИТКА ПРИ «МЯГКОМ» ОБЖАТИИ

В настоящее время сформировалось новое перспективное направление в теории и технологии непрерывной разливки стали на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) – обжатие сляба с жидкой сердцевиной, что позволяет повышать качество металла в осевой зоне. Определение температуры и тепловых потоков при «мягком» обжатии представляет интерес в связи с большим влиянием деформации на тепловое состояние слитка. Например, распределение пористости по сечению двухфазной зоны существенно зависит от распределения температуры в осевой части слитка [2].

Рассмотрим затвердевающий, непрерывно вытягиваемый слиток, имеющий 3 области: твердую, жидкую и расположенную между ними двухфазную. Изменение агрегатного состояния стали происходит в диапазоне температур солидуса t_c и ликвидуса t_n . При обжатии слиток движется со скоростью V между обжимающими его роликами диаметром d_2 , вращающимися с угловой скоростью ω . Согласно работе [3], скорость перемещения внешней поверхности слитка или скорость деформации слитка равна

$$V(\tau) = A \sin(a_1 - \omega\tau), \quad (1)$$

где a_1 – угол контакта ролика со слитком; τ – время контакта; $A = \frac{d_2\omega}{2}$.

Длина площадки контакта ролика со слитком в направлении его вытягивания ограничена условиями обжатия. Выбор места и величины обжатия осуществляются из технологических соображений.

Исходя из условий симметрии процесса формирования слитка при непрерывной разливке, в данной работе рассматривается взаимодействие одного ролика с половиной (по толщине) затвердевающего слитка, поскольку другой ролик взаимодействует со слитком аналогичным образом. По мере обжатия толщина слитка уменьшается.

Получим распределение температуры по ширине двухфазной зоны в момент обжатия при различных скоростях обжатия.

В основу математической модели процесса затвердевания непрерывно вытягиваемого слитка в условиях его обжатия положим уравнение теплопроводности в области с подвижной границей. При разработке модели примем следующие допущения: 1) расчетная область модели включает половину ширины двухфазной зоны слитка; начало координат расположено в центре слитка; 2) на левом конце температура постоянна и равна температуре ликвидуса; на правом движущемся конце задано условие тепловой изоляции; 3) в начальный момент времени температура на правом конце равна температуре солидуса (рис. 1).

Пусть $t(x, \tau)$ – распределение температуры в части слитка $0 \leq x \leq h$, где $2h$ – ширина двухфазной зоны. Тогда математическая постановка задачи имеет вид

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad \tau > 0, \quad 0 \leq x \leq h, \quad (2)$$

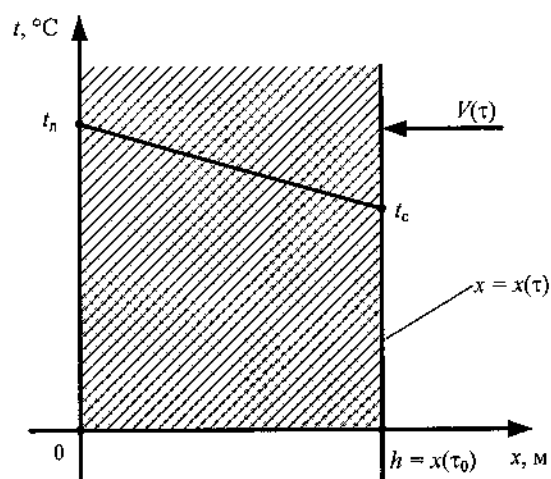


Рис. 1. Расчетная схема двухфазной зоны слитка

начальное условие:

$$t(x, \tau)|_{\tau=0} = f(x); \quad (3)$$

$$f(x) = Cx + B; \quad (4)$$

граничные условия:

$$\left. \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} \right|_{x=x(\tau)} = -\frac{V(\tau)}{a} \cdot t(x, \tau)|_{x=x(\tau)}; \quad (5)$$

$$t(x, \tau)|_{x=0} = t_n, \quad (6)$$

где C, B – const; a – коэффициент температуропроводности, включающий эффективную теплоемкость $c_{\text{эфф}}$; $V(\tau)$ – скорость обжарки, которая находится по формуле (1).

Для решения краевой задачи (1)–(6) используем численный метод – метод сеток. Рассмотрим явную разностную схему [1]. Поверхность слитка разбиваем в направлении оси x на равные отрезки толщиной l . Период времени также разбиваем на равные промежутки k . В качестве сетки возьмем совокупность точек (x_m, τ_n) , координаты которых $x_m = m \cdot l$, где l – шаг по оси x , $m = 0, 1, \dots, M$ – номер шага; $\tau_n = n \cdot k$, где k – шаг по времени, $n = 0, 1, \dots, N$ – номер шага.

Заменим в (2) $\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau}$, $\frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2}$ конечно-разностными выражениями:

$$\frac{t_m^{n+1} - t_m^n}{k} = a \frac{t_{m+1}^n - 2t_m^n + t_{m-1}^n}{l^2}.$$

Преобразуем данное равенство к виду

$$t_m^{n+1} = t_m^n + \frac{ka}{l^2} (t_{m+1}^n - 2t_m^n + t_{m-1}^n). \quad (7)$$

Положим $\frac{ka}{l^2} = p$, где p – постоянная величина.

Выразим из (7) t_m^{n+1} . В результате получим равенство

$$t_m^{n+1} = t_m^n + p(t_{m+1}^n - 2t_m^n + t_{m-1}^n), \quad m = 1, \dots, M-1. \quad (8)$$

Заменим разностными отношениями условия (3), (5) и (6):

$$t_m^0 = f(x_m), \quad m = 0, \dots, M-1; \quad (9)$$

$$t_M^{n+1} = \frac{a \cdot t_{M-1}^{n+1}}{a - lV(\tau_n)}; \quad (10)$$

$$t_0^n = t_n, \quad n = 1, \dots, N. \quad (11)$$

Заменим разностным отношением условие (1):

$$V(\tau_n) = A \sin(a_1 - \omega \tau_n), \quad n = 0, \dots, N. \quad (12)$$

В силу принципа замороженных коэффициентов [1], явная схема (8)–(12) устойчива лишь в случае выполнения неравенства $\frac{ak}{l^2} \leq \frac{1}{2}$, поэтому на шаги сетки накладываем определенные ограничения.

Находим численное решение задачи при следующих данных: $a = 4,923 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $t_c = 1430 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_n = 1500 \text{ }^\circ\text{C}$, $a_1 = 0,088 \text{ рад}$, $\omega = 0,0526 \text{ рад/с}$, $A = 0,01 \text{ м/с}$, $h = 0,020925 \text{ м}$, $f(x) = -3345,28 \cdot x + 1500$, $k = 0,000002189 \text{ с}$, $l = 0,0020925 \text{ м}$. Время обжарки $\tau = 1,67 \text{ с}$. Результаты расчета распределения температуры по ширине двухфазной зоны в различные моменты обжарки слитка приведены на рис. 2.

Величина обжарки заготовки составила 0,7 мм. Скорость обжарки изменялась по синусоидальному закону с 0,0008 м/с в начальный момент обжарки до 0,000011 м/с ближе к концу. Уменьшение толщины двухфазной зоны происходило монотонно, без скачков (рис. 3). Найдено распределение температуры по ширине двухфазной зоны при скоростях обжарки 0,1 и 0,001 м/с, что позволило сделать следующий вывод: с ростом скорости обжарки уменьшается величина обжарки.

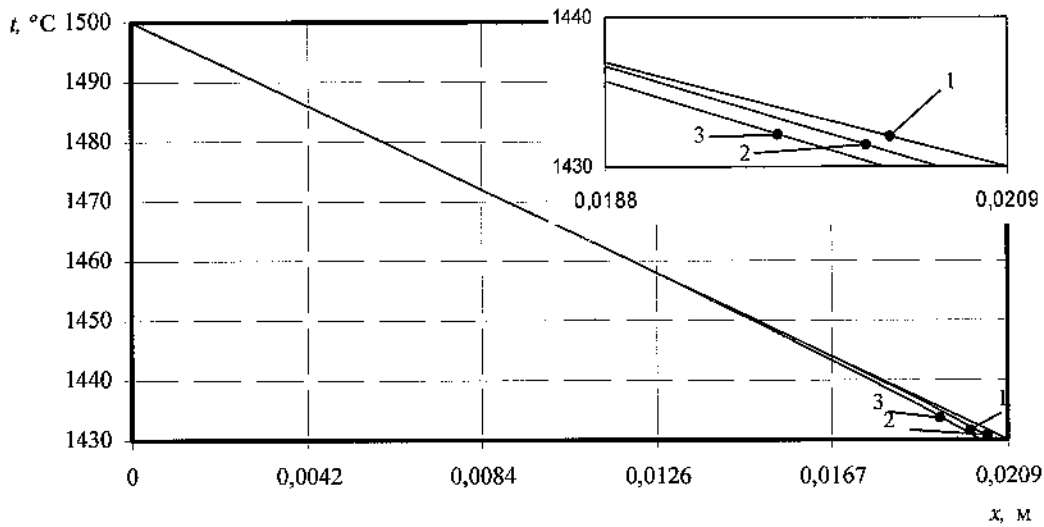


Рис. 2. Распределение температуры по ширине двухфазной зоны при обжати: 1 – $\tau = 0$ с; 2 – $\tau = 0,58$ с; 3 – $\tau = 1,67$ с; $A = 0,01$ м/с

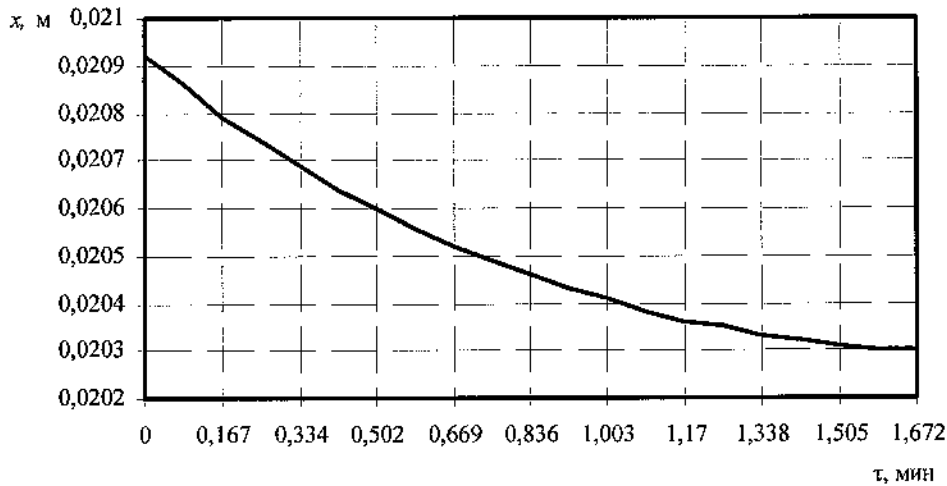


Рис. 3. Изменение толщины двухфазной зоны при обжати слитка: $A = 0,01$ м/с

Полученные графические зависимости позволяют оценить влияние скорости обжати на распределение температуры в осевой части слитка, которое в свою очередь влияет на распределение примеси [2]. Поэтому знание градиента температуры помогает определить изменение концентрации примеси в двухфазной зоне при «мягком» обжати, т.е. определить эффективность применения данной технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М.: Наука, 1977. – 735 с.
2. Борисов В.Т. Теория двухфазной зоны металлического слитка. – М.: Metallurgy, 1987. – 224 с.
3. Телин Н.В. Тепло- и массообмен при обжати слитка с жидкой фазой. – Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2004. – 130 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАВЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО ПРУТКА ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ ЖИДКОЙ СТАЛИ В КОВШЕ

Технология ввода алюминиевого прутка используется для корректировки содержания алюминия в стали и при химическом подогреве металла в ковше. Ввод алюминиевого прутка осуществляется с помощью трайб-аппарата (рис. 1).

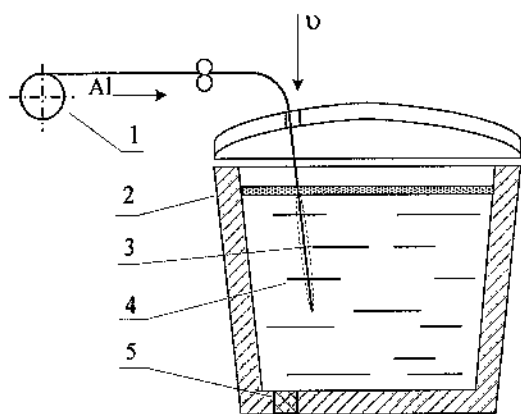


Рис. 1. Схема установки ввода алюминиевого прутка в ковш с металлом: 1 - трайб-аппарат; 2 - ковш с жидким металлом; 3 - цилиндрический алюминиевый пруток; 4 - расплав; 5 - пористая вставка для подачи аргона; v - скорость движения прутка

По данным [1], минимальная глубина погружения прутка должна составлять 2–2,5 м. При разработке технологии ввода прутка необходимо знать для каждого диаметра прутка скорость ее ввода.

Для решения этой задачи используют метод математического моделирования [2]. Однако в этих работах пренебрегают зависимостью теплофизических свойств металлов от температуры, что вносит погрешности в результаты моделирования.

В связи с этим в данной работе при математическом моделировании приняли следующие допущения:

1. Теплофизические свойства алюминиевого

прутка и жидкого расплава являются функциями температуры.

2. Температура жидкого металла в ковше постоянна.

3. Область теплового влияния прутка на жидкий металл ограничена.

4. Процесс плавления и намораживания происходит симметрично.

5. Теплоотдача перегретого от металла к замерзающей оболочке происходит путем конвекции жидкого металла.

6. Теплопроводность вдоль направления ввода прутка пренебрежимо мала.

7. Алюминий плавится при постоянной температуре кристаллизации.

8. Сталь плавится и затвердевает при постоянной температуре кристаллизации, близкой к температуре ликвидуса на равновесной диаграмме Fe–C.

На рис. 2 показана схема расчетной области,

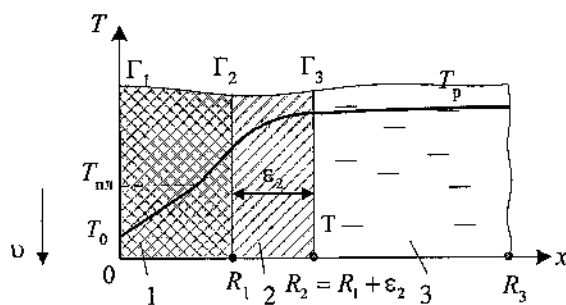


Рис. 2. Схема расчетной области и распределение температуры по прутку и расплаву в некоторый момент времени: 1 - твердая фаза цилиндрического алюминиевого прутка; 2 - намораживаемый слой металла; 3 - жидкий расплав металла; v - скорость движения прутка; R_1 - радиус прутка; ϵ_2 - толщина намораживаемого слоя расплава; T_p - температура расплава в ковше; $T_{пл}$ - температура плавления прутка

в которой расплав 3 намерзает на пруток 1 в виде твердой фазы 2.

Математическое описание процесса теплопроводности с учетом принятых допущений из двух подмоделей:

1. Подмодель тепловых процессов в прутке включает:

уравнение теплопроводности в области $[0, R_1]$:

$$c_{\text{эфф1}} \rho_1 \frac{\partial T_1}{\partial t} = \frac{1}{r_1} \frac{\partial}{\partial r_1} \left(\lambda_1 r_1 \frac{\partial T_1}{\partial r_1} \right), \quad (1)$$

начальное условие

$$T(x, 0) = T^0 = \text{const}; \quad (2)$$

граничные условия:

на оси симметрии при $r = 0$,

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial r_1} = 0, \quad (3)$$

на поверхности при $r = R_1$ условие идеального контакта между прутком и намерзающим слоем расплава:

$$\begin{cases} \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial r_1} = \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial r_2}, \\ T_1 = T_2, \end{cases} \quad (4)$$

$$c_{\text{эфф1}} = \begin{cases} c_1(T) + \frac{L_1}{T_{1л} - T_{1с}}, & T_c \leq T \leq T_n; \\ c_1(T), & T < T_c, \quad T > T_n, \end{cases} \quad (5)$$

где $\lambda_1 = \lambda_1(T)$ – коэффициент теплопроводности алюминиевого прутка; $c_{1\text{эфф}}$ – эффективная теплоемкость алюминия; $\rho_1 = \rho_1(T)$ – плотность алюминиевого прутка; T_0 – начальная температура алюминиевого прутка; λ_2 – коэффициент теплопроводности расплава; T_2 – температура стали; t – время ($0 \leq t \leq t_k$); r_2 – координата в расплаве ($R_1 \leq r_2 \leq R_3$);

$$T_n = T_{\text{кр}} + \frac{\Delta T}{2}; \quad (6)$$

$$T_c = T_{\text{кр}} - \frac{\Delta T}{2}, \quad (7)$$

где T_n и T_c – фиктивные температуры ликвидуса и солидуса алюминия; $T_{\text{кр}}$ – температуры кристаллизации алюминия; ΔT и L_1 – фиктивный интервал и теплота кристаллизации алюминия.

2. Подмодель тепловых процессов в намерзающем слое и расплаве включает в себя:

уравнение теплопроводности в области $[R_1, R_3]$ с учетом выделения тепла при кристаллизации расплава:

$$c_{\text{эфф2}} \rho_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} = \frac{1}{r_2} \frac{\partial}{\partial r_2} \left(\lambda_2 r_2 \frac{\partial T_2}{\partial r_2} \right) + f, \quad (8)$$

где $c_{2\text{эфф}}$ – эффективный коэффициент теплоемкости расплава; $\lambda_2 = \lambda_2(T)$ – коэффициент теплопроводности расплава; $\rho_2 = \rho_2(T)$ – плотность расплава; f – источник тепла в двухфазной фиктивной зоне.

$$c_{\text{эфф2}} = \begin{cases} c_2(T) + \frac{L_2}{T_{2л} - T_{2с}}, & T_c \leq T \leq T_n; \\ c_2(T), & T < T_c, \quad T > T_n, \end{cases} \quad (9)$$

где $T_{2л}$, $T_{2с}$ – температуры ликвидуса и солидуса расплава; L_2 – теплота кристаллизации расплава;

начальное условие:

$$T(r, 0) = T_n \text{ при } R_1 < r < R_3;$$

граничные условия: при $r = R_1$ условие контакта (4).

Схема к расчету источника тепла, связанного с конвекцией расплава, показана на рис. 3.

Толщина корки ε_2 определяется координатой температуры выливаемости. Примем, что поток от жидкой стали к намерзающей корке определяется по формуле

$$q = \alpha_k (T_p - T_b), \quad (10)$$

где T_b – температуры «выливаемости»; T_p – температура расплава; α_k – конвективный коэффициент теплообмена расплава с намерзающим слоем.

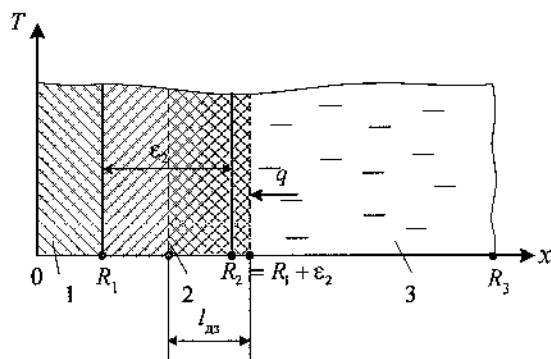


Рис. 3. Схема расчета потока тепла в расплаве от жидкой фазы к двухфазной зоне: 1 – твердая фаза; 2 – двухфазная зона; 3 – жидкая фаза; $l_{дз}$ – длина двухфазной зоны

Параметр α_k определяется выражением

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda_2}{d}, \quad (11)$$

где $Nu = 3,3 + 0,014 \cdot Re^{0,8}$, Nu – критерий Нуссельта; $Re = \frac{v d}{a_2}$ – критерий Пекле; v – скорость движения прутка; a_2 – температуропроводность расплава; $d = R_3 - (R_1 + \epsilon)$.

Так как поток тепла поступает к двухфазной зоне, то это поступление тепла можно смоделировать с помощью источника тепла двухфазной зоне, в которую могут проникать потоки расплава:

$$f = \begin{cases} \frac{q}{l_1}, & T_b \leq T \leq T_n; \\ 0, & T > T_n, \quad T < T_b, \end{cases} \quad (12)$$

где l_1 – ширина части двухфазной зоны, опреде-

ляемой границами изотерм ликвидуса и выливаемости; q – тепловой поток к двухфазной зоне.

Расчетное сечение вместе с прутком перемещается со скоростью v , и его положение определяется координатой

$$h = v \cdot t. \quad (13)$$

Система уравнений (1), (8) решена с помощью метода конечных разностей с использованием явной схемы аппроксимации частных производных. Выполнено тестирование модели и установлено оптимальное количество узлов в расчетной области.

Разработанная математическая модель позволяет учитывать нагрев и плавление алюминиевого прутка, а также замерзание и последующее расплавление металлической корочки на поверхности прутка. Модель предполагается использовать при совершенствовании технологии доводки стали по содержанию алюминия в стали и при химическом подогреве металла в ковше с целью повышения усвоения алюминия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование плавления и разработка параметров ввода порошковых проволок на основе алюминия, кальция и углерода / А.А. Карпов, С.П. Бурмасов, В.И. Жучков, О.Ю. Шешуков, Е.Ю. Лозовая, Р.Р. Сыртланов, Е.А. Васин, В.А. Решетников, М.Р. Ярмухамето // Труды VIII Конгресса сталеплавильщиков. – М., 2004. – С. 354–356.
2. Исследование процесса плавления алюминиевой проволоки при вводе в сталь / В.А. Вихлевщук, И.А. Павлюченков, В.Г. Щербинский, В.М. Черногринский, Е.М. Кривко // Известия вузов. Черная металлургия. – 1988. – № 2. – С. 32–38.

УДК 667.04

С.В. Лукин, П.В. Куликов

Кафедра промышленной теплоэнергетики

ТЕПЛООБМЕН СЛЯБА С РАБОЧЕЙ СТЕНКОЙ КРИСТАЛЛИЗАТОРА МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

В настоящее время отсутствуют теоретические математические модели, которые адекватно опи-

сывали бы теплообмен сляба с рабочей поверхностью кристаллизатора.

Примем, что при контакте горячей поверхности сляба с холодной рабочей поверхностью кристаллизатора твердая фаза сляба охлаждается, в результате чего происходит ее усадка, образуется зазор, заполняемый шлаком, теплообмен между слябом и рабочей поверхностью ухудшается, твердая фаза снова разогревается и вновь прижимается к рабочей поверхности кристаллизатора, после чего процесс повторяется. Это происходит во всех точках рабочей поверхности кристаллизатора.

Рассмотрим точку на поверхности сляба, движущуюся вместе с ним. Пусть $\delta(\tau)$ – расстояние от этой точки до рабочей поверхности кристаллизатора (толщина зазора), изменяющееся во времени; τ – время затвердевания. При $\tau = 0$ примем

$$\delta(0) = 0, \quad (1)$$

в остальные моменты времени $\delta(\tau) \geq 0$. Пусть ξ – толщина оболочки по температуре солидус. Именно такая оболочка может разогреваться и охлаждаться и, соответственно, сжиматься и расширяться. Пусть β_l – температурный коэффициент линейного расширения твердой стали, равный $\beta_l =$

$$= \frac{\beta_V}{3}, \text{ где } \beta_V = -\frac{1}{\rho(t)} \cdot \left. \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} \right) \right|_{p = \text{const}} - \text{ температур-}$$

ный коэффициент объемного расширения стали; $\rho(t)$ – зависимость плотности стали от температуры. Отметим, что β_l может зависеть от температуры. Пусть $t(x, \tau)$ – температурное поле оболочки сляба в момент τ после начала затвердевания; ось x направлена перпендикулярно поверхности сляба. Пусть за время $d\tau$ в точке x оболочки произошло изменение температуры $dt(x) =$

$$= \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} d\tau. \text{ Если выделить слой оболочки толщиной } dx, \text{ то за время } d\tau \text{ его толщина изменится на величину } \beta_l \cdot dx \cdot dt(x). \text{ В целом, уменьшение толщины оболочки приведет к увеличению зазора } \delta(\tau), \text{ и, наоборот, увеличение толщины оболочки приведет к уменьшению зазора. Таким образом, изменение толщины зазора за время } d\tau \text{ равно}$$

$$d\delta = - \int_0^{\xi} \beta_l (t(x, \tau)) \cdot dt(x) \cdot dx. \quad (2)$$

Соответственно скорость изменения величины зазора определяется выражением

$$\frac{d\delta}{d\tau} = - \int_0^{\xi} \beta_l (t(x, \tau)) \cdot \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} \cdot dx, \quad (3)$$

где толщина ξ определяется по температуре солидус t_c .

Пусть $\lambda_{ш}$ – коэффициент теплопроводности шлака, заполняющего зазор; δ_m – толщина медной стенки; λ_m – коэффициент теплопроводности меди; α_b – коэффициент теплоотдачи от стенок каналов к охлаждающей воде. Тогда полное термическое сопротивление от поверхности сляба к охлаждающей воде составит

$$R(\tau) = \frac{\delta(\tau)}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{1}{\alpha_b}.$$

Коэффициент теплоотдачи от поверхности сляба к охлаждающей воде можно записать так:

$$\alpha(\tau) = \frac{1}{R(\tau)} = \frac{1}{\frac{\delta(\tau)}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{1}{\alpha_b}}. \quad (4)$$

Температурное поле сляба $t(x, \tau)$ описывается дифференциальным уравнением теплопроводности:

$$C_{эф} \rho \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_{эф} \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \right), \quad (5)$$

где $C_{эф}$ – эффективная теплоемкость стали; $\lambda_{эф}$ – эффективный коэффициент теплопроводности стали [1].

Начальное условие для температурного поля записывается следующим образом:

$$t(x, 0) = t_0, \quad (6)$$

где t_0 – начальная температура металла.

Граничные условия описываются формулами:

$$\frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=B} = 0; \quad (7a)$$

$$\frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=B} = -\frac{\alpha(\tau)}{\lambda_c} \cdot (t(0, \tau) - t_n), \quad (7b)$$

где B – половина толщины сляба; λ_c – коэффициент теплопроводности твердой стали; t_n – средняя температура охлаждающей воды.

Система уравнений (1)–(7) составляет математическую модель теплообмена поверхности сляба с рабочей поверхностью кристаллизатора, причем одновременно должна решаться задача затвердевания сляба.

Применим рассмотренную математическую модель для среднеуглеродистой стали. Зависимость температурного коэффициента линейного расширения стали от температуры в интервале 900–1500 °C [1] определяется уравнением, 1/°C:

$$\beta_l(t) = (0,0126 \cdot t - 10,3) \cdot 10^{-5}. \quad (8)$$

Зададим следующие параметры: концентрация

углерода в стали равна 0,45 %; толщина медной стенки $\delta_m = 20$ мм; коэффициент теплопроводности меди $\lambda_m = 380$ Вт/(м° · C); коэффициент теплопроводности шлака $\lambda_{ш} = 0,15$ Вт/(м · °C); температура охлаждающей воды составляет 20 °C; коэффициент теплоотдачи к охлаждающей воде $\alpha_b = 20\,000$ Вт/(м² · °C); начальная температура стали $t_0 = 1550$ °C; теплота затвердевания стали $L = 272\,000$ Дж/кг; коэффициент теплопроводности стали в твердой фазе $\lambda_c = 29$ Вт/(м² · °C); в жидкой фазе коэффициент теплопроводности в пять раз выше, чем в твердой фазе.

Система уравнений (1)–(8) решалась методом конечных разностей по неявной схеме с помощью языка программирования Visual Basic. Шаг по времени выбран равным 0,1 с; шаг по координате – 1,25 мм.

На рис. 1 приведено сравнение полученной расчетной зависимости плотности теплового потока от сляба к рабочей поверхности кристаллизатора, определяемой из выражения $q = \lambda_c \frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=0}$, с экспериментальными данными.

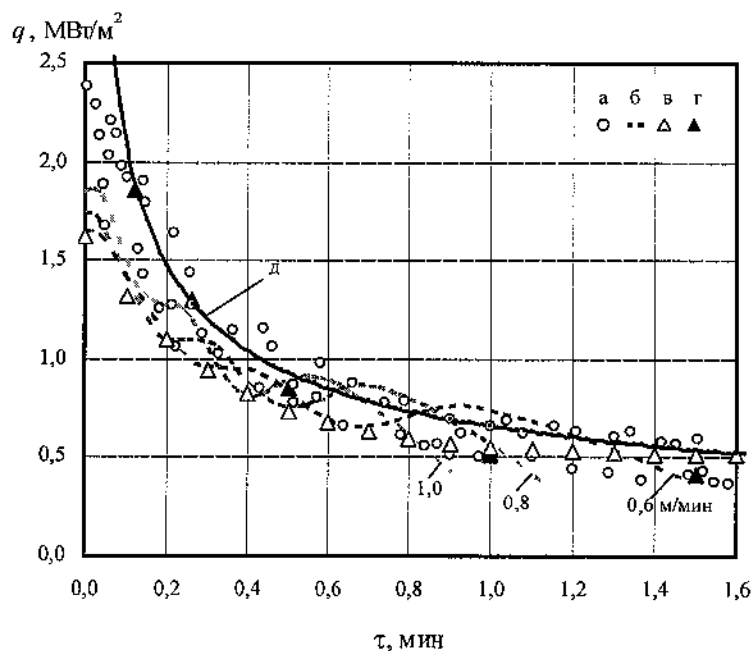


Рис. 1. Плотность теплового потока от сляба к кристаллизатору в зависимости от времени затвердевания; а, б, в, г – эксперимент; д – расчет

В начальные моменты времени расчетная плотность теплового потока получается очень большой и составляет $12 \div 14 \text{ МВт/м}^2$, но уже через 3 с она снижается до 3 МВт/м^2 , через минуту – примерно до $0,65 \text{ МВт/м}^2$. При $1 < \tau < 300 \text{ с}$ с погрешностью, не превышающей 3 %, плотность теплового потока можно аппроксимировать выражением, МВт/м^2 :

$$q(\tau) = \frac{5,1}{\sqrt{\tau}}$$

Введем термическое сопротивление шлакового зазора:

$$R_{\text{ш}}(\tau) = \frac{\delta(\tau)}{\lambda_{\text{ш}}}$$

Исследования, проведенные для стали, у которой линейный коэффициент теплового расширения описывается выражением (8), показали, что среднее термическое сопротивление шлакового зазора $\bar{R}_{\text{ш}}(\tau)$ достаточно точно может быть рассчитано из выражения

$$\bar{R}_{\text{ш}}(\tau) = C \cdot \frac{\xi_c(\tau)}{\lambda_{\text{ш}}}, \quad (9)$$

где $\bar{R}_{\text{ш}}(\tau)$ измеряется в $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$; C – безразмерный коэффициент, зависящий от коэффициента теплопроводности шлака $\lambda_{\text{ш}}$; $\xi_c(\tau)$ – толщина корки по температуре солидус, м.

Зависимость коэффициента C от коэффициента теплопроводности шлака $\lambda_{\text{ш}}$ представлена на рис. 2.

Средняя эффективная толщина шлакового зазора определяется выражением:

$$\bar{\delta}(\tau) = C \cdot \xi_c(\tau). \quad (10)$$

Таким образом, как следует из выражений (9) и (10), средняя эффективная толщина и термическое сопротивление шлаковой прослойки прямо про-

порциональны толщине корки по температуре солидус.

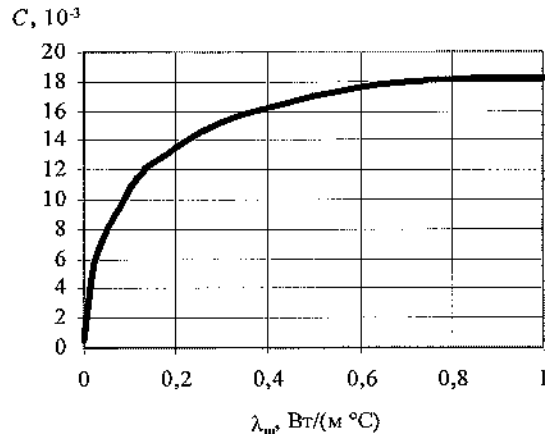


Рис. 2. Зависимость коэффициента C от коэффициента теплопроводности шлака $\lambda_{\text{ш}}$.

Как показывают исследования, на коэффициент C сильно влияют средний линейный коэффициент теплового расширения твердой фазы $\bar{\beta}_l$ и коэффициент теплопроводности твердой фазы $\lambda_{\text{т}}$. От теплоты затвердевания стали L и от теплопроводности жидкой фазы $\lambda_{\text{ж}}$ коэффициент C не зависит. Теплоемкость твердой фазы, толщина медной стенки и коэффициент теплоотдачи от каналов к охлаждающей воде также практически не влияют на коэффициент C .

В данной статье представлена математическая модель и приведены некоторые результаты исследования теплообмена сляба с рабочей поверхностью кристаллизатора в машине непрерывного литья заготовок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цаплин А.И. Теплофизика внешних воздействий при кристаллизации стальных слитков на машинах непрерывного литья. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1995. – 238 с.

УДК 669.187

Н. Е. Хисамутдинов, Г. С. Козлов
 Кафедра металлургических технологий
 Н. М. Федорчук, С. В. Шаталов
 Кафедра физики

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА БЕСКОНТАКТНОГО ПЕРЕНОСА УГЛЕРОДА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ МАРГАНЦЕВЫХ РУД

Накопленный экспериментальный материал [1], [2] показывает, что при взаимодействии углерода с оксидами металлов происходит выделение металлической фазы не только в месте контакта восстановителя с рудой, но и внутри куска руды, не имеющего непосредственного контакта с твердым восстановителем. Поэтому проведен ряд исследований, подтверждающих возможность переноса углерода от твердого восстановителя к поверхности и внутрь кусков руды.

Первая серия экспериментов была направлена на исследование процессов пиролиза углей и диссоциации углеводородов с образованием атомарного углерода. Эксперименты проводились на углях: антраците (летучие вещества (V^{daf}) – 3 %, зола (A^a) – 4,8 %), слабоспекающихся (марка СС: V^{daf} – 12,2 %, A^a – 4,9 %), жирных (марка Ж: V^{daf} – 30,7 %, A^a – 5,1 %) и газовых (марка Г: V^{daf} – 35,8 %, A^a – 5,2 %).

Ход экспериментов был следующий. Через отверстие в крышке печи Таммана (рис. 1), предназначенной для ограничения доступа воздуха, в разогретый до температуры 1623 К алундовый тигель, через воронку загружали уголь, фракционным составом 1,6–5 мм и массой 30 г. После окончания процесса пиролиза тигель извлекали из печи. Взвешивание исходных материалов и продуктов экспериментов проводили на аналитических весах ВЛА–200 г–М с погрешностью измерений $\pm 0,001$ г.

В экспериментах с антрацитом на внутренней поверхности алундового тигля образовывался налет серого цвета. Исследование поверхности тигля через микроскоп МИМ–7 показало, что в его структуре содержатся графитовые волокна. Это свидетельствует об осаждении на тигле сажистого углерода, полученного при соединении отдельных атомов углерода, образующихся в результате дис-

социации углеводородных соединений ($CH_{4(r)} = C_{ar} + 2H_2$).

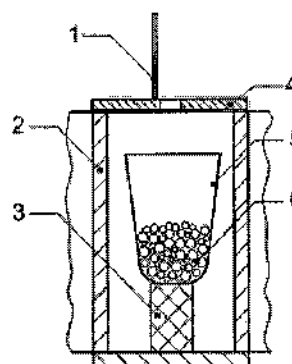


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – линейка; 2 – графитовый нагреватель; 3 – подставка; 4 – крышка; 5 – алундовый тигель; 6 – уголь

В опытах с углем марки СС в структуре тигля наблюдались графитовые волокна, на внутренней поверхности тигля образовывалась тонкая графитовая пленка серого цвета. Исследование пленки показало, что ее внутренняя и внешняя поверхности (со стороны алундового тигля) имеют мелкозернистую структуру.

В экспериментах с углями марок Ж и Г в структуре тигля наблюдалось большое количество графитовых волокон, а на его поверхности образовывалась пленка серого цвета. Исследование пленки показало, что ее внешняя поверхность имеет мелкозернистую структуру, а внутренняя поверхность состоит из сферических частиц. По методу Джеффриса был определен размер сферических частиц: их радиус составил $(2\div 3) \cdot 10^{-6}$ м.

Дифрактометрическим анализом, проведенным на дифрактометре ДРОН–3М, установлено, что внешняя поверхность пленки состоит из угле-

рода в виде графита и оксидов, входящих в состав золы угля (оксиды Si, Al, Ca, Mg, Na). Внутренняя поверхность пленки также состоит из графита и оксидов золы угля, но, в отличие от внешней поверхности, содержание оксидов в ней больше в 2,1–2,3 раза (рис. 2).

Наличие в пленке оксидов указывает на то, что во время пиролиза вместе с летучими веществами выносятся мелкодисперсные частицы угля, содержащие золу. В начальный момент, когда интенсивность газовой выделенной незначительна, мелко-

дисперсные частицы угля выносятся в малых количествах и на поверхности алундового тигля (внешняя поверхность пленки) происходит осаждение в основном только сажаемого углерода. По мере нарастания интенсивности газовой выделенной увеличивается и количество выносимых мелкодисперсных частиц угля, о чем свидетельствует возрастание содержания оксидов на внутренней поверхности пленки.

Сжигание пленки в муфельной печи позволило установить, что она состоит в среднем на 98,80 %

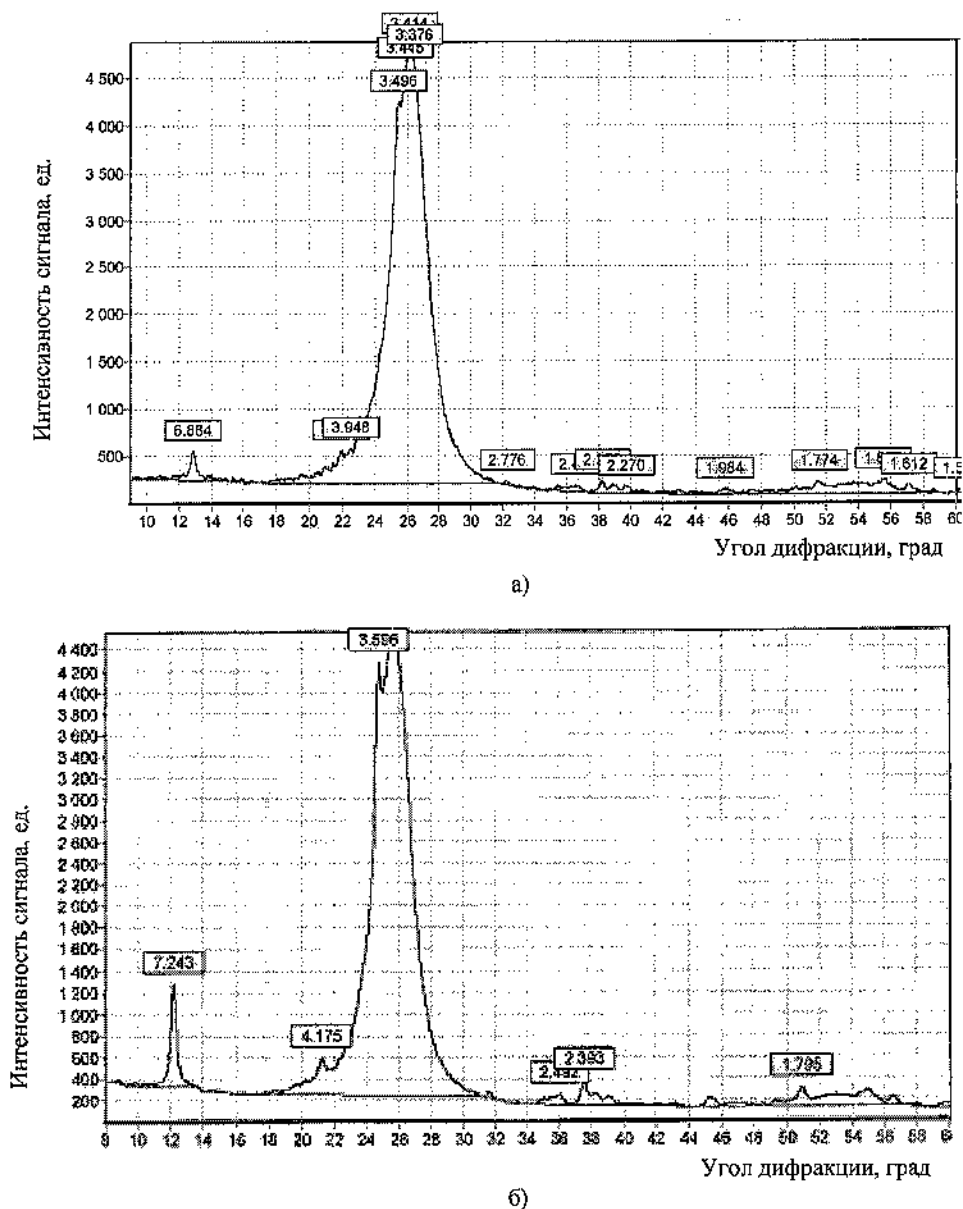


Рис. 2. Дифрактограммы пленки на алундовом тигле (опыты с углями марок Ж и Г): а – внешняя поверхность; б – внутренняя поверхность. Цифры у точек показывают межплоскостное расстояние в решетке, Å

из углерода и на 1,20 % – из оксидов, входящих в состав золы угля. Это соответствует содержанию в ней 23,5 % мелкодисперсных частиц угля и 76,5 % графита, образованного сажистым углеродом.

Аналогичное исследование пленки, образующейся при использовании угля марки СС, показало, что она состоит на 5–7 % из мелкодисперсных частиц угля и на 93–95 % – из графита.

С учетом вышеизложенных фактов предложен механизм бесконтактного переноса углерода от углей с различным содержанием летучих веществ к поверхности осаждения.

При использовании углей с содержанием летучих веществ до 3 % бесконтактный перенос углерода от угля к поверхности осаждения осуществляется за счет сажистого углерода, формирующегося при соединении отдельных атомов углерода, образующихся в результате диссоциации углеводородных соединений (C_xH_y).

При использовании углей с содержанием летучих веществ от 10 до 15 % перенос углерода осуществляется за счет сажистого углерода и мелкодисперсных частиц угля, вырывааемых газами пиролиза (5–7 % от общего количества переносимого углерода).

При использовании углей с содержанием летучих веществ от 30 до 36 % перенос углерода осуществляется за счет сажистого углерода, мелкодисперсных частиц угля (до 23,5 % от общего количества переносимого углерода) и глобулей графита, образующихся при осаждении атомарного и сажистого углерода на мелкодисперсных частицах угля.

Вторая серия экспериментов была направлена на исследование восстановления оксидов марганца за счет установленного бесконтактного переноса углерода от восстановителя к поверхности осаждения.

Ход экспериментов был следующим. В разогретый до температуры 1623–1673 К алундовый тигель, находящийся в печи Таммана (рис. 3), загружали восстановитель.

Затем на молибденовой проволоке опускали кусочек марганцевой руды таким образом, чтобы расстояние между восстановителем и рудой варьировалось от 10 до 15 мм. После выдержки, продолжительность которой составляла 7 мин, извлекали руду из печи и исследовали на микроскопе

МИМ–7. В качестве восстановителя использовали антрацит ($V^{daf} - 3 \%$, $A^a - 4,8 \%$) и уголь марки Ж ($V^{daf} - 30,7 \%$, $A^a - 5,1 \%$) фракционным составом 1,6–5 мм и массой 30 г.

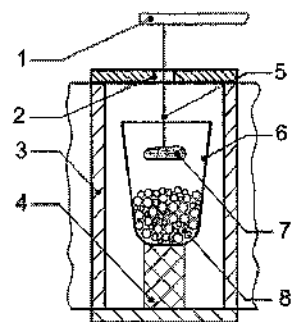


Рис. 3. Схема экспериментальной установки: 1 – штатив; 2 – крышка; 3 – графитовый нагреватель; 4 – подставка; 5 – молибденовая нить; 6 – тигель; 7 – марганцевая руда; 8 – восстановитель

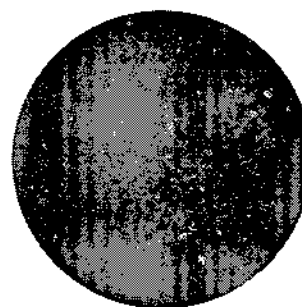
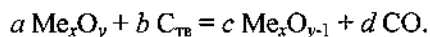


Рис. 4. Микроструктура марганцевой руды ($\times 1000$)

Данные опыты проводились на марганцевых рудах Парнокского месторождения ($Mn_{общ} - 43,9 \%$, $Fe_{общ} - 2,4 \%$).

Как при использовании антрацита, так и при использовании угля марки Ж на поверхности и внутри марганцевой руды наблюдались выделения металлических частиц (рис. 4, светлые точки). В условиях экспериментов оксиды марганца могут восстанавливаться до марганца только углеродом. Поэтому можно сделать вывод, что восстановление осуществлялось углеродом, доставленным к

кусочку руды в виде сажистого углерода, мелкодисперсных частиц угля и глобулей графита:



Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что при использовании углей с содержанием летучих веществ до 3 % пространственно-разделенное карботермическое восстановление марганца из руды осуществляется только за счет сажистого углерода. При использовании углей с содержанием летучих веществ 10–15 % восстановление осуществляется сажистым углеродом и мелкодисперсными частицами угля. При

использовании углей с содержанием летучих веществ 30–36 % восстановление осуществляется сажистым углеродом, мелкодисперсными частицами угля и глобулями графита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование восстановления хромита железа углеродом / А.В. Сенин, В.П. Чернобровин, Г.Г. Михайлов, И.Ю. Пашкеев, О.В. Кузнецова // *Сталь*. – 2004. – № 11. – С. 41–45.
2. *Роцин В.Е., Роцин А.В.* Диффузия анионов и катионов в кристаллических решетках оксидов при восстановлении и окислении металлов // *Металлы*. – 2003. – № 1. – С. 3–9.

УДК 621.771.023

Д.С. Киркин, Ю.А. Калягин
Кафедра промышленной теплоэнергетики

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ УЧАСТКА УСКОРЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ СОРТОВОГО ПРОКАТА НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Одним из недостатков технологии термоупрочнения сортового проката является ее эмпирический характер, когда положительного результата достигают методом проб и ошибок. Такое положение можно преодолеть созданием имитационных моделей [1], позволяющих прогнозировать размеры зон структурно-фазовых превращений, зеренный состав и прочностные свойства проката в зависимости от технологических режимов упрочнения. Ниже изложены результаты расчета и исследования процесса термического упрочнения горячекатаной арматурной стали при ускоренном охлаждении металла, который включает в себя определение величины коэффициента конвективной теплоотдачи α на поверхности арматуры.

Параметрами, определяющими коэффициент теплоотдачи охлаждающей секции участка термоупрочнения, являются технологические особенности прокатки арматурного профиля, конструкция секции и охлаждающих форсунок.

Технологические параметры прокатки для арматуры А500С № 40 (арматура диаметром 40 мм) при стандартном процессе прокатки имеют сле-

дующие значения: скорость прокатки $\omega_{\text{арм}} = 9,83$ м/с; расход воды на один охладитель 170–300 м³/ч. Общий расход воды составляет не более 1650 м³/ч, т. е. максимальный расход на один охладитель – 237 м³/ч при работе всех семи секций участка термоупрочнения. Давление воды на первые три охладителя равно 16 атм (1,6 МПа), на последующие четыре охладителя 8 атм (0,8 МПа).

Определение мощности охладителей позволит в ранее разработанной математической модели процесса термической закалки проката [2] использовать не эмпирические, а расчетные коэффициенты конвективной теплоотдачи.

При течении жидкости в канале для любого сечения канала справедливо уравнение

$$G = \Sigma \cdot \omega, \quad (1)$$

где G – расход воды на охладитель, м³/с; Σ – площадь сечения канала, м²; ω – скорость течения жидкости в охладителе, м/с.

Из уравнения (1) следует, что скорость течения

жидкости в нашем случае для канала кольцевого поперечного сечения можно рассчитать по уравнению

$$\omega = \frac{G}{\Sigma_{\text{экв}}} = \frac{G}{\Sigma_2 - \Sigma_1} = \frac{G}{\frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2)}, \quad (2)$$

где $\Sigma_{\text{экв}}$ – эквивалентная площадь сечения кольцевого канала, м^2 ; d_1 – внутренний диаметр кольцевого канала, т.е. диаметр арматурного проката, м; d_2 – внешний диаметр кольцевого канала, т.е. внутренний диаметр охладителя, м.

Относительная скорость течения воды вычисляется следующим образом: $\omega_{\text{отн}} = \omega - \omega_{\text{арм}}$.

Течение жидкости может быть ламинарным и турбулентным. О режиме течения в трубах судят по значению числа Рейнольдса [3], который применительно к нашей задаче имеет вид

$$\text{Re}_{\text{ждэкв}} = \frac{\omega_{\text{отн}} \cdot d_{\text{экв}}}{\nu}, \quad (3)$$

где $d_{\text{экв}}$ – эквивалентный или гидравлический диаметр кольцевого канала, м, $d_{\text{экв}} = d_2 - d_1$; ν – кинематический коэффициент вязкости, $\text{м}^2/\text{с}$.

Если $\text{Re} < \text{Re}_{\text{кр}} \approx 2000$, то течение является ламинарным.

Значение $\text{Re}_{\text{кр1}} = 2000$ является нижним критическим значением числа Рейнольдса. При $\text{Re} > 2000$ поток после единичного возмущения уже не возвращается к ламинарному режиму течения.

Развитое турбулентное течение в технических трубах устанавливается при $\text{Re} > \text{Re}_{\text{кр2}} \approx 10^4$.

Расчеты показали, что число $\text{Re} > \text{Re}_{\text{кр2}} \approx 10^4$ (см. таблицу). Следовательно, течение охлаждающей жидкости в секциях участка термоупрочнения стана 350 имеет ярко выраженный турбулентный характер.

Средние коэффициенты теплоотдачи на внутренней стенке (на поверхности арматуры) при турбулентном течении в каналах кольцевого поперечного сечения можно рассчитать по уравнению

$$\overline{\text{Nu}}_{\text{ждэкв}} = 0,017 \text{Re}_{\text{ждэкв}}^{0,8} \cdot \text{Pr}_{\text{ж}}^{0,4} \times (\text{Pr}_{\text{ж}} / \text{Pr}_{\text{с}})^{0,25} \cdot (d_2 / d_1)^{0,18}, \quad (4)$$

где $\text{Pr}_{\text{ж}}$ – число Прандтля, выбираемое по температуре охлаждающей жидкости; $\text{Pr}_{\text{с}}$ – число Прандтля, выбираемое по температуре стенки арматурного профиля.

Особенности теплообмена в кольцевых каналах учитываются множителем $(d_2/d_1)^{0,18}$. Формула (4) справедлива при $d_2/d_1 = 1,2 \div 1,4$; $l/d_{\text{экв}} = 50 \div 460$ и $\text{Pr}_{\text{ж}} = 0,7 \div 100$.

Число Нуссельта, или безразмерный коэффициент теплоотдачи, характеризующий теплообмен на границе стенка – жидкость, состоит из следующих разнородных физических величин:

$$\text{Nu} = \frac{\alpha \cdot d_0}{\lambda}, \quad (5)$$

где α – коэффициент теплоотдачи на поверхности арматуры, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; d_0 – характерный диаметр конвективного теплообмена, м; λ – коэффициент теплопроводности жидкости, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

Таким образом, из выражения (5) для решаемой задачи получаем

$$\alpha = \frac{\lambda \cdot \overline{\text{Nu}}_{\text{ждэкв}}}{d_{\text{экв}}}. \quad (6)$$

Результаты расчетов по формулам (1)–(6) при вышеуказанных исходных данных и технологических параметрах прокатки арматурного профиля № 40 представлены в таблице.

Коэффициент конвективной теплоотдачи α в значительной степени зависит от расхода воды на охлаждающие форсунки охладителя, что наглядно отображается на графике зависимости (см. рисунок) коэффициента теплоотдачи на поверхности проката от расхода воды на охлаждение.

			Расчет	Расчет		Расчет	Расчет
G , $\text{м}^3/\text{ч}$	d_1 , мм	d_2 , мм	$\omega_{\text{отн}}$, $\text{м}/\text{с}$	$\text{Re}_{\text{ждэкв}}$	$\text{Pr}_{\text{ж}}$	$\overline{\text{Nu}}_{\text{ждэкв}}$	α , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
100	40	55	15,002	279 541,7	5,42	1229,137	50 640,44

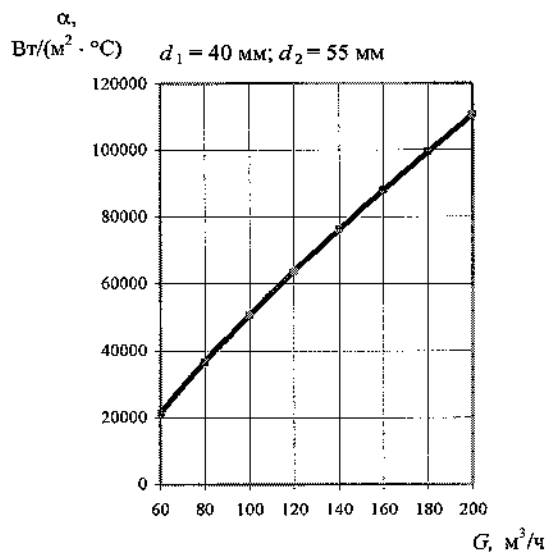


График зависимости коэффициента конвективной теплоотдачи α на поверхности арматуры от расхода воды на охладитель

Подставляя вычисленные в функции расхода воды коэффициенты α для каждой секции в созданную ранее имитационную модель процесса термоупрочнения готового проката на стане 350 для арматуры А500С № 40, мы можем прогнозировать температуру металла на выходе из каждого охладителя, а также после участка ускоренного охлаждения стана.

С другой стороны, для последовательного и равномерного охлаждения проката возможно подобрать такие значения α , чтобы закалка была

равномерной на протяжении всего участка упрочнения, т.е. примерно равное падение температуры на всех охладителях. Следовательно, вышеприведенная зависимость, исходя из требуемых коэффициентов конвективной теплоотдачи α , даст нам необходимые расходы для технологически правильной настройки каждого охладителя, обеспечивающие минимальную разницу температуры по сечению катанки, что позволит избежать дефектов в виде трещин и пустот по сечению профиля и гарантирует производство высококачественной арматурной стали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киркин Д.С., Калягин Ю.А., Лукин С.В. Моделирование режимов термоупрочнения арматурной стали в сортопрокатном цехе ОАО «Северсталь» // Сб. тезисов докладов XV Российской школы по проблемам науки и технологий, 21–23 июня 2005 г., Миасс. – Миасс: МСНТ, 2005. – С.136.
2. Киркин Д.С. Разработка математической модели процесса термического упрочнения горячекатаной арматурной стали / Д.С. Киркин, Ю.А. Калягин // Молодые исследователи – регионам: Материалы Всерос. науч. конф. студ. и аспирантов, Вологда, 21–22 апреля 2005 г. – Вологда: ВГТУ, 2005. – Т. 1. – С. 79–81.
3. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача: Учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.

УДК 621.771

А.Л. Смылова, К.А. Харахнин
Кафедра автоматизации и систем управления

СКОРОСТНЫЕ РЕЖИМЫ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ ПОЛОСЫ В ПЕТЛЕВОМ УСТРОЙСТВЕ НЕПРЕРЫВНОГО АГРЕГАТА

Для обеспечения непрерывной обработки листового металла в непрерывных агрегатах с «бесконечным» принципом работы используются петлевые накопители, в которых создается запас длины

полосы, расходуемый во время сварки концов рулонов. Для контроля за положением сварного шва при его движении через технологическое оборудование агрегата представляет интерес математи-

ческое описание процесса накопления и расхода петли в петлевом устройстве. Рассмотрим этот процесс на примере петлевого устройства головной части непрерывного стана бесконечной холодной прокатки (рис. 1). На рис. 1 приняты следующие обозначения:

по рельсам, где N – сила нормального давления; f_k – коэффициент трения качения; $L_1 - L_8$ – длины соответствующих участков; X – линейное перемещение ролика петлевого устройства.

В процессе сварки шва линейная скорость металла в зоне стыкосварочной машины 3 должна

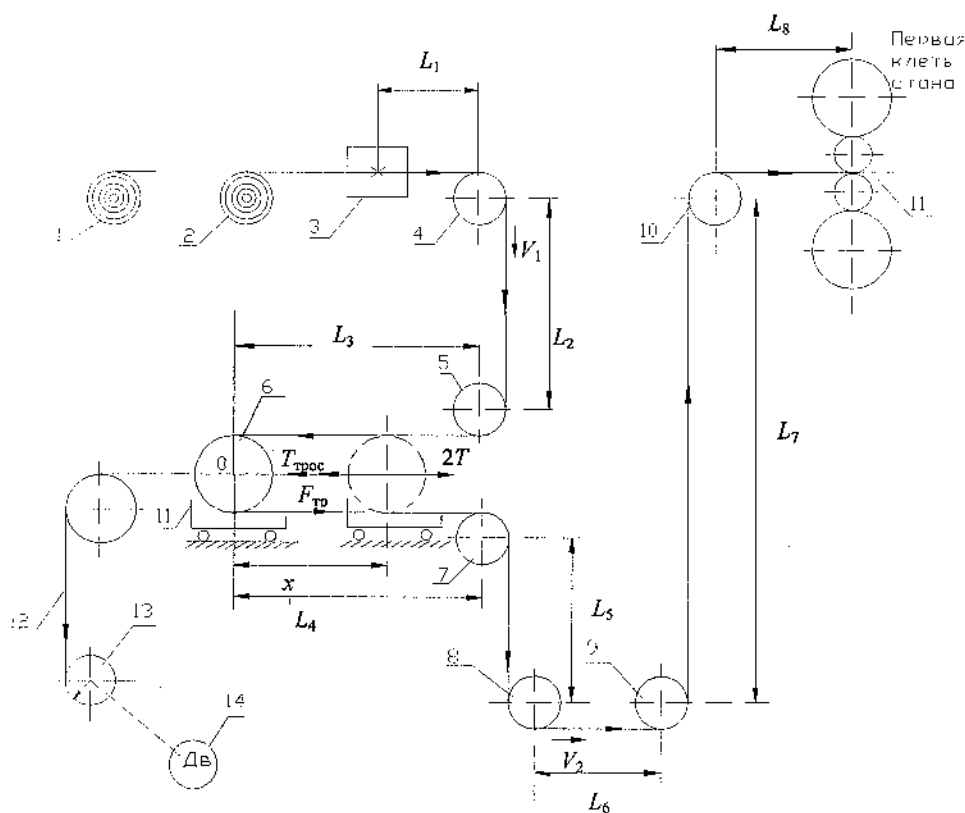


Рис. 1. Упрощенная схема заправки петлевого устройства

1 – рулон металла, подготовленный для обработки; 2 – рулон обрабатываемого металла; 3 – стыкосварочная машина; 4 – входная приводная станция; 5, 7, 9, 10 – направляющие ролики, обеспечивающие нужную геометрию движения металла; 6 – ролик петлевого устройства; 8 – выходная приводная станция; 11 – тележка петлевого устройства; 12 – трос; 13 – барабан для намотки троса; 14 – электродвигатель; T – натяжение в ветви полосы; $T_{\text{трос}}$ – натяжение троса; V_1 – линейная скорость металла на входе петлевого устройства; V_2 – линейная скорость металла на выходе петлевого устройства; $F_{\text{тр}} = N \cdot f_k$ – сила трения качения при движении тележки петлевого устройства

быть равна нулю, и для обеспечения непрерывности процесса обработки металла осуществляется уменьшение запаса петли в петлевом устройстве. При этом тележка 11 петлевого устройства движется вправо за счет сил натяжения T в ветвях петлевого устройства. После окончания сварки происходит накопление длины запаса полосы, при этом тележка 11 движется влево под действием силы натяжения троса $T_{\text{трос}}$, создаваемой лебедкой с приводным электродвигателем, причем скорость V_1 больше скорости V_2 .

Определим скорость движения шва на различных участках головной части стана и координату местоположения шва между стыкосварочной машиной и первой клетью стана.

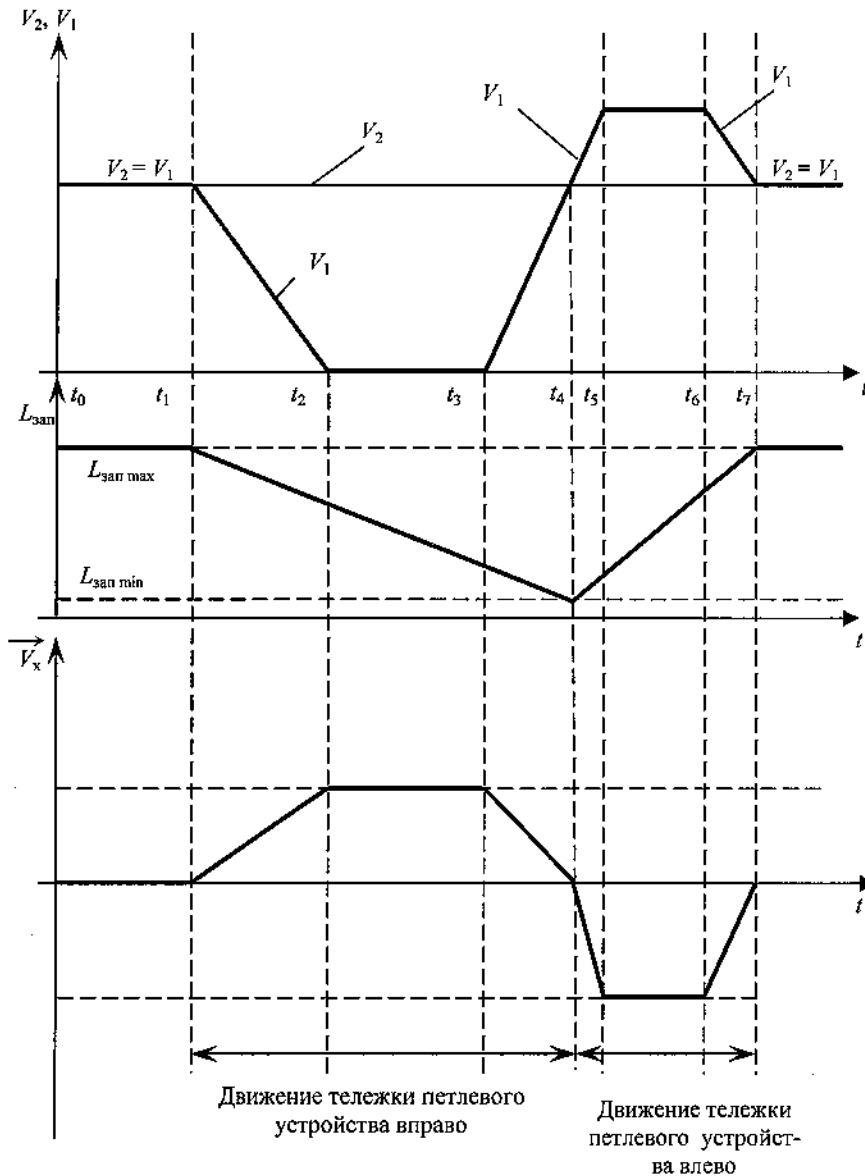


Рис. 2. Скоростные режимы головной части стана при расходе и образовании запаса полосы в петлевом устройстве

временной интервал равнозамедленного движения входной приводной станции от $V_1 = V_2$ до $V_1 = 0$; $t_2 - t_3$ – временной интервал сварки шва, во время которого запас полосы уменьшается, а тележка петлевого устройства движется вправо $V_1 = 0$; $t_3 - t_4$ – временной интервал равноускоренного движения входной приводной станции от $V_1 = 0$ до $V_1 = V_2$; $t_4 - t_5$ – временной интервал равноускоренного движения входной приводной станции до $V_1 > V_2$, начало движения тележки петлевого устройства влево; $t_5 - t_6$ – временной интервал формирования петли, движение тележки влево, $V_1 = \text{const}$; $V_1 > V_2$; $t_6 - t_7$ – временной интервал равнозамедленного движения входной приводной станции до $V_1 = V_2$.

Приводные и направляющие ролики, обеспечивающие нужную геометрическую заправку, связаны между собой упругой движущейся полосой (см. рис. 1), образуют много-массовую систему. Принимаем, что полоса не проскальзывает относительно роликов, т. е. не создается

силы трения для движения полосы.

Процесс образования и расхода запаса полосы носит циклический характер и определяется временными интервалами, представленными на рис. 2, на котором приняты следующие обозначения:

$L_{\text{зап}}$ – запас полосы в петлевом устройстве; \vec{V}_x – вектор скорости движения тележки петлевого устройства; $t_0 - t_1$ – временной интервал, соответствующий рабочему режиму $V_1 = V_2$; $t_1 - t_2$ –

В общем случае текущая длина полосы от стыкосварочной машины до первой клетки может быть определена из выражения

$$L = L_{\text{const}} + L_{\text{пер. max}} - \Delta L, \quad (1)$$

где L_{const} – неизменяемая длина полосы в головной части стана;

$$L_{\text{const}} = L_1 + \frac{\pi R_4}{2} + L_2 + \frac{\pi R_5}{2} + \pi R_6 + \frac{\pi R_7}{2} + L_5 + \frac{\pi R_8}{2} + L_6 + \frac{\pi R_9}{2} + L_7 + \frac{\pi R_{10}}{2} + L_8, \quad (2)$$

где $R_4, R_5, R_7, R_8, R_9, R_{10}$ – радиусы соответствующих роликов;

$L_{\text{пет. max}}$ – максимальный размер петли при нахождении тележки петлевого устройства слева;

$$L_{\text{пет. max}} = L_3 + L_4;$$

$$\Delta L = 2 \cdot x, \quad (3)$$

где ΔL – изменяемая длина петли.

Выразим изменяемую длину через скорости приводных станций:

$$\Delta L = \int (V_2 - V_1) \cdot dt. \quad (4)$$

В то же время изменяемая длина в общем слу-

чае может быть выражена через линейную скорость петлевого устройства:

$$\Delta L = n \cdot x = n \cdot V_x \cdot t, \quad (5)$$

где n – число ветвей петлевого устройства ($n = 2, 4, 6, \dots$); V_x – линейная скорость перемещения петлевого устройства.

Приравнявая (4) и (5), получим

$$(V_2 - V_1) = n \cdot V_x. \quad (6)$$

откуда

$$V_x = \frac{V_2 - V_1}{n}. \quad (7)$$

Выражения (1)–(7) являются основой для проведения расчетов скоростных режимов, текущей длины полосы от стыковарочной машины до первой клетки стана и изменяемой длины петли. В таблице представлены математические выражения,

Временной интервал	ΔL	L	Условия движения
$t_0 \div t_1$	0	$L_1 = L_{\text{const}} + L_{\text{петли. max}}$	$\begin{cases} V_2 = V_1 \\ T_{\text{трое}} = n \cdot T + F_{\text{тр}} \end{cases}$
$t_1 \div t_2$	$a_1 \cdot \frac{(t_2 - t_1)^2}{2} + c_1$	$L_2 = L_{\text{const}} + L_{\text{петли. max}} - \frac{a_1 \cdot (t_2 - t_1)^2}{2}$	$\begin{cases} 0 \leq V_1 < V_2 \\ n \cdot T > T_{\text{трое}} + F_{\text{тр}} \end{cases}$
$t_2 \div t_3$	$V_2 \cdot (t_3 - t_2) + c_2$	$L_3 = L_2 - V_2 \cdot (t_3 - t_2)$	$\begin{cases} V_1 = 0, V_2 = n \cdot V_x \\ n \cdot T > T_{\text{трое}} + F_{\text{тр}} \end{cases}$
$t_3 \div t_4$	$V_2 \cdot (t_4 - t_3) - a_2 \cdot \frac{(t_4 - t_3)^2}{2} + c_3$	$L_4 = L_3 - V_2 \cdot (t_4 - t_3) + \frac{a_2 \cdot (t_4 - t_3)^2}{2}$	$\begin{cases} 0 \leq V_1 < V_2 \\ n \cdot T > T_{\text{трое}} + F_{\text{тр}} \end{cases}$
$t_4 \div t_5$	$-a_2 \cdot \frac{(t_5 - t_4)^2}{2} + c_4$	$L_5 = L_4 + \frac{a_2 \cdot (t_5 - t_4)^2}{2}$	$\begin{cases} V_1 > V_2 \\ T_{\text{трое}} > n \cdot T + F_{\text{тр}} \end{cases}$
$t_5 \div t_6$	$(V_2 - V_1) \cdot (t_6 - t_5) + c_5$	$L_6 = L_5 - (V_2 - V_1) \cdot (t_6 - t_5)$	$\begin{cases} V_1 > V_2, \\ V_1 = \text{const} = V_2 + n \cdot V_x \\ T_{\text{трое}} > n \cdot T + F_{\text{тр}} \end{cases}$
$t_6 \div t_7$	$(V_2 - V_1) \cdot (t_7 - t_6) + a_3 \cdot \frac{(t_7 - t_6)^2}{2} + c_6$	$L_7 = L_6 - (V_2 - V_1) \cdot (t_7 - t_6) - \frac{a_3 \cdot (t_7 - t_6)^2}{2}$	$\begin{cases} V_2 < V_1 < V_2 + n \cdot V_x \\ T_{\text{трое}} > n \cdot T + F_{\text{тр}} \end{cases}$

Примечание. $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6$ – запас полосы в петлевом устройстве в соответствующие моменты времени; a_1 – отрицательное ускорение в промежутке времени $t_1 - t_2$; a_2 – ускорение в промежутке времени $t_3 - t_5$; a_3 – отрицательное ускорение на участке времени $t_6 - t_7$.

позволяющие рассчитать указанные параметры в текущие моменты времени.

При разработке алгоритмов управления линейной скоростью полосы в АСУ ТП стана требуется точное определение координаты местоположения шва. Это исключит попадание шва на рабочей скорости в первую клетку стана и снижение производительности оборудования при раннем уменьшении линейной скорости полосы до скорости пропуска шва.

В общем случае координата местоположения шва относительно первой клетки определяется из выражения

$$S = L'_{\text{тек}} - \int V_2 \cdot dt,$$

где $L'_{\text{тек}}$ – текущий запас полосы на момент окончания сварки.

$$L'_{\text{тек}} = L_{\text{const}} + L_{\text{пет.мак}} - \int_0^{t_3} (V_2 - V_1) \cdot dt.$$

В установившемся режиме

$$S = L'_{\text{тек}} - V_2 \cdot t,$$

где t – время от момента окончания сварки до момента определения координаты шва.

Рассмотрим пример. Пусть $V_1 = 3$ м/с на интервале времени $t_0 - t_1$, $V_2 = 3$ м/с, $t_1 = 10$ с, $t_2 = 20$ с,

$t_3 = 80$ с, $a_1 = 7$ м/с², $L_{\text{const}} = 200$ м, $L_{\text{пет.мак}} = 600$ м.

Рассчитаем координату местоположения сварного шва через 30 с после окончания сварки. В нашем примере $L'_{\text{тек}} = L_3$, так как окончание сварки происходит в момент времени t_3 .

$$L_1 = 200 + 600 = 800 \text{ м};$$

$$L_2 = 200 + 600 - 7 \cdot \frac{(20 - 10)^2}{2} = 450 \text{ м};$$

$L'_{\text{тек}} = L_3 = 450 - 3 \cdot (80 - 20) = 270$ м – текущий запас на момент окончания сварки.

$S = 270 - 3 \cdot 30 = 180$ м – расстояние от шва до первой клетки стана.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Получено математическое описание процесса движения полосы в петлевом устройстве головной части стана бесконечной холодной прокатки, позволяющее определить длину металла в любой момент времени.

2. Координата местоположения сварного шва зависит от скорости на выходе петлевого устройства и от запаса полосы на момент окончания сварки.

3. Математические выражения могут быть использованы при разработке алгоритмов управления линейной скоростью полосы в АСУ ТП стана.

УДК 621.771

М.А. Тимофеева, Э.А. Гарбер, И.А. Кожевникова
Кафедра машин и агрегатов металлургических заводов

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДРЕССИРОВКИ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДРЕССИРОВОЧНЫХ СТАНОВ

Конструктивные размеры рабочих клеток дрессировочных и прокатных станов в большинстве случаев выполняются одинаковыми, в то время как относительные обжатия при дрессировке в 20–30 раз меньше, чем в рабочих клетках станов холодной прокатки, поэтому вопрос о возможности

уменьшения металлоемкости дрессировочных клеток представляет практический интерес.

Не меньший интерес имеет и анализ возможности уменьшения установочной мощности двигателей главного привода, составляющей на действующих дрессировочных станках 2500 кВт и более,

что при обжатиях 0,5–1,5 % представляется существенно завышенным.

Для анализа возможности уменьшения массы рабочих клеток дрессировочных станов и установочной мощности двигателей их главного привода разработана новая методика расчета энергосиловых параметров процесса дрессировки, основные положения которой состоят в следующем [1], [2].

Очаг упругопластической деформации, расчетная схема которого показана на рис. 1, условно разбит на три участка: упругого сжатия полосы длиной $x_{1\text{упр}}$; пластической деформации длиной $x_{\text{пл}}$, не имеющий нейтрального сечения; упругого восстановления части толщины полосы на выходе из очага деформации длиной x_2 .

Модель, представленная на рис. 1, имеет следующие отличия от моделей очага деформации станом холодной прокатки:

1. Скорость полосы в очаге деформации не увеличивается, а остается постоянной, равной окружной скорости валков.
2. Зоны отставания, опережения и нейтральное сечение отсутствуют.
3. Вместо трения скольжения между полосой и валками действует трение покоя, причем касательные напряжения трения покоя τ_x на всей длине очага направлены вперед по ходу движения полосы.

Протяженности участков очага деформации рассчитываются по формулам, аналогичным формулам для стана холодной прокатки [3]. График изменения сопротивления деформации по длине очага деформации принят согласно схеме, показанной на рис. 2.

На упругих участках сопротивление деформации изменяется линейно по закону Гука, на пластическом участке изменение происходит по кривой текучести, с целью упрощения расчетов на этом участке, значение сопротивления деформации усреднено. Для этого эмпирические зависимости предела текучести от степени деформации бы-

ли аппроксимированы полиномами 3-й степени, которые затем были проинтегрированы:

$$\sigma_\phi = \sigma_{0,2\text{исх}} + \frac{A_1}{4} \varepsilon^3 + \frac{A_2}{3} \varepsilon^2 + \frac{A_3}{2} \varepsilon. \quad (1)$$

Коэффициенты A_1, A_2, A_3 , входящие в выражение (1), зависящие от пластических свойств материала полосы, были определены путем статисти-

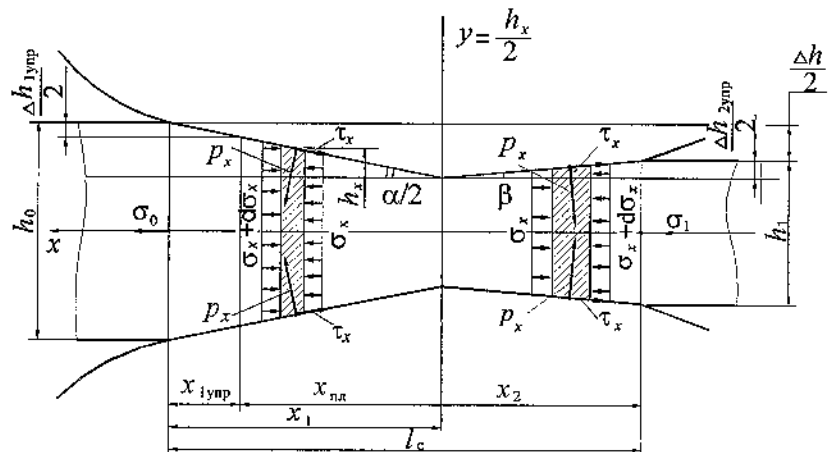


Рис. 1. Расчетная схема очага деформации при дрессировке

ческой обработки графиков $\sigma_{0,2}(\varepsilon)$ [4].

Для расчета контактных напряжений (нор-

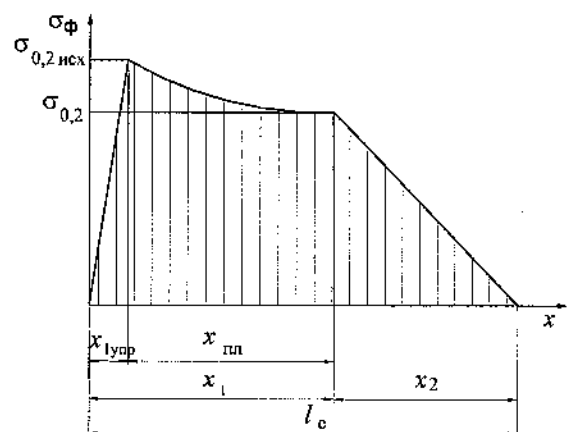


Рис. 2. График изменения сопротивления деформации по длине очага деформации при дрессировке

мальных p_x , касательных τ_x и сжимающих σ_x) использована математическая модель, аналогичная модели для стана холодной прокатки [3].

Интегрированием формул $p_x(h_x)$ получены выражения средних значений нормальных контактных напряжений на каждом участке очага деформации, среднего их значения для всего очага $P_{ср}$ и – после умножения его на площадь контакта – расчетная формула усилия дрессировки [1], [2].

Расчет мощности и удельной работы процесса дрессировки ($a_{др}$ и $N_{др}$) выполнен с использованием классической формулы Финка.

Расчет коэффициента трения покоя в очаге деформации при дрессировке с применением СОЖ выполнили по эмпирическому выражению, учитывающему шероховатость рабочих валков, вязкость СОЖ, скорость дрессировки и относительное обжатие.

Коэффициенты трения покоя, рассчитанные по данной формуле, составили 0,07–0,18, что несколько выше значений коэффициентов трения скольжения при холодной прокатке полос того же сортамента (0,02–0,15), но в 1,5–4 раза меньше, чем при сухом процессе дрессировки.

Достоверность изложенной методики проверяли путем сопоставления расчетных и измеренных усилий и мощности дрессировки на дрессировочном стане № 2 производства холоднокатаного листа ОАО «Северсталь». Для этого создали базу фактических режимных параметров: усилий, толщин, обжатий, скоростей, натяжений, содержащую 150 членов.

Диапазон погрешностей расчета усилий по новой методике составил 0,7–8,3 % (среднее значение – 3,94 %), среднее квадратическое отклонение равно 1,86 %, а погрешности расчета мощности дрессировки находятся в диапазоне 1,4–10,5 % (среднее значение – 5,1 %).

С учетом предварительного поджатия валков максимальное суммарное усилие, действующее на валки дрессировочного стана, составило 4,5 МН (450 тс), что в 3 раза меньше максимальных усилий холодной прокатки на пятиклетевом стане

«1700» полос тех же марок сталей и профилеразмеров. Следовательно, при конструировании дрессировочных станов имеется реальная возможность уменьшить как минимум в 3 раза поперечные сечения элементов узла станины.

Диапазон расчетных значений мощности дрессировки равен 19–57 кВт, т.е. максимальное значение полезной мощности составило менее 3 % от паспортной мощности двигателей главного привода стана. Максимальное значение суммарной фактической мощности двигателей дрессировочного стана «1700» составило 240 кВт, что не превышает 10 % установочной мощности, равной 2500 кВт. При этом на процесс дрессировки расходуется не более 21 % от фактической мощности, а остальная часть, превышающая полезную мощность в 2,5–7 раз, – на сопутствующие затраты энергии, главным образом – на трение качения между рабочими и опорными валками.

Из этого следует, что, даже предусмотрев двукратный запас, на дрессировочных станах можно устанавливать двигатели с суммарной мощностью 500–600 кВт, в 4–5 раз меньшей, чем на большинстве действующих станов.

Нами разработан эскизный проект экономичной рабочей клетки дрессировочного стана «1700», габариты и масса которой сопоставлены с габаритами и массой существующей рабочей клетки «1700» дрессировочного стана № 2 ОАО «Северсталь» конструкции Уралмашзавода, изготовленной в конце 70-х годов и эксплуатирующейся с начала 80-х годов XX века.

По результатам данной работы диаметр рабочих валков уменьшен с 500 до 200 мм, диаметр бочки опорных валков – с 1320 до 1200 мм, главный привод перенесен с рабочих на опорные валки.

Эти конструкторские решения позволили уменьшить в 1,8–6,8 раза усилия дрессировки (максимальное значение 0,65 МН (65 т)). С учетом усилия юстировки максимальное суммарное усилие, действующее на валки альтернативного дрессировочного стана, составило 2,5 МН, обеспечив тем самым возможность стабильной дрессировки

полос минимальной толщины (до 0,2–0,3 мм). Уменьшение на 10 % диаметра бочки опорных валков при столь значительном уменьшении усилий не уменьшило жесткость клетки, но сократило ее габариты и металлоемкость. Перенос главного привода на опорные валки связан с уменьшением диаметра рабочих валков: это мероприятие решает задачу компоновки главной линии новой рабочей клетки, у которой расстояние между осями рабочих валков уменьшено в 2,5 раза, разгружает рабочие валки от касательных напряжений, создаваемых крутящими моментами, и упрощает конструкцию механизма встречной осевой сдвижки рабочих валков.

Чтобы проверить станину альтернативной рабочей клетки на прочность и жесткость, ее выполнили в трехмерных координатах и нагрузили силами (рис. 3); сгенерировали на нее сетку из тетраэдров (рис. 4) и методом конечных элементов рассчитали напряжения и деформации в каждом тетраэдре; получили визуализацию областей напряжений (рис. 5, а) и деформаций (рис. 5, б) в станине альтернативной рабочей клетки и цветовую шкалу уровней напряжений и деформаций в соответствии с расчетными значениями (рис. 5, в).

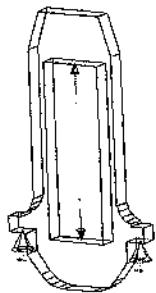


Рис. 3. Станина альтернативной рабочей клетки с приложенными силовыми факторами

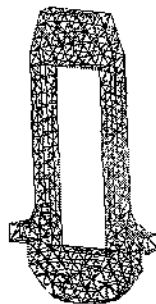
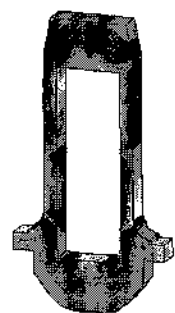


Рис. 4. Геометрическая модель станины альтернативной рабочей клетки с сгенерированной на нее сеточной моделью



а)



б)

в)	Напряжение, МПа	Деформация, мм
max:	24,99508	0,21144
	23,96203	0,19988
	22,92897	0,18832
	21,89592	0,17676
	20,66287	0,1652
	19,82981	0,15364
	18,79676	0,14208
	17,76370	0,13052
	16,73065	0,11896
	15,69759	0,10740
	14,66454	0,09248
	13,63149	0,08092
	12,59843	0,06936
	11,56538	0,05786
	10,53232	0,0496
	9,49927	0,03804
	8,46622	0,0248
	7,43316	0,01092
	6,40011	0,00936
	5,367015	0,00858
	4,33400	0,00742
	3,30094	0,00634
	2,26789	0,00523
	1,23484	0,00411
min:	0,20178	0,00000

Рис. 5. Визуализация областей напряжений (а) и деформаций (б) в станине альтернативной рабочей клетки с помощью Autodesk Mechanical Desktop

Как видно из рис. 5, в, максимальное расчетное напряжение составляет 25 МПа, мак-

симальная суммарная деформация – 0,2 мм. Согласно рекомендациям А.И. Целикова, коэффициент запаса статической прочности станины принимают $n \geq 10$, а допускаемые напряжения в станинах $[\sigma]_{ст} = 50 \div 60$ МПа. Суммарная статическая деформация узла станин по вертикали под воздействием максимального рабочего усилия не должна превышать 0,3–0,5 мм.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что использование на дрессировочных станах рабочих клеток с диаметром рабочих валков 200 мм вместо 500 мм и диаметром опорных валков 1200 мм вместо 1320 мм обеспечит без снижения прочности и жесткости уменьшение капитальных затрат в среднем на 41 %, о чем свидетельствует сопоставление массы оборудования существующей и альтернативной клеток, приведенное в таблице. Конструкции существующей и альтернативной клеток показаны на рис. 6.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В АГРЕГАТЕ КОВШ – ПЕЧЬ

Продуктом плавки в дуговой сталеплавильной печи (ДСП), как и в конвертере, является высокоокисленный расплав железа. Для доведения такого продукта до стали требуемого состава проводят внепечную обработку в ковше [1]. Внепечная обработка осуществляется на установках доводки металла (УДМ), вакуумирования стали (УВС), на установках печь – ковш (УПК). Одним из универсальных агрегатов доводки стали является УПК, которая позволяет осуществлять следующие операции [2], [3]:

- снижать содержание серы в стали до необходимого уровня;
- производить сталь с содержанием легирующих элементов в заданных узких пределах;
- осуществлять подачу металла на разливку в заданном интервале температур;
- обрабатывать сталь активными элементами (кальций, титан, бор и др.) с максимальным и стабильным усвоением;
- усреднять металл в ковше по температуре и химическому составу;
- изменять за счет микролегирования морфологию и количество неметаллических включений;
- в случае работы с МНЛЗ агрегат КП является буферной емкостью, позволяющей подать металл в строго необходимое время при серийной разливке стали;
- в случае выпуска металла с превышением химического состава по вредным примесям за счет разбавления чистым металлом другой плавки исключить брак металла по химическому составу;
- при аварийной остановке МНЛЗ исключить потери металла путем его подогрева до пуска МНЛЗ в работу.

УПК может устанавливаться в любом сталеплавильном цехе. Основное технологическое обо-

рудование УПК включает в себя [3], [4]:

- устройство для автоматического замера температуры и отбора проб металла;
- водоохлаждаемую крышку;
- печной трансформатор или выпрямители;
- короткую цепь;
- электродержатели с электродами;
- стенд для постановки ковша или сталевоз;
- систему газоудаления и газоочистки;
- пульт управления;
- комплекс для подачи порошковой проволоки с различными наполнителями (трайбаппараты, направляющая проводка, разматыватели);
- систему охлаждения оборудования;
- бункерную эстакаду с системой транспортеров, взвешивающим устройством и течкой;
- продувочные устройства.

Многочисленные зарубежные фирмы выпускают УПК, состоящие из трех стенов: установочного, дугового подогрева и вакуумирования [5]. Стенд вакуумирования может быть оборудован устройством для продувки металла кислородом в вакууме. В УПК жидкий металл перемешивается электромагнитным методом или (и) путем донной продувки аргоном.

Отечественные предприятия, как правило, предлагают УПК в 2-стендовом исполнении, без стенов вакуумирования. Это не позволяет провести глубокую дегазацию и десульфурацию стали, а также вакуумно-углеродное раскисление, существенно влияющее на глубину раскисления и характер образующихся в металле неметаллических включений. Отсутствие стенов вакуумирования значительно снижает возможности улучшения качества обрабатываемой стали и в ряде случаев экономическую целесообразность использования такого агрегата в основном из-за того, что невоз-

можно провести вакуумное обезуглероживание высокохромистых сталей. В отечественных конструкциях не предусмотрено также оборудование для электромагнитного перемешивания металла и скачивания шлака.

Технология работы УПК описана в [1]. В ковше наводится рафинировочный шлак и в него сверху опускают электроды системы электродугового подогрева таким образом, чтобы обеспечить достаточную эффективную теплопередачу и одновременно защитить огнеупоры ковша от дуги. При этом остаточные оксиды железа в шлаке восстанавливаются графитовыми электродами. В результате получают «ультрачистую» сталь с низким содержанием серы.

Существует вариант УПК [1], предусматривающий возможность перемешивания металла аргоном под слоем синтетического шлака, вдувание порошкообразных реагентов и подогрев расплава одновременно.

Следует отметить, что электрический нагрев в ДСП и УПК принципиально отличается [6]. ДСП работает на длинной дуге. Последнее связано с тем, что основным периодом ее работы является плавление загруженного в печь металлолома, а передача энергии излучением максимальна по отношению к другим видам теплопередачи, так как она пропорциональна температуре в 4-й степени. УПК работает на короткой дуге, чтобы минимизировать потери тепла в окружающее пространство и увеличить мощность, передаваемую металлу.

Мощность трансформатора при работе на переменном токе (практически все УПК в СНГ работают на переменном токе) должна быть оптимальна для данных объема металла и геометрических размеров ковша. При недостаточной мощности трансформатора удлиняется цикл обработки. Использование трансформатора с повышенной мощностью приводит к увеличению капитальных затрат, перерасходу энергии и снижению стойкости футеровки ковша.

В зависимости от характера решаемых задач УПК работает по двум технологическим режимам [7]:

– доводка стали по химическому составу и температуре для дальнейшей разливки на МНЛЗ;

– десульфурация стали специально подготовленным глубоко раскисленным белым шлаком.

На стадиях создания новых технологий и реализующих их агрегатов, а также при совершенствовании существующих процессов наблюдается тенденция использования математических моделей. Необходимость в математических моделях возникает, когда объект (явление) недоступен для изучения ввиду его опасности, отдален во времени и в пространстве от исследователя, а также когда экспериментальные исследования сопряжены с большими материальными затратами и непредвиденными последствиями. Metallургические процессы как раз и относятся к таким объектам [8].

Модели можно разделить на два основных типа [9]. Одни базируются на статистических данных, характеризующих работу конкретного агрегата, цеха или технологической цепочки, и в силу этого имеют крайне низкую предсказательную способность и ограниченную область применения.

В основе других моделей лежат физико-химические закономерности metallургических процессов, установленные в результате фундаментальных исследований, интенсивность которых особенно возросла в последние годы благодаря распространению компьютерных технологий. Такие модели имеют универсальный характер, высокую предсказательную способность и дают возможность управлять процессами с учетом каждой конкретной плавки.

Подобная модель изложена в работе [10]. При составлении теплового баланса для объема металла учитывали его внутреннюю энтальпию; тепло, передаваемое внутренним поверхностям футеровки ковша конвекцией и излучением с зеркала ванны металла; тепло, отводимое с газами при вакуумировании и продувке; тепло, подводимое от дуг. Температуру жидкого металла считали одинаковой по объему, что не соответствовало действительности. Теплопроводность и удельная теплоемкость слоя футеровки ковша в диапазоне рабочих температур постоянны. Также введено допущение, что теплопередача вдоль слоя отсутствует, т.е. температура слоя стенки по высоте или слоя днища (крышки) по радиусу постоянна.

Модель [10] использована для определения па-

раметров теплового режима, характера изменения температуры в элементах установки, выбора рационального закона управления вводимой мощностью электрических нагревателей. Моделирование теплового режима установки выполняли для отдельных стадий технологического процесса, а именно:

– использовали ковш со снятой крышкой без жидкого металла с подогретой внутренней поверхностью до 600–800 °С (на основании расчета определяли начальные значения температур слоев футеровки ковша перед заливкой);

– заполняли ковш жидким металлом без перемешивания (теплообмен при заполнении ковша не рассматривали);

– заполняли ковш жидким металлом при наличии перемешивания, вакуумирования и подогрева.

Математические модели [10] предложены для УПК вместимостью 60, 100, 1, 75 и 150 т. Данный факт свидетельствует о том, что модели не являются универсальными, поскольку адаптированы для конкретных значений емкости ковша.

Многочисленными исследованиями установлено, что в процессе доводки металла на УПК происходит локальный повышенный износ огнеупорной футеровки, в том числе и в зоне шлакового пояса [11]. Одной из причин износа шлакового пояса является перегрев шлака и металла в ходе обработки, что существенно изменяет термонапряженное состояние футеровки сталеразливочного ковша в целом. Следовательно, для эксплуатации сталеразливочного ковша агрегата КП представляется важным знать, каким образом распределяются температурные поля в футеровке ковша, ванне жидкой стали и шлака в различные периоды обработки.

В [12] приводятся описание модели и блок-схема алгоритма расчета параметров теплоэнергетического режима при внепечной обработке металла в УПК. Предложенная модель позволяет вести непрерывный контроль температуры расплава, нагрева над линией ликвидус, скорости нагрева металла, теплоусвоения и энергетического КПД.

Следует отметить, что при моделировании тепловых явлений в описанных моделях не учитывается теплоперенос в жидком металле. Это вносит погрешности в результаты прогноза температуры металла. Для совершенствования технологии нагрева необходимо создать модель, которая позволит устранить недостатки изложенных моделей и точнее прогнозировать процесс нагрева.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрин В.А. Внепечная обработка чугуна и стали. – М.: Metallurgy. – 1992. – 336 с.
2. Кац Я.Л., Синельников В.А., Бродов А.А. // Агрегаты ковш – печь и их роль в повышении эффективности производства электростали // Электromеталлургия. – 2005. – № 7. – С. 17–21.
3. Дюдкин Д.А. и др. Производство стали на агрегате ковш – печь. – Донецк: Юго-Восток, 2003. – 306 с.
4. Белобров Ю.Н., Тиунов В.Н., Грин Ю.В. // Новые направления в конструкции установок внепечной обработки стали ковш – печь // Metallurg. – 2004. – Спецвып. – С. 10–11.
5. Иодковский С.А. и др. Агрегат типа ковш – печь для ОАО «Электросталь» // Сталь. – 1998. – С. 33–34.
6. Дюдкин Д.А., Гринберг С.Е. Технология обработки стали и конструкции агрегатов ковш – печь // Бюллетень. Черная металлургия. – 2005. – № 4. – С. 33–36.
7. Тахаутдинов Р.С. и др. Особенности десульфурации стали на установке ковш – печь // Бюллетень. Черная металлургия. – 2003. – № 12. – С. 35–37.
8. Кабаков З.К. Математическое моделирование металлургических процессов // ИНФОТЕХ-2004: Материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. – Череповец: ЧГУ, 2004. – С. 7–11.
9. Шахназов Е.Х. и др. Новые металлургические процессы и проблема неметаллических включений в стали // Сталь. – 2005. – № 11. – С. 137–142.
10. Рябов В.В. и др. МИСиС. Науч. тр. № 104. – М.: Metallurgy, 1978. – С. 49–61.
11. Ошовская Е.В., Салмаш И.Н. Моделирование температурных полей в сталеразливочном ковше агрегата ковш – печь // Metallургическая и горнорудная промышленность. – 2004. – № 8. – С. 120–123.
12. Харламов Д.А., Меркер Э.Э., Кочетов А.И. Исследования с помощью математической модели теплового состояния агрегата ковш – печь при внепечной обработке металла // Электromеталлургия. – 2002. – № 5.

Ю.В. Грибкова

Кафедра математики

З.К. Кабаков

Кафедра металлургических технологий

К.Е. Голубенков

ОАО «Северсталь»

С.А. Антонов

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОХЛАЖДЕНИЯ СТОПЫ СЛЯБОВ НА ВОЗДУХЕ

После выхода слябов из роликовой проводки на машине газовой резки производится их порезка на мерные длины. Затем слябы передаются в транспортный пролет и подаются пачками по 3 штуки с ручья на рольганг-тележку. Время движения одной пачки слябов от рольганг-тележки до передаточного поста составляет в среднем 10 мин. Все слябы одной плавки складываются в штабеля рядом с передаточным постом. Время от конца разливки до формирования стопы в штабеля составляет в среднем около двух часов. Складирование слябов производится строго поплавно в штабеля высотой не более 4 м. Размеры слябов варьируются в пределах: 215 ÷ 300 мм – по толщине; 1080 ÷ 1850 мм – по ширине; 4500 ÷ 10 500 мм – по длине.

Передача слябов в прокатные цеха осуществляется по нескольким маршрутам:

- 1) горячий всад;
- 2) транзит;
- 3) ускоренная приемка;
- 4) приемка на стеллажах.

Плавка, назначенная на передачу в прокат *горячим всадом* и выплавленная без нарушений технологии выплавки, внепечной обработки и разливки, с помощью передаточной тележки перемещается на горячий участок склада, где грузится на железнодорожные платформы. Время от конца разливки до посадки в нагревательные печи составляет не более 10 часов. Складирование слябов этих плавков производится между горячими слябами.

Если плавки, указанные выше, и отдельные слябы этих марок сталей остаются на складе свыше 10 часов, то их передача осуществляется *транзитом*.

Ускоренному охлаждению подвергаются слябы плавков низкоуглеродистых марок сталей с массовой долей углерода не более 0,12 %. Допускается производить ускоренное охлаждение всех слябов плавки:

– с нарушениями технологии выплавки или разливки, по которым плавка снимается с транзита или горячего всада;

– которые подлежат обязательному осмотру, согласно технологическим указаниям и инструкциям.

Плавки, назначенные на ускоренную приемку по упрощенной схеме, подлежащие обязательному осмотру, не должны иметь нарушений технологии выплавки.

Приемке на стеллажах подлежат слябы, не соответствующие требованиям *горячего всада* и *транзита*, а также требованиям соответствующих технологических инструкций.

Стеллажи очищаются от обрести, шлака и окислы. Затем слябы раскладываются на стеллажах поплавно с промежутком между слябами не менее 300 мм. Высота стеллажа должна быть достаточной для осмотра узких граней. Приемка слябов производится при температуре не выше 60 °С (оценка визуально). Если осмотр узких граней на стеллаже затруднен, слябы собираются в небольшие штабеля по 3–4 сляба, осматриваются и при необходимости дорабатываются (производится осветление и зачистка дефектов по узким граням с последующим предъявлением их контролеру).

На каждом из перечисленных маршрутов возникает необходимость в определении динамики охлаждения слябов. Для решения этой задачи разработана математическая модель, представленная в данной работе.

Допустим, что на любом маршруте охлаждаемая стопа из любого количества слябов (в частности, один сляб) может быть представлена в виде тела размерами $H \times 2A \times l$ (рис. 1). В отдельных случаях размер H может совпадать с толщиной сляба.

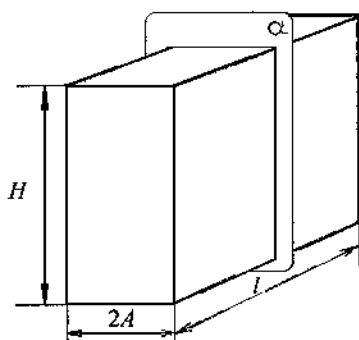


Рис. 1. Схема выделения расчетной области из рассматриваемого тела: A – половина ширины стопы слябов, м, H – высота стопы слябов, м

При построении модели предполагаем, что:

- 1) стопа из любого количества слябов рассматривается сплошным телом;
- 2) температура тела в начальный момент времени постоянна;
- 3) условия охлаждения по всем поверхностям различны, а по вертикальным противоположным поверхностям – симметричны;
- 4) $l > 3 \cdot \max\{H, 2A\}$.

Выберем расчетную область в сечении α (рис. 2). Обозначим в выбранной расчетной области границы (рис. 3).

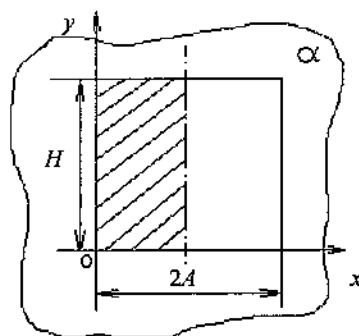


Рис. 2. Выбор расчетной области

С учетом принятых допущений математичес-

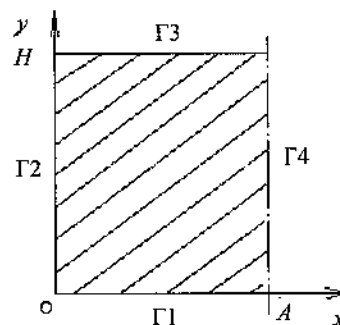


Рис. 3. Расчетная область

кое описание тепловых процессов в расчетной области включает в себя двумерное уравнение теплопроводности в виде

$$c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right), \quad (1)$$

заданное в области $0 \leq x \leq A$, $0 \leq y \leq H$, $0 \leq t \leq t_k$, начальное условие:

$$T|_{t=0} = T_0 = \text{const} \quad (2)$$

и условия на границах расчетной области (рис. 3):

Γ_1 :

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial \omega} = \alpha_i (T_{\text{пов}i} - T_{\text{сп}}); \quad (3)$$

Γ_4 :

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = 0. \quad (4)$$

Следует заметить, что выбор коэффициента теплоотдачи α_i зависит от выбора маршрута и условий охлаждения i -й поверхности. С помощью α_i можно имитировать:

- контактный теплообмен при укладке слябов на сплошную поверхность пола цеха;
- охлаждение на воздухе при свободной конвекции и излучении;

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_n, \quad \alpha_k = K \sqrt[4]{T_{\text{пов}} - T_{\text{ср}}},$$

$$\alpha_n = \sigma_0 \varepsilon (T_{\text{пов}}^2 + T_{\text{ср}}^2) (T_{\text{пов}} + T_{\text{ср}}); \quad (5)$$

– ускоренное охлаждение слябов в металлической сварной емкости (ванне), конструкция которой предусматривает постоянный проток воды (циркуляцию).

Здесь $i = 1, 2, 3$ – номер границы; $\omega = x, y$ – общая переменная; $\lambda = \lambda(T)$ – теплопроводность стали; $\rho = \rho(T)$ – плотность стали; $c = c(T)$ – теплоемкость стали; ε – степень черноты поверхности сляба; σ_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела; α_k – коэффициент конвективной теплоотдачи на Γ_i ; α_n – коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием на Γ_i ; α – суммарный коэффициент теплоотдачи на Γ_i ; $T_{\text{пов}}$ – температура по-

верхности сляба, °С (в формуле для α_n – температура $T_{\text{пов}}$, измеряемая в градусах Кельвина); $T_{\text{ср}}$ – температура окружающей среды, °С.

Система уравнений (1)–(5) решена методом конечных разностей. В результате тестирования дискретной модели установлено, что оптимальное количество узлов по размеру A расчетной области, при котором максимальная относительная погрешность будет меньше 1%, равно 9. При этом соблюдали условие равенства дискретных шагов по x и по y ($\Delta x = \Delta y$).

Таким образом, в данной статье было разработано универсальное математическое описание процесса охлаждения слябов на различных маршрутах следования, которое позволяет изучать динамику охлаждения слябов, разрабатывать и совершенствовать технологию охлаждения на различных маршрутах следования слябов от МНЛЗ до нагревательной печи.

Раздел 6

ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.981.635

Н.В. Кочнев
Кафедра электропривода и электротехники
О.Л. Сорокина
Кафедра промышленной теплоэнергетики

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗИСТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ

Программа использования преобразований квадратичных форм может быть реализована с использованием современных информационных технологий для преодоления математических трудностей операций с собственными формами и собственными числами в инженерных расчетах [1]. Применение этой категории алгоритмов теоретической физики позволяет решить многие проблемы анализа потенциальных полей на основе собственных функций оператора Лапласа. Предлагаемый метод расчета распределения температуры как функции потенциала поля в n точках принадлежит к классу ДПФ – БПФ методов, число вычислительных операций которых пропорционально $n^* \log_2(n)$. Особенность данного метода заключается в способе построения резистивных моделей

операторов Лапласа ортогональными преобразованиями несвязного набора тепловых цепей. Это позволяет получить множество схемных реализаций модели и дает возможность для выбора оптимальной модели объекта как по критериям вычислительной эффективности, так и по адекватности модели реальному техническому устройству.

Пусть теплотехнический объект представлен произвольным комплексом из n не связанных друг с другом контуров, состоящих из теплового сопротивления (резистора) проводимостью g_k ($k = 1 \dots n$) и источника теплового потока (тепла) J_k (рис. 1). Набор проводимостей g_k при этом сводится в диагональную матрицу $[G] = \text{diag} [g_k]$, а потоки источников тепла J_k – в вектор J . Система уравнений для вектора потенциалов (температур)

несвязной цепи T_0 преобразуется в эквивалентную по мощности связную форму при использовании ортогональной матрицы $A^{-1} = A^T$:

$$[A]*[G_0]*[A^T]*[A]*T_0 = [A]*J_0 ;$$

$$[G]*T_0 = J . \quad (1)$$

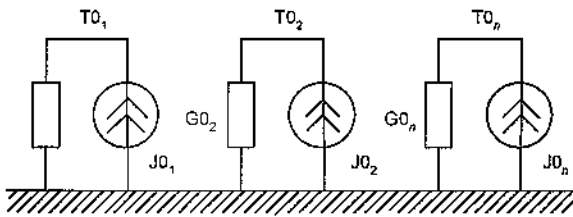


Рис. 1. Несвязная исходная теплотехническая цепь

Матрица $[G] = [A]*[G_0]*[A^T]$ новой цепи будет описывать связную цепь в случае, если матрица $[A]$ не тождественна единичной, а матрица $[G]$ будет не диагональной. Собственными числами матрицы $[G]$ новой цепи будут тепловые проводимости g_k , а ее собственными векторами – столбцы $V^{(k)}$ матрицы $[A]$.

Свойство ортогональных преобразований сохранять неизменными собственные числа и задавать в явном виде векторы новых цепей дает возможность построения описаний множества цепей с заданными характеристиками. Поэтому при использовании в качестве столбцов матрицы $[A]$ собственных векторов оператора Лапласа при разных наборах проводимостей для матрицы $[G_0]$ можно получить различные цепи, в узлах которых распределение температур идентично распределению температур в исследуемом поле. Собственные векторы оператора Лапласа представляют собой синусоидальные функции, соответствующие крайним условиям поставленной задачи. При решении одномерной задачи Пуассона уравнения для связной цепной модели одномерного температурного поля можно получить путем преобразований набора независимых уравнений для n контуров с помощью ортогональной матрицы $[A]$ с единично нормированными столб-

цами-векторами $V^{(k)}$, компоненты которых должны соответствовать нормированному описанию дискретных выборок синусоиды как собственной функции оператора Лапласа.

Исходный для формирования модели комплект проводимостей $[G_0]$ определяет схемную реализацию в соответствии с вычисляемой матрицей $[G]$, структура которой соответствует спектральным представлениям $V^{(k)}$:

$$[G] = V^{(1)}*(V^{(1)})^T * G_0_1 + V^{(2)}*(V^{(2)})^T * G_0_2 + \dots + V^{(n)}*(V^{(n)})^T * G_0_n \quad (2)$$

где матрицы $[P] = V^{(k)}*(V^{(k)})^T$ есть ортогональные проекторы $[G]$.

Выбор комплектов $G_0_k = \lambda_k$ определяется параметрами реального процесса теплопередачи по тепловым проводимостям ga и gb схемной модели (рис. 2):

$$G_0_k = (2*ga + gb) - 2*ga*cos[\pi*k/(n+1)]. \quad (3)$$

Расчет вектора температур T состоит в проецировании вектора J на направление вектора $V^{(k)}$ и в выполнении умножения $J^{(k)}*G_0_k = T^{(k)}$ для на-

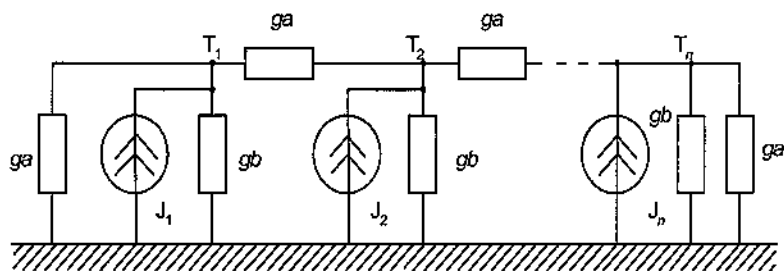


Рис. 2. Связная модель одномерного оператора Лапласа

хождения k -той составляющей вектора распределения температур T . При гармоническом описании собственных векторов матрица $[A]$ реализует нормированное преобразование Фурье $[FA] = [A]$, и при n , равном целой степени числа 2, операция проецирования становится стандартной процедурой БПФ. В результате получается компактное решение задачи определения характеристик температурного поля:

$$T = [FA] * [(FA)^T * J]^\circ (\lambda^{-1}), \quad (4)$$

где символом $^\circ$ обозначено поэлементное произведение Шура (Адамара) вектора λ^{-1} из обращенных собственных чисел цепи на Фурье-представление вектора тепловых потоков J .

Возможен другой вариант решения полевой задачи: по распределению температур части узлов необходимо найти параметры свободных узлов (задача Дирихле). В этом случае появление внутренних тепловых сопротивлений источников тепла изменяет матрицу состояний $[G]$, ее собственные числа и векторы зависят от взаимного расположения источников тепла. Использование прежних описаний собственных чисел в этом случае возможно при эквивалентной замене в схеме источников тепловых потоков заданным распределением температур согласно граничным условиям. В алгоритме вычислений используется итеративный метод подбора температур в точках краевых условий. При исследовании двумерных температурных полей задачи Пуассона собственными функциями оператора Лапласа в правильной прямоугольной области остаются синусоиды по каждой из координат. При нулевых краевых условиях принято [2], что в ходе сеточного моделирования полей в области размером K на L ячеек (рис. 3) собственные функции потенциала формируются произведением синусоид по ортогональным составляющим. Каждая из них определена своей парой чисел $k = 1, 2 \dots K$ и $l = 1, 2 \dots L$ по каждому блоку координат с соответствующими значениями

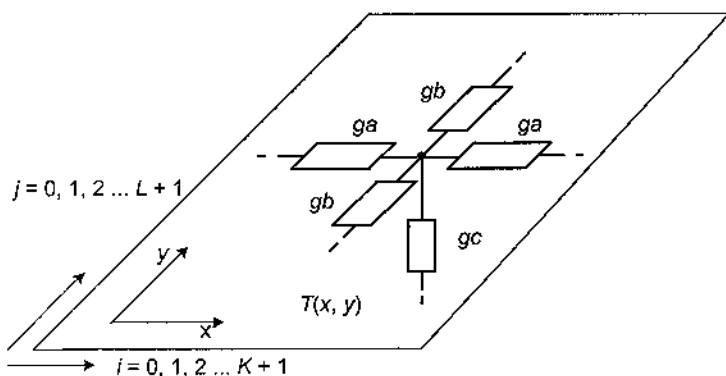


Рис. 3. Ячейка для двумерной области распределения температур

амплитуды $Vm_{k,l}$ и законом распределения поля по номерам узлов в координатах $x - y$ ($i - j$):

$$T_{k,l}(i, y) = Vm_{k,l} * \sin(\pi * k * i) / ((K+1) * \sin(\pi * k * j) / (L+1)). \quad (5)$$

Преобразования ДПФ выполняются в форме двустороннего умножения на две ортогональные матрицы $[F1]$ и $[F2]$:

$$F1_{k,l} = 2 * \sin(k * l / (K+1)) / (K+1),$$

$$F2_{i,j} = 2 * \sin(l * j / (L+1)) / (L+1). \quad (6)$$

Ортогональные преобразования по схеме (5) сводятся к использованию элементарных многочленных (4–6) ячеек в форме собственных чисел прямоугольной резистивной сетки:

$$\lambda_{k,l} = (2 * ga + 2 * gb + 2 * gc) - 2 * ga * \cos[\pi * k / (K+1)] + 2 * gb * \cos[\pi * l / (L+1)], \quad (7)$$

где ga и gb – тепловые проводимости резисторов модели по осям x и y , gc – проводимость, "заземляющая" каждый из узлов модели.

Расчеты и исследования характеристик тепловых режимов удобно проводить на языке интерфейса пакета MathCAD.

Подход к дискретному преобразованию Фурье как к варианту ортогональных преобразований описаний несвязных цепей при использовании резистивных моделей оператора Лапласа способствует созданию компактных инженерных методик расчета теплотехнических объектов сложной конфигурации при краевых условиях первого, второго и третьего рода. Сравнительно малый объем и оперативность расчетов температурных полей дают возможность применения ДПФ – БПФ методов при пошаговом моделировании в более сложных задачах – в нелинейных средах либо при учете временных характеристик теплопередачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воеводин В.В., Кузнецов Ю.А. Матрицы и вычисления. – М.: Наука, 1984.

2. Демирчан К.С., Чечурин В.Л. Машинные расчеты электромагнитных полей. – М.: Высшая школа, 1986.

УДК 621.1016.4(075.8)

Т.В. Гордобаева
Кафедра математики

Н.Н. Синицын

Кафедра промышленной теплоэнергетики

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРЕВА СЛОЯ УГОЛЬНОГО ШЛАМА

Запасы шлама коксохимического производства, которые скопились на ОАО «Северсталь», достигают громадных размеров. Этих запасов хватит более чем на 30 лет, если использовать их в качестве энергетического топлива ТЭЦ-ПВС и ТЭЦ-ЭВС ОАО «Северсталь».

Состав шламов существенно влияет на работу системы пылеприготовления: колебания влажности шламов, возникающие в процессе эксплуатации, приводят их к зависанию в бункерах сырого угля. Поэтому с целью обеспечения бесперебойной работы котлов необходимо исследовать свойства влажного шлама, который содержит также большое количество минеральной части в виде глины, с целью разработки рекомендаций, обеспечивающих бесперебойное снабжение котлов топливом. Для этого нужно разработать технологию подготовки шлама к сжиганию в существующих системах пылеприготовления.

На основании теоретических и экспериментальных исследований прогрева слоя влажного угольного шлама [1], [2] были получены функциональные зависимости температур газа и материала от времени прогрева слоев разной высоты при скорости газа на входе в слой 0,04 м/с. Они представлены в таблице.

Также были получены зависимости критерия Fo от Bi для слоев различной высоты. Для вычислений использовались формулы:

$$Fo = \frac{4\lambda_m \tau}{c_m \rho_m d^2}, \quad Bi = \frac{\alpha_F d}{2\lambda_m},$$

где λ_m – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·К), c_m – теплоемкость материала, кДж/(кг·К); ρ_m – плотность материала частицы, кг/м³; d – диаметр частицы, м; τ – время нахождения частицы в потоке горячих газов, с; α_F – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К) $\left(\alpha_F = \frac{Nu \cdot \lambda_\Gamma}{d} \right)$.

Полученные данные позволили определить вид функциональной зависимости Fo от Bi для слоя высотой 0,01 м:

$$Fo = 4,381 \cdot Bi^{-1,018} \cdot e^{45,187 \cdot Bi} \quad (\varepsilon = 0,7 \%).$$

Функциональные зависимости t_r и t_m от τ

Высота слоя, м	Формула, выражающая зависимость $t_m = f(\tau)$	Формула, выражающая зависимость $t_r = f(\tau)$
0	$t_m = 120 - e^{4,787 - 0,013\tau}$ ($\varepsilon = 0 \%$)	$t_r = 120$ ($\varepsilon = 0 \%$)
0,01	$t_m = 1,15 \cdot 10^{-3} \cdot \tau^{1,8352} \cdot e^{-1,29 \cdot 10^{-3}\tau}$ ($\varepsilon = 0,34 \%$)	$t_r = 2,1137 \cdot \tau^{0,539} \cdot e^{4,0555 \cdot 10^{-5}\tau}$ ($\varepsilon = 3,5 \%$)
0,07	$t_m = 7 \cdot 10^{-26} \cdot \tau^{8,297908} \cdot e^{-1,6 \cdot 10^{-3}\tau}$ ($\varepsilon = 10 \%$)	$t_r = 2,654 \cdot 10^{-24} \cdot \tau^{7,857} \cdot e^{-1,58 \cdot 10^{-3}\tau}$ ($\varepsilon = 10 \%$)
0,08	$t_m = 1,4 \cdot 10^{-29} \cdot \tau^{9,728} \cdot e^{-1,58 \cdot 10^{-3}\tau}$ ($\varepsilon = 12 \%$)	$t_r = 8,39 \cdot 10^{-28} \cdot \tau^{8,783} \cdot e^{-1,55 \cdot 10^{-3}\tau}$ ($\varepsilon = 8 \%$)

Функциональная зависимость Fo от Bi для слоя высотой 0,07 м имеет вид:

$$Fo = 25,624 \cdot Bi^{-0,975} \cdot e^{-21,323 \cdot Bi} \quad (\varepsilon = 9 \%).$$

Определен и вид функциональной зависимости Fo от Bi для слоя высотой 0,08 м:

$$Fo = 30,813 \cdot Bi^{-0,966} \cdot e^{-35,778 \cdot Bi} \quad (\varepsilon = 7 \%).$$

Графическое изображение зависимостей Fo от Bi для слоев высотой 0,01 м, 0,07 м, 0,08 м представлено на рис. 1.

$C = -1139,651 \cdot H + 56,811$ ($\varepsilon = 7 \%$). Таким образом, обобщенная формула $Fo = f(Bi, H)$ имеет вид:

$$Fo = (369,349 \cdot H + 0,571) \cdot Bi^{0,697 \cdot H - 1,017} \times e^{(-1139,651 \cdot H + 56,811) \cdot Bi} \quad (\varepsilon = 7 \%). \quad (1)$$

На основании проведенных исследований установлен и характер зависимости Z от Y . На рис. 2 представлен график соответствующей зависимости.

Методом наименьших квадратов установлен

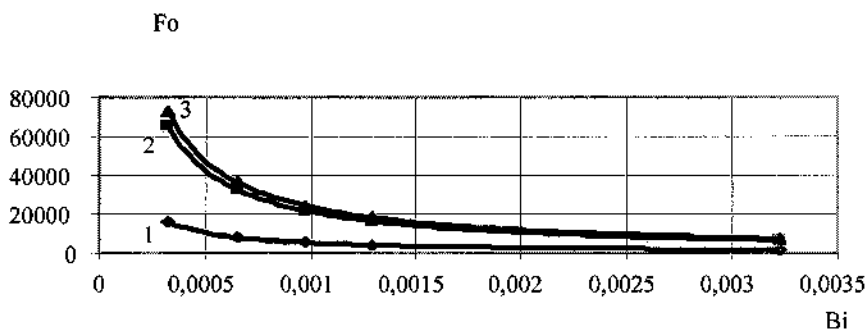


Рис. 1. Зависимости Fo от Bi для слоев различной высоты:

1) $H = 0,01$ м; 2) $H = 0,07$ м; 3) $H = 0,08$ м

Изучение полученных функциональных зависимостей позволило записать обобщенную формулу $Fo = f(Bi)$ в виде $Fo = A \cdot Bi^B \cdot e^{C \cdot Bi}$. Для этого были найдены формулы связи A , B и C с высотой слоя H .

Получили, что $A = 369,349 \cdot H + 0,571$ ($\varepsilon = 3 \%$), $B = 0,697 \cdot H - 1,017$ ($\varepsilon = 2 \%$),

вид функциональной зависимости относительного времени Z от относительной высоты слоя Y :

$$Z = 1,2849 \cdot Y + 4,19 \quad (\varepsilon = 0,33 \%),$$

где $Y = \frac{k_Y \cdot H}{c_r \cdot w_r}$; Z находили из формулы

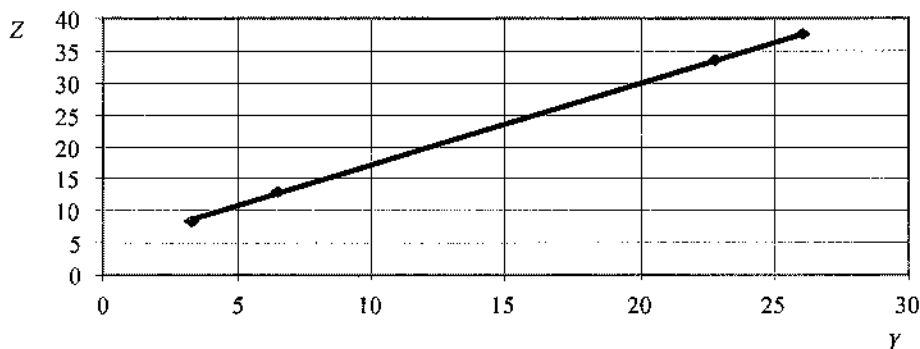


Рис. 2. Зависимость Z от Y

$\tau = \frac{Z \cdot c_m \cdot (1-f)}{k_V}$, где w_T – начальная скорость газа, м/с; $k_V = \left(\frac{1}{\alpha_V} + \frac{d^2}{A \cdot (1-f) \cdot \lambda_m} \right)^{-1}$, Вт / (м³ · К).

Установили и зависимость Fo от Bi по высоте слоя с использованием формул $Fo = \frac{4\lambda_m \tau}{c_m \rho_m H^2}$ и

$Bi = \frac{\alpha_V H}{2\lambda_m}$. В качестве характерного размера использовалась высота слоя H, м. Зависимости Fo от Bi описываются формулами, полученными методом наименьших квадратов:

- 1) при H = 0,01 $Fo = 0,31 \cdot Bi^{-1,05} \cdot e^{6,3 \cdot Bi}$ (ε = 5 %);
- 2) при H = 0,07 $Fo = 0,64 \cdot Bi^{-0,67} \cdot e^{-2,67 \cdot Bi}$ (ε = 7 %);
- 3) при H = 0,08 $Fo = 0,12 \cdot Bi^{-1,14} \cdot e^{2,83 \cdot Bi}$ (ε = 1 %).

Установлена и связь критериев Fo и 0. Для этого найдена масса частицы с учетом выхода из нее 50 %, 75 %, 100 % влаги при нагреве слоя до 100 °С, начальная масса частицы $m_0 = 2,572 \times 10^{-6}$ кг, $w_T = 0,04$ м/с. После этого применяем формулы

$$Fo = \frac{4\lambda_m \tau}{c_q \rho_q d^2} \quad (2)$$

и

$$Rb = \frac{m_0 c \Delta T}{\Delta m \cdot r_n}, \quad (3)$$

где $\Delta T = 100$ °С, Δm – убыль массы частицы после выхода влаги; r_n – теплота парообразования, Дж/кг; m_0 – начальная масса частицы, кг; c_q – теплоемкость материала частицы, кДж/(кг · К). Соответствующие зависимости удалось записать в виде функций:

$$Fo = -271,4176 \cdot Rb + 728,116 \text{ при } H = 0 \text{ м} \quad (\epsilon = 5 \ %);$$

$$Fo = -209,4483 \cdot Rb + 1689,143 \text{ при } H = 0,01 \text{ м} \quad (\epsilon = 0,8 \ %);$$

$$Fo = -372,7957 \cdot Rb + 4770,144 \text{ при } H = 0,07 \text{ м} \quad (\epsilon = 0,5 \ %);$$

$$Fo = -319,2977 \cdot Rb + 4862,290 \text{ при } H = 0,08 \text{ м} \quad (\epsilon = 0,5 \ %).$$

Представив зависимость $Fo = f(Rb)$ в виде $Fo = A \cdot Rb + B$, построили графики функций $A = f(H)$ и $B = f(H)$ (рис. 3).

Установили, что $A = 3 \cdot 10^6 \cdot H^3 - 370159 \cdot H^2 + 9595,1 \cdot H - 271,42$ (ε = 0 %), $B = -620629 \cdot H^2 + 101210 \cdot H + 732,83$ (ε = 0 %).

Таким образом, обобщенная зависимость $Fo = f(Rb, H)$ имеет вид:

$$Fo = (3 \cdot 10^6 \cdot H^3 - 370159 \cdot H^2 + 9595,1 \cdot H - 271,42) \cdot Rb - 620629 \cdot H^2 + 101210 \cdot H + 732,83 \quad (\epsilon = 0 \ %). \quad (4)$$

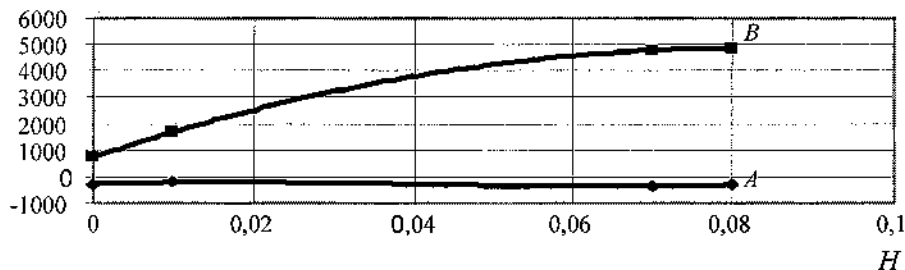


Рис. 3. Графическое изменение A (H) и B

С учетом имеющихся данных определили виды зависимостей $Fo = f(Re)$ для слоев высотой 0,01 м, 0,07 м и 0,08 м (рис. 4).

$$Fo = (677795,2 \cdot H + 6637,594) \times Re^{-0,02581241 \cdot H - 0,9951233} \quad (\varepsilon = 0,4 \%)$$

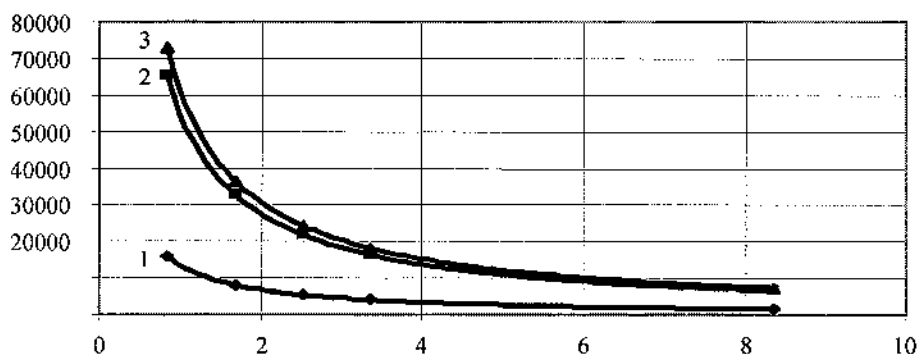


Рис. 4. Зависимости $Fo = f(Re)$ при различных значениях высоты слоя:
1) при $H = 0,01$ м; 2) при $H = 0,07$ м; 3) при $H = 0,08$ м

Соответствующие функции имеют вид:

1) при $H = 0,01$ м $Fo = 13\,384 \cdot Re^{-0,9954}$;

2) при $H = 0,07$ м $Fo = 54\,304 \cdot Re^{-0,9968}$;

3) при $H = 0,08$ м $Fo = 60\,672 \cdot Re^{-0,9973}$.

Поставив задачу обобщить вид данных функций, записав их формулой $Fo = A \cdot Re^B$, построили графики функций $A = f(H)$, $B = f(H)$ и нашли виды этих зависимостей:

$$A = 677795,2 \cdot H + 6637,594 \quad (\varepsilon = 0,4 \%),$$

$$B = -2,581241 \cdot 10^{-2} \cdot H - 0,9951233 \quad (\varepsilon = 0,01 \%).$$

Обобщенная зависимость приобрела вид:

Полученные зависимости дают оценку времени прогрева шлама в слое определенной высоты. Установлены зависимости между:

- высотой слоя и температурами газа и материала;
- временем прогрева и температурами газа и материала;
- критериями Fo и Bi ;
- критериями Fo и Rb ;
- критериями Fo и Re .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордобаева Т.В. Исследование зависания угольных шламов в бункерах: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. - Вологда: ВоГТУ, 2005. - С. 47-48.
2. Гордобаева Т.В., Синецын Н.Н. Расчет прогрева слоя кусковых материалов потоком газа с учетом изменения высоты слоя по гиперболическому закону: Материалы III Междунар. науч.-техн. конф. - Вологда: ВоГТУ, 2005. - С. 169-171.

УДК 669.18.064

Ю.А. Калягин, С.В. Лукин, Н.В. Запатрина
Кафедра промышленной теплоэнергетики
Г.Н. Шестаков

ТЕПЛООБМЕН В СЛОЕ ЗАЩИТНОГО ШЛАКА КРИСТАЛЛИЗАТОРА МНЛЗ

В процессе расчета теплообмена в кристаллизаторе тепловой поток, проходящий через шлако-

вую прослойку, обычно не учитывают. Поскольку площадь поверхности жидкого металла соизмери-

ма с площадью рабочих стенок кристаллизатора, погрешность в расчете теплового баланса может быть существенной. В связи с этим целесообразно рассмотреть тепловые процессы в шлаковом слое. Для расчета введем следующие допущения: толщина слоя шлака не меняется; продолжительность загрузки шлака пренебрежимо мала в сравнении с периодом его эксплуатации.

Температурное поле, по аналогии с [1], [2], опишется дифференциальными уравнениями:

$$\frac{\partial T_1(z, \tau)}{\partial \tau} = a_1 \frac{\partial^2 T_1(z, \tau)}{\partial z^2}, \quad \tau > 0, \quad \eta \leq z \leq \delta; \quad (1)$$

$$\frac{\partial T_2(z, \tau)}{\partial \tau} = a_2 \frac{\partial^2 T_2(z, \tau)}{\partial z^2}, \quad \tau > 0, \quad 0 \leq z \leq \eta; \quad (2)$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1(\eta, \tau)}{\partial z} - \lambda_2 \frac{\partial T_2(\eta, \tau)}{\partial z} = \rho_1 r \frac{d\eta}{d\tau}, \quad (3)$$

где T – температура; z – координата; τ – время; a – коэффициент температуропроводности; λ – коэффициент теплопроводности; r – удельная теплота плавления шлака; η – толщина слоя расплавленного шлака; δ – полная толщина слоя шлака. Индексы 1 и 2 относятся к твердому и расплавленному шлаку.

Условия однозначности:

$$T_1(z, 0) = T_n; \quad (4)$$

$$T_2(0, \tau) = T_0; \quad (5)$$

$$T_1(\eta, \tau) = T_2(\eta, \tau) = T_n; \quad (6)$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1(\delta, \tau)}{\partial z} = \alpha [T_1(\delta, \tau) - T_c] + \sigma_0 \epsilon [T_1^4(\delta, \tau) - T_c^4], \quad (7)$$

где T_n – начальная температура шлака; T_0 – температура жидкого металла (в частном случае $T_n = T_0$); T_n – температура плавления шлака; T_c – температура окружающей среды; α – коэф-

фициент теплоотдачи от поверхности шлака к окружающей среде; $\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – постоянная Стефана-Больцмана; ϵ – приведенная степень черноты.

Решение дифференциального уравнения (2) ищем в виде

$$T_2(z, \tau) = A + B \cdot \text{erf} \left[\frac{z}{(2\sqrt{a_2\tau})} \right].$$

Константу A находим из граничного условия (5):

$$A = T_0.$$

Тогда:

$$T_2(z, \tau) = T_0 + B \cdot \text{erf} \left[\frac{z}{(2\sqrt{a_2\tau})} \right].$$

Из условия (6) следует:

$$T_0 + B \cdot \text{erf} \left[\frac{\eta}{(2\sqrt{a_2\tau})} \right] = T_n.$$

Так как B – постоянная при любом значении η , то величина $\eta/\sqrt{\tau}$ должна быть также постоянной, т.е.:

$$\eta = \beta\sqrt{\tau}, \quad (8)$$

где β – коэффициент кристаллизации. Таким образом, получаем:

$$B = \frac{T_n - T_0}{\text{erf} \left[\frac{\beta}{(2\sqrt{a_2})} \right]}.$$

Следовательно, решение дифференциального уравнения (2) имеет вид:

$$T_2(z, \tau) = T_0 + \frac{T_n - T_0}{\text{erf} \left[\frac{\beta}{(2\sqrt{a_2})} \right]} \cdot \text{erf} \frac{z}{2\sqrt{a_2\tau}}. \quad (9)$$

Обозначим $T_1(z, \tau) - T_c = \theta_1(z, \tau)$.

Тогда дифференциальное уравнение (1) и условия (4), (6), (7) запишутся в виде:

$$\frac{\partial \theta_1}{\partial \tau} = a_1 \frac{\partial^2 \theta_1}{\partial z^2}; \quad (10)$$

$$\theta_1(z, 0) = T_n - T_c; \quad (11)$$

$$\theta_1(\eta, \tau) = T_n - T_c; \quad (12)$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial \theta_1(\delta, \tau)}{\partial z} = \alpha \theta_1(\delta, \tau) + \sigma_0 \varepsilon \times$$

$$\times [\theta_1^4(\delta, \tau) + 4T_c \theta_1^3(\delta, \tau) + 6T_c^2 \theta_1^2(\delta, \tau) + 2T_c^3 \theta_1(\delta, \tau)]. \quad (13)$$

Частное решение уравнения (10) имеет вид:

$$\theta_1(z, \tau) = D \cdot \cos kz \cdot e^{-k^2 a_1 \tau}. \quad (14)$$

Удовлетворим решение (14) граничному условию (13):

$$\begin{aligned} \lambda_1 D k \cdot \sin(k\delta) e^{-k^2 a_1 \tau} &= \alpha D \cos(k\delta) e^{-k^2 a_1 \tau} + \sigma_0 \varepsilon \times \\ &\times \left[\cos^4(k\delta) \left(D e^{-k^2 a_1 \tau} \right)^4 + 4T_c \cos^3(k\delta) \left(D e^{-k^2 a_1 \tau} \right)^3 + \right. \\ &\left. + 6T_c^2 \cos^2(k\delta) \left(D e^{-k^2 a_1 \tau} \right)^2 + 2T_c^3 \cos(k\delta) D e^{-k^2 a_1 \tau} \right]. \end{aligned}$$

Принимая во внимание условие (12), получим:

$$D e^{-k^2 a_1 \tau} = \frac{T_n - T_c}{\cos(k\eta)}.$$

Обозначив, $k\delta = \mu$, будем иметь:

$$\begin{aligned} \frac{\lambda}{\delta} \mu \cdot \sin \mu &= (\alpha + 2\sigma_0 \varepsilon T_c^3) \cos \mu + \\ &+ 6\sigma_0 \varepsilon (T_n - T_c) \frac{\cos^2 \mu}{\cos(k\eta)} + 4\sigma_0 \varepsilon T_c (T_n - T_c)^2 \times \\ &\times \frac{\cos^3 \mu}{\cos^2(k\eta)} + \sigma_0 \varepsilon (T_n - T_c)^3 \frac{\cos^4 \mu}{\cos^3(k\eta)}. \quad (15) \end{aligned}$$

Учитывая, что уравнение (15) справедливо при любом значении η , в том числе и в случае $\eta = 0$, окончательно получим:

$$\begin{aligned} (\lambda/\delta) \mu \cdot \sin \mu &= (\alpha + 2\sigma_0 \varepsilon T_c^3) \cos \mu + \\ &+ 6\sigma_0 \varepsilon (T_n - T_c) \cos^2 \mu + \\ &+ 4\sigma_0 \varepsilon T_c (T_n - T_c)^2 \cos^3 \mu + \sigma_0 \varepsilon (T_n - T_c)^3 \cos^4 \mu. \quad (16) \end{aligned}$$

Из анализа уравнения (16) видно, что μ имеет бесчисленное множество значений: $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n$.

Таким образом, общее решение уравнения (10) будет равно сумме всех частных решений:

$$\theta_1(z, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} D_n \cos\left(\mu_n \frac{z}{\delta}\right) \exp\left(-\mu_n^2 \frac{a_1 \tau}{\delta^2}\right). \quad (17)$$

Константы D_n определим из начального условия (15):

$$T_n - T_c = \sum_{n=1}^{\infty} D_n \cdot \cos\left(\mu_n \frac{z}{\delta}\right). \quad (18)$$

Чтобы найти D_n , умножим обе части равенства (18) на $\cos[\mu_n(z/\delta)]$ и проинтегрируем в пределах от 0 до δ :

$$\begin{aligned} D_n &= \frac{\int_0^{\delta} (T_n - T_c) \cos[\mu_n(z/\delta)] dz}{\int_0^{\delta} \cos^2[\mu_n(z/\delta)] dz} = \\ &= \frac{2(T_n - T_c) \sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cdot \cos \mu_n}. \end{aligned}$$

Следовательно, искомое решение нашей задачи примет вид:

$$\Theta_1 = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \mu_n \cos(\mu_n Z) \exp(-\mu_n^2 Fo_1)}{\mu_n + \sin \mu_n \cdot \cos \mu_n}; \quad (19)$$

$$\Theta_2 = \frac{1}{\operatorname{erf}\left[\beta/(2\sqrt{a_2\tau})\right]} \operatorname{erf}\left[z/(2\sqrt{a_2\tau})\right], \quad (20)$$

где $\Theta_1 = (T_1 - T_c)/(T_n - T_c)$ – безразмерная температура затвердевшего шлака; $\Theta_2 = (T_2 - T_0)/(T_n - T_0)$ – безразмерная температура жидкого шлака; $Fo_1 = a_1\tau/\delta^2$ – критерий Фурье затвердевшего шлака; $Z = z/\delta$ – безразмерная координата.

Коэффициент β определяется из граничного условия (3), т.е. из следующего характеристического уравнения:

$$\lambda_1 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2(T_n - T_c) \sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cos \mu_n} \cdot \frac{\mu_n}{\delta} \left(-\sin \mu_n \frac{\beta}{\delta}\right) \times \\ \times \exp\left(-\mu_n^2 \frac{a_1}{\delta^2}\right) - \lambda_2 \frac{T_n - T_c}{\operatorname{erf}\left[\beta/(2\sqrt{a_2\tau})\right] \sqrt{\pi a_2}}$$

$$\times \exp\left(-\frac{\beta}{4a_2}\right) = \frac{\rho_1 r}{2} \beta.$$

Таким образом, получено аналитическое решение задачи Стефана применительно к условиям защитного шлака в установке непрерывной разливки стали. Полученные расчетные зависимости (19)–(21) могут быть использованы при разработке системы автоматической подачи шлакообразующей смеси на поверхность жидкого металла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шестаков Н.И., Калягин Ю.А., Лукин С.В. Расчет температурного поля непрерывноотливаемого слитка // Известия вузов. Черная металлургия. – 2004. – № 3. – С. 59–61.
2. Шестаков Н.И., Калягин Ю.А., Лукин С.В. О расчете температурного поля непрерывного слитка при известной интенсивности охлаждения // Металлы. – 2003. – № 5. – С. 22–25.

УДК 536.2

Н.В. Телин

Кафедра промышленной теплоэнергетики

ТЕРМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ЗОНЫ КОНТАКТА РОЛИКА СО СЛИТКОМ

Интенсивность теплообмена в зоне контакта ролика со слитком зависит от значительного числа факторов: температур взаимодействующих тел, геометрических условий контакта, скорости обжатия слитка, тепловыделений в объеме металла и на границе раздела «ролик-слиток», наличия слоя окислов и т.д. Результаты исследований контактного теплообмена роликов МНЛЗ со слитком приведены в работах [1], [2], [3]. Однако в известных литературных источниках отсутствует методика расчета теплообмена в зоне контакта роликов со слитком.

С учетом геометрических условий контактирования общее термическое сопротивление R_{Σ} переносу тепла от слитка к ролику определяется по правилу сложения последовательно соединенных сопротивлений:

$$R_{\Sigma} = R_c + R_k + R_p, \quad (1)$$

где R_c – сопротивление стягиванию теплового потока; R_k – сопротивление контактной зоны; R_p – сопротивление растеканию теплового потока.

Природа составляющих суммарного термического сопротивления различна. Входящее в выражение (1) термическое сопротивление R_k по своей природе является внешним. Оно обусловлено характером непосредственного контакта ролика со слитком и определяется толщиной и теплопроводностью контактного слоя. Это сопротивление действует в плоскости геометрического контакта и приводит к скачкообразному изменению температуры на границе взаимодействующих поверхностей. Термические сопротивления R_c и R_p обуслов-

лены перестройкой теплового потока в области локального контакта поверхности ролика с поверхностью слитка. Эти сопротивления носят объемный характер и относятся к категории внутренних. Конвергенция линий теплового потока ведет к повышению плотности теплового потока в зоне непосредственного контакта ролика со слитком. Тепловыделение в объеме слитка и на границе раздела «ролик – слиток» способствуют увеличению интенсивности теплообмена в контактной зоне. Необходимость учета этих факторов при расчете тепловых потоков, поступающих в ролик от слитка, требует дополнительного анализа и должна рассматриваться отдельно.

Для определения термических сопротивлений R_c и R_p рассматривается тепловое взаимодействие слитка, имеющего поступательное движение, с вращающимся вокруг своей оси роликом. Слиток 1 представляется в виде полупространства, ролик 2 – в виде бесконечного цилиндра с внутренним охлаждением. Полупространство и цилиндр движутся относительно общей площадки контакта длиной $2l = 2\varphi_0 \cdot R_2$. Расчетная схема показана на рис. 1.

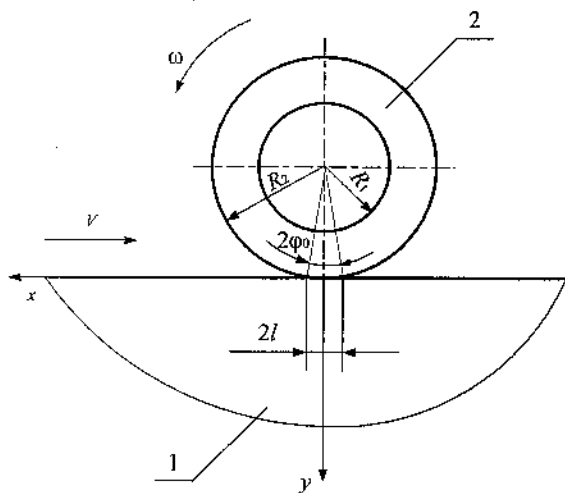


Рис. 1. Расчетная схема: 1 – слиток; 2 – ролик

В зоне контакта имеет место равенство температур и плотностей тепловых потоков (выходящего из полупространства и поступающего в цилиндр). Остальные части поверхности полупространства и цилиндра с окружающей средой не взаимодействуют. Тепловой поток, подводимый к

цилиндру, полностью отводится охлаждающей жидкостью, прокачиваемой через его внутреннюю полость. Режим теплового взаимодействия квазистационарный. Если ввести систему координат, движущуюся со скоростью V для полупространства, и систему координат, вращающуюся с угловой скоростью ω для цилиндра, то задача определения внутренних термических сопротивлений в безразмерном виде сводится к решению следующей системы уравнений теплопроводности:

$$\frac{\partial^2 \theta_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta_1}{\partial y^2} - \text{Pe} \frac{\partial \theta_1}{\partial x} = 0, \quad (-\infty < x < \infty, 0 < y < \infty); \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \theta_2}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \theta_2}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial \theta_2}{\partial \varphi^2} - \text{Pd} \frac{\partial \theta_2}{\partial \varphi} = 0, \quad (0 < \rho < 1, 0 \leq \varphi < 2\pi); \quad (3)$$

с граничными условиями:
для полупространства

$$\frac{\partial \theta_1}{\partial y} \Big|_{y=0} = \frac{l}{\lambda_1} q_1(x), \quad q_1(x) = \begin{cases} q_c, & -1 \leq x \leq 1; \\ 0, & x > 1, x < -1; \end{cases} \quad (4)$$

$$\theta_1 \Big|_{x=\pm\infty} = 0; \quad (5)$$

$$\theta_1 \Big|_{y=\infty} = 0; \quad (6)$$

для цилиндра

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial \rho} \Big|_{\rho=0} = \frac{R_2}{\lambda_2} q_2(\varphi),$$

$$q_2(\varphi) = \begin{cases} q_p, & -\varphi_0 \leq \varphi \leq \varphi_0; \\ 0, & -\pi \leq \varphi < -\varphi_0; \quad \varphi_0 < \varphi < \pi; \end{cases} \quad (7)$$

$$\theta_2 \Big|_{\rho=R_1} = 0; \quad (8)$$

$$\theta_2 \Big|_{\varphi=0} = \theta_2 \Big|_{\varphi=2\pi}; \quad (9)$$

в зоне контакта ролика со слитком

$$\frac{\lambda_1}{l} \frac{\partial \theta_1}{\partial y} \Big|_{y=0} = - \frac{\lambda_2}{R_2} \frac{\partial \theta_2}{\partial \rho} \Big|_{\rho=1}; \quad (10)$$

$$\frac{1}{2\varphi_0} \int_{-\varphi_0}^{\varphi_0} \theta_2 d\varphi = \frac{1}{2l} \int_{-l}^l t_1 dx, \quad (11)$$

где $\theta_1 = t_1 - t_{10}$ – избыточная температура полупространства; $\theta_2 = t_2 - t_{20}$ – избыточная температура ролика; t_1, t_2 – текущие значения температуры полупространства и ролика; t_{10} – температура слитка на бесконечном удалении от зоны контакта; t_{20} – температура на внутренней поверхности

ролика; $\rho = \frac{r}{R_2}$, $X = \frac{x}{l}$, $Y = \frac{y}{l}$ – относитель-

ные координаты для ролика и слитка; R_2, R_1 – наружный и внутренний радиусы ролика; $2\varphi_0$ – угол контакта ролика со слитком; $2l$ – длина площадки контакта ролика со слитком; $\varphi = \alpha + \omega \cdot \tau$ – угловая координата во вращающейся системе координат; α – угловая координата в подвижной системе координат; τ – время; λ_1, λ_2 – коэффициенты теплопроводности материалов слитка и ролика; a_1, a_2 – коэффициенты температуропроводности материалов слитка и ролика; $x = \xi + V \cdot \tau$ – координаты в подвижной системе координат; ξ – координата в подвижной системе координат; V – скорость движения слитка; ω – угловая скорость вращения ролика; $Pe = \frac{V \cdot l}{a_1}$ – критерий Пекле; $Pd = \frac{\omega \cdot R_2^2}{a_2}$ –

критерий Предводителя; q_c, q_p – плотности тепловых потоков, выходящего из слитка и поступающего в ролик.

Для больших значений Pd и Pe общее решение системы (2)–(9) имеет вид

$$t_2(\rho, \varphi) = t_{20} + q_p \cdot \frac{R_2}{\lambda_2} \cdot \frac{\varphi_0}{\pi} \cdot \ln \frac{\rho}{\rho_1} + q_p \cdot \frac{R_2}{\lambda_2} \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \frac{2}{\sqrt{Pd \cdot \rho}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{\sqrt{\frac{nPd}{2}}(\rho-1)}}{n\sqrt{n}} \times$$

$$\times \sin n\varphi_0 \cdot \cos \left[n\varphi + \sqrt{\frac{nPd}{2}}(\rho-1) - \frac{\pi}{4} \right]; \quad (12)$$

$$t_1(x, 0) = t_{10} - \frac{2}{\lambda_1} \cdot q_c \cdot \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{1}{\sqrt{v/a_1}} \cdot \sqrt{x+l}. \quad (13)$$

Используя соотношения (12), (13) и условия (10), (11) для ролика с внутренним охлаждением получим:

$$R_{cp} = R_c + R_p \frac{R_2 \cdot \varphi_0}{\lambda_2 \cdot \pi} \ln \frac{1}{\rho_1} + \frac{4\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{R_2 \cdot \varphi_0}{\lambda_2 \cdot \sqrt{\pi \cdot \varphi_0 \cdot Pd}} \times \left[\frac{3}{4} \cdot \frac{1}{\varphi_0 \cdot \sqrt{\pi \cdot \varphi_0}} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin^2 n\varphi_0}{n^{5/2}} + \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\frac{a_1}{a_2}} \right]. \quad (14)$$

Для ролика с наружным охлаждением:

$$R_{cp} = R_c + R_p = \frac{4\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{l}{\lambda_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{1}{\sqrt{Pe}} + \frac{R_2}{\lambda_2} \cdot \frac{1}{(\pi - \varphi_0)} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{Pd}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin^2 n\varphi_0}{n^{5/2}}. \quad (15)$$

Полученные соотношения (14) и (15) позволили провести анализ влияния геометрических и кинематических условий контакта на интенсивность теплообмена между роликом и слитком. На рис. 2 представлена зависимость термического сопротивления зоны контакта полого ролика со слитком от угловой полуширины площадки контакта.

Расчеты выполнены для трех значений числа $Pd = 164; 500$ и 1000 . Из рисунка видно, что с увеличением φ_0 термическое сопротивление увеличивается. Наиболее интенсивное увеличение термического сопротивления имеет место для $\varphi_0 = 0 \dots = 0,01$. С увеличением числа Pd термическое сопротивление уменьшается. Вид полученных кривых согласуется с экспериментальными результатами по определению величины термического сопротивления. Для проведения расчетов были приняты следующие величины параметров: $R_2 =$

$= 0,19 \text{ м}; \lambda_1 = 29,1 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_2 = 40 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)};$
 $a_1 = 5,83 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}; a_2 = 11,59 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$

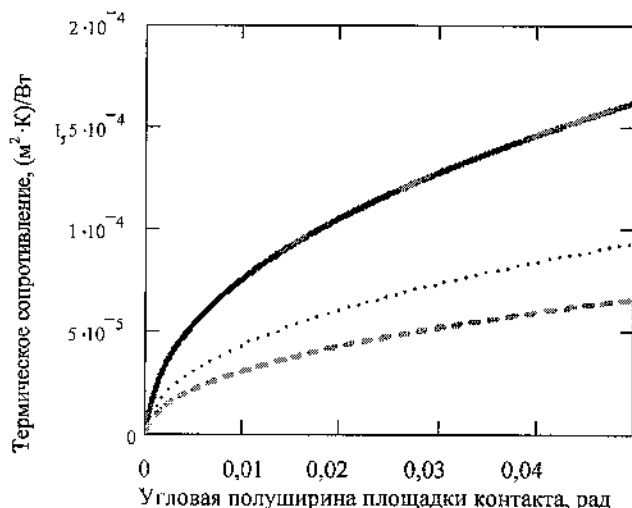


Рис. 2. Зависимость термического сопротивления зоны контакта полого ролика со слитком от угловой полуширины площадки контакта для различных значений числа Рд

Таким образом, в результате проведенных исследований получены соотношения для расчета основных характеристик теплообмена в зоне контакта вращающихся роликов со слитком, имеющим поступательное движение. Установлено, что интенсивность теплообмена существенно зависит от геометрических условий контакта и скорости вытягивания слитка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дюдкин Д.А. Качество непрерывнолитой стальной заготовки. — К.: Техника, 1988.
2. Запатрина Н.В., Шестаков Н.И., Луканин Ю.В. Методика расчета температурного поля непрерывно отливаемого слитка, контактирующего с поддерживающими роликами // Всероссийский сборник научных трудов. Вып. 1. — Череповец: ЧГУ, 1997. — С. 52–56.
3. Математическое обеспечение ЕС ЭВМ / Ю.В. Денисов, В.М. Нисковских, В.Г. Житомирский и др. — Свердловск: СГПИ, 1983.

УДК 669.162.23

З.К. Кабаков, А.В. Смирнов
 Кафедра металлургических технологий

УГЛОВОЙ КОЭФФИЦИЕНТ ИЗЛУЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ «КУПОЛ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЯ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ – ТЕРМОПАРА»

Для контроля температуры купола воздухонагревателя доменной печи в подкупольном пространстве устанавливают термопару.

При оценке погрешности показаний и динамических свойств термопары необходимо знание удельного теплового потока с купола на термопару. Его можно определить по формуле:

$$q = \sigma_0 (\epsilon_2 \Phi_{dF_1 F_2} T_2^4 - \epsilon_1 T_1^4), \quad (1)$$

где σ_0 — коэффициент излучения абсолютно черного тела; $\epsilon_1, \epsilon_2, T_1, T_2$ — степени черноты термо-

пары и купола и их температуры соответственно; $\Phi_{dF_1 F_2}$ — локальный угловой коэффициент излучения в системе «купол — термопара».

Определение углового коэффициента представляет сложную задачу. Для ее решения примем, что с удаленных частей купола излучение на термопару незначительное. Учитывая также, что длина «высова» термопары намного меньше радиуса купола, форму купола возле термопары будем считать плоской.

Схема системы «купол — термопара», следующая из принятых допущений, показана на рис. 1.

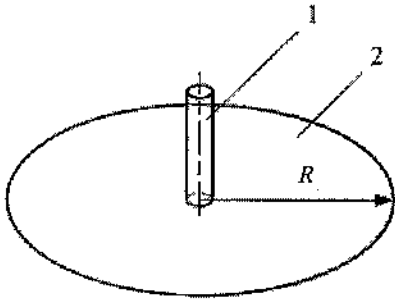


Рис. 1. Схема формализации системы «купол – термопара»: 1 – термопара; 2 – купол

На элементарную площадку термопары dF_1 излучает площадь купола F_2 . Обозначим: h – расстояние от центра элементарной площадки термопары dF_1 до купола F_2 (рис. 2). Выделим на F_2 элементарную площадку купола dF_2 . Введем в системе «купол – термопара» координатные оси, базис и векторы: \vec{n}_1, \vec{n}_2 – нормали к центрам элементарных площадок dF_1 и dF_2 ; $\vec{\rho}$ – вектор из центра dF_1 в центр dF_2 .

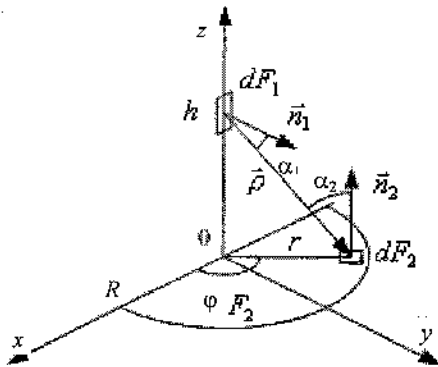


Рис. 2. Схема к выводу формулы элементарного углового коэффициента

Запишем выражение для элементарного углового коэффициента излучения с площадки dF_1 на площадку dF_2 :

$$\Phi_{dF_1 dF_2} = \frac{\cos \alpha_1 \cos \alpha_2}{\pi |\vec{\rho}|^2} dF_2, \quad (2)$$

где α_1 – угол между \vec{n}_1 и $\vec{\rho}$; α_2 – угол между \vec{n}_2 и $-\vec{\rho}$.

Запишем координаты векторов при координатах центра площадки $dF_2 (x, y, 0)$:

$$\vec{n}_1(0, 1, 0); \quad \vec{n}_2(0, 0, 1); \quad \vec{\rho}(x, y, -h).$$

Определим косинусы углов в формуле (2), используя скалярное произведение векторов:

$$\cos \alpha_1 = \frac{(\vec{n}_1, \vec{\rho})}{|\vec{n}_1| |\vec{\rho}|} = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + h^2}};$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{-(\vec{n}_2, \vec{\rho})}{|\vec{n}_2| |-\vec{\rho}|} = \frac{h}{\sqrt{x^2 + y^2 + h^2}}.$$

Принимая ось $0x$ за полярную ось, перейдем к цилиндрической системе координат. Координаты центра площадки $dF_2 - (r, \varphi, 0)$. Площадь $dF_2 = dr \cdot r \cdot d\varphi$.

При подстановке выражений для косинусов и модуля вектора формула (2) примет вид:

$$\Phi_{dF_1 dF_2} = \frac{hy}{\pi(x^2 + y^2 + h^2)^2} r dr d\varphi. \quad (3)$$

Приведем (3) к цилиндрической системе координат, используя формулы:

$$x = r \cos \varphi; \quad y = r \sin \varphi; \quad z = z.$$

В результате подстановки и упрощения получим формулу для элементарного углового коэффициента, выраженную в цилиндрических координатах:

$$\Phi_{dF_1 dF_2} = \frac{hr^2 \sin \varphi}{\pi(r^2 + h^2)^2} dr d\varphi. \quad (4)$$

Интегрируя выражение (4) по r и φ , найдем локальный угловой коэффициент излучения элементарной площадки dF_1 на площадь F_2 :

$$\begin{aligned} \Phi_{dF_1 F_2} &= \int_{F_2} \Phi_{dF_1 dF_2} = \int_{F_2} \frac{\cos \alpha_1 \cos \alpha_2}{\pi |\rho|^2} dF_2 = \\ &= \int_0^R \int_0^\pi \frac{hr^2 \sin \varphi}{\pi (r^2 + h^2)^2} dr d\varphi = \frac{h}{\pi} \int_0^\pi \sin \varphi d\varphi \int_0^R \frac{r^2}{(r^2 + h^2)^2} dr. \end{aligned}$$

В результате получим:

$$\Phi_{dF_1 F_2} = \frac{1}{\pi} \left[\arctg \frac{R}{h} - \frac{Rh}{R^2 + h^2} \right]. \quad (5)$$

Результат (5) приведем к виду:

$$\Phi_{dF_1 F_2} = \frac{1}{\pi} \left[\arctg \frac{1}{B} - \frac{B}{1 + B^2} \right], \quad (6)$$

где $B = h / R$ – безразмерный геометрический параметр.

Оценим интервал значений B для системы «купол – термопара». Принимая $h = 0 \div 0,12$ и $R = 0,5$, получим $B = 0 \div 0,24$. Значения $\Phi_{dF_1 F_2}$ для системы соответствуют диапазону $0,35 \div 0,5$.

Зависимость $\Phi_{dF_1 F_2} = f(h, R)$ изучена при варьировании h в пределах $0 \div 0,12$ и R в пределах $0,2 \div 1$. Результаты расчета по формуле (5)

представлены на рис. 3 в виде зависимостей $\Phi_{dF_1 F_2} = f(h)$ при $R = \text{const}$.

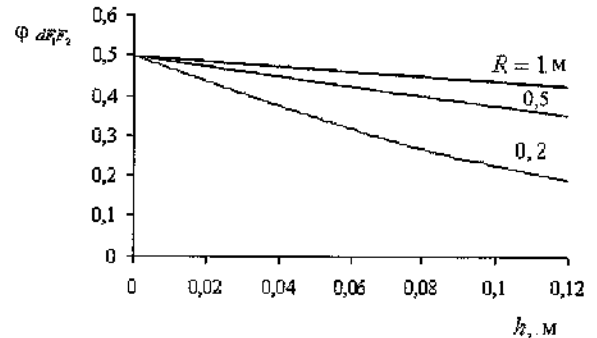


Рис. 3. Зависимости локального углового коэффициента от расстояния между куполом и элементарной площадкой термопары

Из рис. 3 видно, что с увеличением h величина $\Phi_{dF_1 F_2}$ снижается; с увеличением R коэффициент $\Phi_{dF_1 F_2}$ стабилизируется и стремится к 0,5.

Таким образом, получена формула для расчета локального углового коэффициента излучающей системы элементарной площадки и полукруглой поверхности конечного размера. Данную формулу можно использовать для оценки удельного теплового потока в системе «купол – термопара».

УДК 621.771.237

Д.В. Головкин, В.Н. Мочалин, С.А. Пойгина
Кафедра автоматизации и систем управления

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛА ПЕРЕД СМОТКОЙ НА СТАНЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ С КОРРЕКЦИЕЙ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗЛУЧЕНИЯ

Качество измерения температуры металла перед смоткой на непрерывном широкополосном стане горячей прокатки имеет исключительно важное значение для обеспечения необходимого качества готовой продукции. В последнее время прослеживается тенденция к ужесточению требований, предъявляемых к точности измерения температуры металла и равномерности распределения температуры по ширине и длине полосы.

Наиболее распространённой является система измерения температуры, при которой стационарно установленный пирометр визируется в центр полосы прокатываемого металла. В этом случае производится измерение температуры только некоторой области вдоль полосы, ограниченной полем визирования пирометра. Однако, как показывают практические исследования, неконтролируемый градиент температур между центром и краями по-

лосы может достигать десятков градусов. Это явление в свою очередь вносит погрешность в работу системы ламинарного охлаждения, предназначенную обеспечить соответствие текущей и заданной температур смотки.

Выходом из подобной ситуации может послужить установка дополнительного линейного инфракрасного одноцветного сканера температуры (рис. 1), измеряющего за один цикл температуру по всей ширине прокатываемой полосы, а измерение температуры вдоль полосы обеспечивается движением самой полосы.

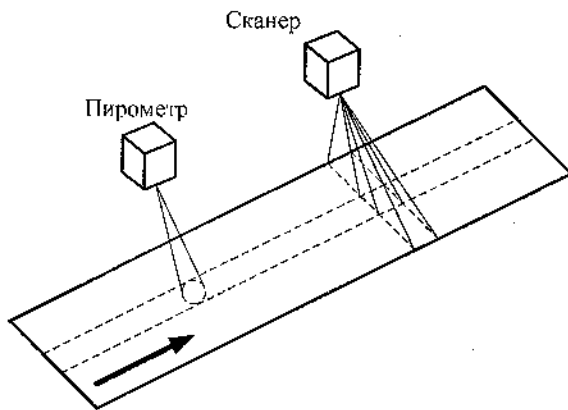


Рис. 1. Измерение температуры с коррекцией коэффициента излучения

Таким образом, область поверхности полосы, температура которой измеряется, будет определяться частотой сканирования и скоростью движения полосы. Так как прокатка на современных станах уже ведётся на максимально возможных (исходя из технологии прокатки и характеристик оборудования) скоростях, то становится очевидным, что наибольшая площадь сканирования достигается максимально возможной частотой сканирования, определяемой техническими характеристиками сканера. Особенностью описанной системы измерения является необходимость определения коэффициента излучения (ϵ), вводимого в линейный сканер температуры, так как результат измерения зависит от излучательной способности объекта измерения при различных значениях температуры, выражаемой коэффициентом излучения.

В производственных условиях коэффициент излучения (ϵ) измеряемых объектов чаще всего

неизвестен или известен с очень большой погрешностью. В связи с этим вводимое в сканер значение ϵ нередко содержит ошибки, что приводит к погрешностям измерений, во много раз большим, чем основная погрешность используемого сканера.

Исходя из сказанного выше, можно построить систему измерения температуры, в которой значения температуры, полученные при помощи стационарно установленного пирометра, являются опорными для определения ϵ , вводимого впоследствии в линейный сканер температуры (рис. 2).

После измерения пирометром значения температуры середины полосы металла T_n на основании данных о скорости прокатки V и расстоянии между пирометром и сканером L производится расчёт интервала времени t между моментом измерения температуры в данной точке полосы пирометром до момента измерения температуры в этой же точке полосы сканером. Этот интервал времени также соответствует интервалу времени, через который значение ϵ должно быть введено в сканер температуры.

$$t = \frac{L}{V}, \quad (1)$$

где t – интервал времени между моментом измерения температуры в данной точке полосы пирометром до момента измерения температуры в этой же точке полосы сканером; L – расстояние между центрами полей визирования пирометра и сканера; V – скорость движения полосы металла.

Одновременно с этим в соответствии с информацией из АСУ ТП прокатки о характеристиках прокатываемого металла (марка металла, заданная температура смотки $T_{см}$) осуществляется запрос в банк данных о величине ϵ , соответствующей текущим условиям прокатки. Если же такое значение отсутствует, то происходит его расчёт методом регрессионного анализа на основе имеющихся статистических данных. Полученное значение ϵ по истечении времени t вводится в сканер, который измеряет температуру T_c по ширине полосы, и проверяется равенство $T_n = T_c$; если это равенство соблюдается и величина ϵ была получена методом регрессионного анализа имеющихся статистических данных, то значение ϵ записывается в банк

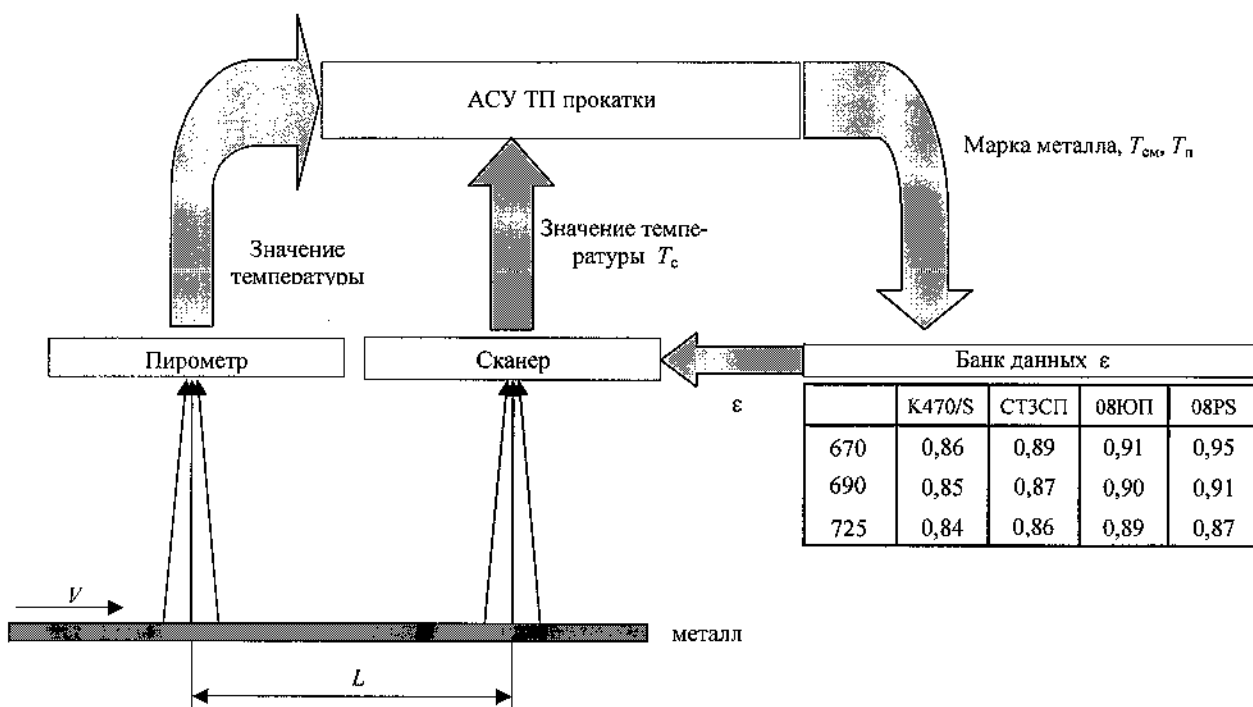


Рис. 2. Система измерения температуры с коррекцией коэффициента излучения

данных ϵ для использования во время последующих измерений при аналогичных условиях прокатки и характеристиках металла.

Таким образом, описываемая система является адаптивной самонастраивающейся к конкретным условиям прокатки и характеристикам металла системой, способной повысить качество и точность измерения температуры металла перед смоткой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Суколев А.С. Теплопередача. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981.

2. Гордов А.Н. Основы пирометрии: – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1971.

3. Поскачей А.А., Чарихов Л.А. Пирометрия объектов с изменяющейся излучательной способностью. – М.: Металлургия, 1978. – 200 с.

4. Банных О.А. и др. Влияние термической обработки на структуру и механические свойства особо высокопрочной коррозионно-стойкой мартенситно-аустенитной стали // Металлы. – 2005. – № 3. – С. 51–60.

5. Светличный Д.С. Модель изменения температуры по толщине листа, предназначенная для систем реального времени // Металлург. и горноруд. промышленность. – 2003. – № 1. – С. 42–49.

Раздел 7

СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 69.059.004.67

Е.В. Белановская
Кафедра строительных конструкций и архитектуры

ВАРИАНТЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ ГОРОДА ЧЕРЕПОВЦА

Череповец основан в 1777 году. Еще в начале XX века это был небольшой провинциальный город, население которого составляло 8 тыс. человек. С запада на восток он ограничивался улицами Горького и Набережной. Главной улицей являлся Воскресенский (Советский) проспект, который замыкался с двух сторон постройками Воскресенского монастыря и архитектурным ансамблем Благовещенской (Красноармейской) площади. Ведущее место в архитектурном облике Череповца занимали храмы. Их до революции насчитывалось девятнадцать. Архитектура гражданских зданий вдоль главной улицы города – Воскресенского проспекта – была выдержана в едином классическом стиле.

Формирование архитектуры современного Череповца связано со строительством металлургического комбината в начале 50-х годов XX века. За последние 50 лет население возросло до 400 тыс. человек, т.е. более чем в 10 раз. Возводятся новые жилые районы – Северный, Зареченский, Зашексинский. Территория старой части города расши-

ряется более чем в два раза. Возведение Череповецкого металлургического комбината совпало с периодом индустриализации строительства в СССР, когда для скорейшего решения жилищной проблемы в стране наиболее прогрессивными были признаны крупнопанельные дома, лишенные планировочных, конструктивных и декоративно-художественных излишеств. Большинство зданий Череповца, построенных в 60–90-е гг., – это крупнопанельные здания со стенами из однослойных железобетонных панелей (первый панельный жилой дом был возведен в конце 50-х гг. по пр. Победы, 35). Наибольшее распространение получили типовые серии – 335-я, 420-я, 467-я, 125-я. Все сборные железобетонные элементы изготавливались на заводах ЖБик и КПД. Незначительная часть жилых и общественных зданий была выполнена из силикатного кирпича местного производства (Череповецкий завод силикатного кирпича вступил в строй в 1972 году). Здания имели простую прямоугольную конфигурацию в плане. В качестве экранов балконов и лоджий использова-

лись асбесто-цементные листы, окрашиваемые иногда самими жильцами в различные цвета, или силикатный кирпич. В общественных зданиях архитектурная выразительность достигалась только за счет крупномасштабных витрин из обычного силикатного стекла и парапетов, для которых использовался неокрашенный профилированный лист оцинкованной стали. Почти все церковные постройки, которые определяли архитектуру города, были разрушены. В результате еще в начале 90-х гг. вдоль главных магистралей города тянулись серые, однообразные коробки жилых зданий с черными витринами магазинов, производившие угнетающее впечатление.

Ситуация начала меняться 10 лет назад, когда был восстановлен ансамбль Воскресенского (Советского) проспекта в исторической части города. Цветовое решение города изменилось после того, как в уровне первого этажа большинства жилых зданий появились частные конторы, магазины, аптеки и т.д., а также после установки торгово-остановочных павильонов и рекламных банеров. Эти меры, конечно, нельзя назвать решением проблемы, но все-таки они являются временным спасением от скучных серых фасадов старых зданий. Жилые районы города, застроенные 20–30 лет назад, требуют реконструкции, особенно здания, расположенные вдоль магистралей. В качестве вариантов реконструкции можно предложить замену наружных продольных ограждений жилых зданий с поперечными несущими стенами на более теплоэффективные и современные, использование навесных (вентилируемых) фасадов, а также устройство мансардных надстроек.

Панельное домостроение явилось одним из лидирующих направлений в массовом городском жилищном строительстве. Несмотря на то, что в начальный период становления домостроительной промышленности прошли апробацию несколько вариантов конструктивных систем, в массовом строительстве Череповца была внедрена в основном поперечно-стенная система со смешанным шагом внутренних стен. Продольно-стенная система после успешного старта в массовом строительстве 5-этажных домов (50–60-е годы XX столетия) практически перестала использоваться из-за ограниченной несущей способности однослойных легкобетонных панелей, на применение кото-

рых система была ориентирована. Так, например, одна из наиболее распространенных серий панельных зданий, построенных в Череповце в 70–90-е годы, – 125-я – основана на применении поперечно-стенной системы. В данных зданиях наружные продольные стены являются самонесущими и не несут нагрузку от перекрытий, поэтому возможен их демонтаж и замена более прогрессивными конструкциями наружных ограждений (например, использование цветного лицевого кирпича или устройство остекленных эркеров) без ухудшения несущей способности зданий.

Вентилируемые фасады могут быть использованы для улучшения внешнего вида старых зданий как с кирпичными, так и с панельными стенами, а также для улучшения теплотехнических характеристик их наружных ограждений. Конструкции вентиляруемых фасадов обладают рядом преимуществ:

- высокие теплоизоляционные свойства;
- вентиляция внутренних слоев – удаление атмосферной и образующейся за счет диффузии водяных паров влаги;
- защита несущей части стены и теплоизоляции от атмосферных воздействий;
- возможность проведения фасадных работ в любое время года;
- неограниченность архитектурных решений фасадов.

Конструкция вентиляруемого фасада представляет собой внутренний массивный слой (бетон, кирпич), на который с наружной стороны крепят утеплитель. Вся конструкция защищена установленным на отnose декоративным экраном. Массивный внутренний слой является аккумулятором, сохраняющим тепло в зимний период и обеспечивающим отсутствие перегрева в летний. Утеплитель расположен с наружной стороны массивного слоя, что является наиболее эффективным вариантом с точки зрения строительной физики (накопление тепла в массивном слое и удаление из него избытка влаги). В качестве утеплителя применяют жесткие минераловатные плиты. Наружный экран защищает вышеперечисленные слои от атмосферных воздействий. Его выполняют из различных материалов: цементно-стружечных плит, керамического материала, алюминия или оцинкованной стали. Воздушная прослойка, расположенная ме-

жду экраном и утеплителем, служит вентиляционным каналом, защищает летом от перегрева, а зимой через нее удаляется избыток водяных паров, поступающих из помещений, и тем самым снижается риск накопления влаги в утеплителе. Вентилируемые фасады являются оптимальной защитной оболочкой здания от воздействий внешней среды. Они просты в устройстве и эксплуатации (их легко ремонтировать, заменяя старые плитки на новые). Вентилируемые фасады дают возможность найти оптимальное архитектурное решение как по текстуре, так и по цветовой гамме.

Мансарды – один-три этажа жилых или рабочих помещений, построенных в чердачном пространстве, фасад которых полностью или частично образован поверхностями наклонной или ломаной крыши. Впервые мансарды появились во Франции в XVII веке и с этого времени являлись почти обязательным элементом капитального городского строительства. В конце XIX века мансарды пережили свое второе рождение при реконструкции европейских столиц – Вены, Берлина и особенно Парижа, став неотъемлемой частью капитальной многоэтажной застройки.

В отечественной строительной практике мансарда долгое время являлась характерным элементом дачного индивидуального строительства. В конце XX века начинается строительство мансард над многоэтажными капитальными домами. Главной причиной их применения стала экономическая необходимость повышения плотности застройки, дополнительной – эстетическая: сформировалась определенная «эстетическая усталость» от складывающегося почти 40 лет однообразного силуэта массовой застройки зданиями с плоскими крышами. Основной областью применения мансард в отечественном строительстве становится реконструкция зданий исторической и массовой застройки, хотя есть примеры проектирования мансард и в новых зданиях. В связи с новизной проблемы для отечественной строительной практики ее решение осуществляется не без учета зарубежного опыта. Геометрические формы мансард весьма разнообразны: они могут быть симметричными и несимметричными, иметь треугольный или ломаный силуэт, располагаться по всей ширине здания или только по одну сторону от его продольной оси. Общим признаком мансарды является крутой уклон скатов для увеличения внутреннего про-

странства. При ломаной форме крыши только нижней ее части придают крутой уклон (60–70°), а верхней – пологий (15–30°). Высота жилых помещений в чистоте принимается не менее 2,5 м. Конструкции мансард разнообразны: их проектируют из дерева, железобетона, стали или комбинируют, например, из стальных и деревянных несущих конструкций. Выбор конструкций зависит от уровня капитальности здания и соответствующей ему степени огнестойкости. Наружные ограждения мансард могут быть полностью утепленными, либо только в границах отапливаемых помещений с устройством в последних наклонных, ломаных или плоских потолков. В качестве наружного защитно-декоративного слоя можно применять металлочерепицу различных цветов (Rannila, Weckman и др.), штучную цементно-песчаную или керамическую черепицу (БРААС ДСК-1 и др.), а также мягкую битумную черепицу (Katepal, Isopal и др.). В качестве светопрозрачных ограждений применяют специальные мансардные окна (Velux и др.), предназначенные для установки в наклонных плоскостях крыши.

В плане реконструкции города необходимо уделять больше внимания восстановлению разрушенных исторических ансамблей. Так, например, центральным архитектурным ансамблем города являлся Воскресенский монастырь, на основе которого возник город Череповец. Главными постройками монастыря являлись Воскресенский собор и Троицкая церковь. Рядом с Воскресенским собором сохранился фундамент Троицкой церкви, восстановление которой возможно осуществить в настоящее время. В районе Красноармейской (бывшей Благовещенской) площади находился еще один ансамбль, состоявший из Благовещенского собора и церкви Иоанна Богослова. К сожалению, полностью восстановить этот ансамбль не представляется возможным, т.к. на месте Благовещенского собора проходит полоса трамвайного движения, но восстановление церкви Иоанна Богослова (она стояла в районе пушки) все-таки возможно. В районе Комсомольского парка также был храм, который можно восстановить в прежнем виде.

Несмотря на то, что за последнее время внешний вид Череповца очень изменился, хотелось бы, чтобы наш город стал еще более удобным и красивым и радовал своей архитектурой как череповчан, так и гостей города.

НЕКОТОРЫЕ УРОКИ АВАРИЙ НА ОБЪЕКТАХ ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ»

Надежность зданий и сооружений при их проектировании, возведении и эксплуатации в основном обеспечивается выполнением следующих условий: правильным выбором основных расчетных схем и предпосылок расчета, в наибольшей мере соответствующих действительной работе системы в процессе возведения и эксплуатации; достоверностью и полнотой инженерно-геологических и гидрологических изысканий; выбором материалов с соответствующими прочностными характеристиками в зависимости от их назначения и значимости, от района строительства, заданного срока службы системы и условий ее эксплуатации; защитой при необходимости от коррозии всей системы или отдельных ее элементов; учетом при проектировании природно-климатических, силовых и других воздействий, возникающих в процессе возведения и эксплуатации системы; учетом при проектировании и возведении поперечной и продольной жесткости и устойчивости системы; выполнением требований государственных стандартов на строительные материалы, изделия и конструкции, а также нормативных документов по проектированию, строительству и эксплуатации; рациональным решением сопряжений и соединений (узлов, стыков) элементов системы с учетом условий возведения и монтажа системы; строгим операционным, лабораторным и геодезическим контролем в процессе строительного-монтажных работ и эксплуатации.

Как показывает анализ аварий строительных конструкций, зданий и сооружений, нарушение одного или нескольких из перечисленных условий приводит к снижению надежности здания (сооружения), а зачастую к его разрушению (отказу).

Анализ ряда крупных обрушений в строительстве, происшедших за последние годы, показал, что основная причина аварий – низкое качество строительного-монтажных работ. Много обрушений произошло вследствие неудовлетворительного качества выполнения работ по возведению соору-

жений из монолитного бетона и железобетона и грубого отклонения от проекта при возведении зданий и сооружений, связанных с заменой сборных конструкции на монолитные и наоборот.

Задача настоящей статьи – объективно оценить причины одной из аварий, происшедшей на объектах ОАО «Северсталь», чтобы на основе анализа этой аварии избежать ее повторения.

В течение четырех месяцев 2006 г. на ОАО «Северсталь» произошло три обрушения конструктивных элементов сооружений. Расследования технических причин этих аварий показало, что на двух объектах были грубые отклонения от проекта при возведении сооружений, связанных с заменой сборных конструкции на монолитные. В качестве материала для статьи использовалось заключение по техническому расследованию аварии радиального отстойника комплекса доменной печи ОАО «Северсталь».

В январе 2006 г., через 37 лет после начала эксплуатации, произошло обрушение кольцевого внутреннего лотка радиального отстойника комплекса доменной печи ОАО «Северсталь».

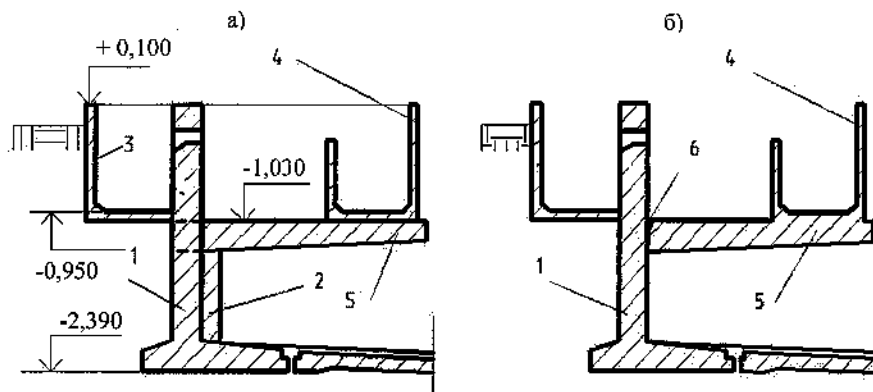
Радиальный отстойник предназначен для осветления оборотной воды, поступающей с газоочисток доменных печей. Он представляет собой заглубленное в грунт круглое в плане сооружение с внутренним диаметром 29,700 м, глубина отстойника составляет 2,800 м.

Условия среды эксплуатации радиального отстойника:

- используются на открытом воздухе;
- степень агрессивности среды для бетонных конструкций – неагрессивная;
- степень агрессивности среды для стальных конструкций – сильноагрессивная.

Конструктивное решение сооружения, согласно типовой проектной документации, должно быть следующее (см. рисунок).

Стенки отстойника представляют собой тонкостенную кольцевую консольную подпорную стен-



Конструктивное решение отстойника: а – по проекту; б – фактически. 1 – стенка; 2 – бетонный столбик; 3 – наружный кольцевой лоток; 4 – внутренний кольцевой лоток; 5 – консоль; 6 – трещины

ку уголкового профиля с отметкой верхней плоскости $+0,100$ м, нижней $-2,490$ м. Толщина стенки 300 мм, высота 2290 мм, подошва имеет длину 1500 мм, максимальную толщину 300 мм, вылет консоли подошвы внутрь сооружения составляет 900 мм. Подпорная стенка выполняется из монолитного железобетона с использованием бетона марки М200 и арматуры класса А-II. В стенке отстойника на высоте 990 мм от плоскости подошвы предусматривается устройство 31 сквозного прямоугольного проема высотой 350 мм.

Внутренний кольцевой лоток отстойника, согласно проекту, сборный железобетонный, из индивидуальных элементов со следующими геометрическими размерами: ширина 960 мм, высота стенок 780 мм и 1130 мм, толщина дна и стенок 80 мм, общая масса 1,296 т. Материал для изготовления лотков – бетон марки М200 и арматура класса А-I. Конструктивно внутренний кольцевой лоток отстойника, в свою очередь, опирается на 31 консоль, верхняя плоскость которых располагается на отметке $-1,030$ м.

Консоль по проекту сборная железобетонная, длиной 2400 мм переменного по длине прямоугольного сечения. Опорный участок консоли имеет длину 490 мм, ширину сечения 200 мм, высоту 300 мм. На участке длиной 1910 мм высота сечения консоли изменяется от 300 мм до 200 мм. Материалом для изготовления консоли является

бетон марки М200, армируется конструкция рабочей продольной арматурой: верхняя – 2 стержня $\varnothing 16$ мм класса А-II, нижняя – 2 стержня $\varnothing 10$ мм класса А-I. Поперечная арматура консоли состоит из стержней $\varnothing 6$ мм класса А-I, располагаемых с шагом 175 мм на опорном участке и с шагом 200 мм – на консольном участке. Сборные консоли вставляются в отверстия стенки отстойника с заполнением имеющихся зазоров под давлением бетоном марки М200 на расширяющем цементе.

В месте примыкания консолей у внутренней поверхности стены отстойника (под проемами) предусматривается устройство опорной монолитной бетонной пилестры с размером прямоугольного поперечного сечения 190×250 мм и высотой 690 мм.

Расследование причин обрушения кольцевого лотка позволило выявить следующее.

При строительстве отстойника был изменен способ изготовления внутреннего кольцевого лотка: все сборные железобетонные конструкции (консоли, лотки) были заменены монолитными. В соответствии с этим вначале выполнялась монолитная железобетонная стена отстойника, из которой в месте расположения консолей внутреннего лотка выпускались 5 арматурных стержней: сверху – 3 стержня $\varnothing 16$ мм класса А-II, внизу – 2 стержня $\varnothing 16$ мм класса А-II. Затем проводилась деревянная опалубка консолей и лотка, укладыва-

лась необходимая арматура, производилось ее стыкование с выпусками арматуры из стенок и осуществлялось бетонирование консолей и лотка. При этом были увеличены размеры поперечного сечения лотка: толщина дна составила 180 мм вместо 80 мм по проекту, толщина стенок в среднем – 100 мм вместо 80 мм по проекту, что в целом увеличило массу лотка в 1,7 раза.

При осмотре стенок отстойника, демонтированных внутренних кольцевых лотков и консолей установлено, что имеет место коррозионное повреждение рабочей арматуры ряда консолей на участке, прилегающем к стенке, с потерей до 70 % общей площади сечения.

Испытания бетона этих же консолей ударами молотка весом 250 г показали, что скалывание бетона с арматурных стержней выполняется без приложения больших усилий, бетон на поверхности стержней не задерживается. На сколах бетона невооруженным глазом заметны поры, есть полости неправильной формы, признаки вымывания цементного камня. Таким образом, имеет место некачественная укладка бетонной смеси при изготовлении консолей.

Результаты лабораторного исследования степени коррозии бетона консолей выявили следующее:

- наружный слой бетона глубиной 8–12 мм имеет рыхлую, пронизанную микротрещинами структуру, а при ударном воздействии крошится и отслаивается;

- разлом бетона происходит преимущественно по границам цемента с заполнителем;

- глубина полностью карбонизированной зоны бетона составляет 9–14 мм, частично карбонизированной – 15–26 мм от наружной поверхности, а в ряде случаев до 32–43 мм, т.е. до места расположения арматуры.

Анализ воды из радиального отстойника показал, что она содержит агрессивные коррозионные факторы, отрицательно влияющие на цементный камень и арматуру бетона.

Таким образом, конструкции внутреннего радиального лотка подвергались при эксплуатации воздействию коррозионно-активной среды, вызвавшей деструкцию и охрупчивание цементного камня в наружном слое на глубину до 14 мм и снижение защитных свойств бетона на глубину до

43 мм, а также нарушение адгезии цемента к заполнителю и арматуре, коррозию арматуры.

Проверочный расчет монолитной железобетонной консоли, поддерживающей внутренний лоток радиального отстойника, выполненный с учетом фактических нагрузок и воздействий, выявил следующее:

- прочность монолитной железобетонной консоли по предельному моменту в ее наиболее нагруженном сечении (в месте примыкания к вертикальной стене отстойника) не обеспечена с коэффициентом использования 1,28;

- прочность монолитной железобетонной консоли по наклонной трещине обеспечена с коэффициентом использования 0,82;

- кратковременная ширина раскрытия трещины достигает 0,198 мм, что составляет 99 % от ее предельного значения (0,3 мм);

- длительная ширина раскрытия трещины достигает 0,265 мм, что составляет 133 % от ее предельного значения (0,2 мм).

Таким образом, при фактических размерах монолитного внутреннего кольцевого лотка отстойника имеет место повышенная, по сравнению с требованиями норм, длительная ширина раскрытия нормальных трещин в наиболее нагруженном сечении (участок примыкания консолей к стенкам отстойника).

Суммируя результаты экспертизы аварии отстойника, можно сделать следующие выводы.

При строительстве отстойника, был изменен способ изготовления внутреннего кольцевого лотка без согласования с проектной организацией: все сборные железобетонные элементы заменены монолитными с увеличением общей массы в 1,7 раза. Принятое при этом конструктивное решение узла примыкания консолей к стенке отстойника не обеспечивает их совместную работу.

В процессе эксплуатации, как показал проверочный расчет и подтвердили результаты обследования, в бетоне отдельных консолей на участке их примыкания к стенке радиального отстойника появились трещины с чрезмерной шириной раскрытия. Через эти трещины внутрь проникала вода, вызывала вымывание цементного камня и коррозию рабочей (верхней) продольной арматуры. Это, в свою очередь, уменьшало жесткость конструкции и способствовало увеличению ширины

раскрытия образовавшихся трещин. При исчерпании несущей способности наиболее поврежденных консолей и их обрушении произошло перераспределение нагрузки на соседние консоли, их перегрузка и полное обрушение внутреннего

кольцевого лотка (по принципу «домино»).

В связи с этим было рекомендовано провести внеочередное обследование всех радиальных отстойников ОАО «Северсталь», имеющих аналогичные конструктивные решения.

УДК 658.012.12

В.А. Нерובה, Е.Н. Яковлева
Кафедра менеджмента

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

подавляющая часть строительных организаций имеет корпоративную форму собственности, что требует эффективной системы управления, так как при ее отсутствии невозможно обеспечить привлечение существенных инвестиций в строительство. Кроме того, эффективная система управления является важнейшим фактором, определяющим уровень конкурентоспособности строительных организаций. Следовательно, в сложившихся условиях необходим более тщательный и системный подход к вопросам, связанным с организацией учета и контроля в строительстве.

В настоящее время каких-либо специальных отраслевых методических рекомендаций по управленческому учету в организациях строительной отрасли не существует. Отсутствует понятийный аппарат, уточненный с учетом особенностей отрасли.

Такая ситуация значительно осложняет создание подсистемы управленческого учета в конкретной строительной организации, а также приводит к значительному увеличению затрат на автоматизацию системы управления.

Исходя из организации бухгалтерского учета, можно выделить ряд особенностей строительного производства, оказывающих существенное влияние на организацию управленческого учета:

- 1) нестационарность строительного производства;
- 2) индивидуальность каждого изделия;
- 3) длительность производственного цикла;
- 4) высокая мобильность трудовых и технических ресурсов;

5) неподвижность конечного продукта (связь с земельным участком);

6) возможность нарушения экологических и природных условий территории, занятой под застройкой;

7) сложность ценообразования [1].

Калькуляция себестоимости в строительстве традиционно осуществляется позаказным методом. Встречающиеся в строительстве варианты организации учета затрат опираются на исчисление полной фактической себестоимости. Широко применяется нормативный метод учета, в той или иной степени связанный с бухгалтерскими процедурами. В строительстве чрезвычайно развиты нормативная калькуляция, сметный контроль, что позволяет рассматривать "стандарт-кост" как наиболее вероятное направление развития управленческого учета в строительстве.

В современных условиях сметный контроль по объекту строительства и видам работ ведется не только подрядчиком, но и заказчиком. Использование нормативов 1984-го, 1991-го, 2001-го гг. в качестве текущих достижимых норм затрудняется необходимостью неравномерной корректировки. Возможность вести нормативное хозяйство на ПЭВМ способствует распространению использования внутрифирменных нормативов.

Распределение косвенных затрат (накладных расходов) чаще всего производится по варианту постоянно распределяемых затрат на производство, пропорционально сумме прямых затрат, по общему коэффициенту постоянных затрат [4].

Для повышения эффективности аналитической

работы и качества принимаемых финансово-экономических решений в крупных и средних организациях строительной отрасли необходимо создать обособленную (основанную на самостоятельной системе счетов) подсистему управленческого учета. В мелких строительных организациях создание обособленной подсистемы управленческого учета не будет эффективным и экономически оправданным в связи с тем, что это дорогостоящее мероприятие.

Организационно управленческий учет в строительной фирме опирается на производственно-технический отдел (реже – планово-экономический) и бухгалтерию. Основной проблемой информационного обеспечения управления является дефицит оперативной информации об отклонениях от плановых показателей для принятия краткосрочных решений. Оперативные решения принимаются на основе дифференцированных издержек, однако калькулирование неполной себестоимости не получило распространения.

Особая сложность создания эффективной подсистемы управленческого учета в строительных организациях во многом вызвана следующими факторами:

- сложностью научного изучения различных аспектов капитального строительства;
- многообразием организационных и хозяйственных форм процесса изготовления строительной продукции;
- трудностями прогнозирования внешних факторов и долгосрочного планирования;
- большим количеством участников, имеющих разные функциональные задачи и цели;
- существенной зависимостью процесса строительства от естественных природных условий [3].

В связи с тем, что строительство проходит под непосредственным влиянием большого количества организационных, научно-технических, экономических, производственных, природно-климатических и других факторов, по своей природе имеющих вероятностный характер, оно представляет собой сложнейшую систему с динамичным характером развития. С этим связана необходимость более широкого использования методов информационного обеспечения, экономического моделирования, системного анализа, экономической экс-

пертизы, основанных на научно-обоснованных принципах.

Информационная база управленческого учета в строительстве значительно отстает от потребностей управленческого персонала и не соответствует характеру и специфике деятельности строительных организаций на современном этапе. Нередко утрачивается непосредственная связь между затратами и определяющими их процессами.

Одним из важнейших принципов создания системы управленческого учета должно стать формирование информации, достаточной для сопоставления доходов и расходов по различным центрам ответственности (сегментам деятельности) хозяйствующего субъекта. Несмотря на то, что данная проблема для строительной отрасли давно приобрела особую значимость, тем не менее она и сегодня не решена.

Следует отметить, что учет и контроль по центрам ответственности для строительства имеют особую важность, обусловленную следующими факторами:

- отраслевые особенности (географическая отдаленность различных объектов строительства от местонахождения аппарата управления, наличие в составе многих крупных строительных организаций большого спектра вспомогательных и обслуживающих производств и хозяйств);
- особенности организационной структуры (разветвленность производственной деятельности строительной организации, наличие филиалов (участков) и управлений) [2].

Между тем, во многих строительных организациях не ведется учет по центрам затрат, а если ведется, то бессистемно и разрозненно, что не позволяет рассматривать его как часть единой системы управленческого учета хозяйствующего субъекта.

Стремление сократить себестоимость строительства может быть эффективным только в том случае, если формируется соответствующая информация, по результатам которой можно измерить и оценить вклад каждого подразделения в финансовый результат строительной организации.

Следовательно, без учета затрат по различным центрам ответственности трудно повлиять на увеличение производительности труда и сокращение производственных затрат.

Для повышения инвестиционной привлекательности строительной организации в рамках управленческого учета необходимо реализовывать долгосрочные (стратегические) программы расширения рынка ее присутствия. Чтобы обеспечить улучшение финансово-экономического положения организации, пополнение ее оборотных средств и создание условий для устойчивого развития организации, необходимо в рамках подсистемы управленческого учета проводить многоступенчатую ценовую политику.

Наличие эффективной подсистемы управленческого учета является необходимым условием и в значительной степени способствует принятию обоснованных управленческих решений на разных уровнях управления строительной организации. Таким образом, создание обособленной подсисте-

мы управленческого учета в средних и крупных строительных организациях в настоящее время представляет собой объективную необходимость, которую нельзя игнорировать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адамов Н.А., Чернышев В.Е.* Организация управленческого учета в строительстве. – СПб.: Питер, 2005.
2. *Адамов Н.А., Чернышев В.Е.* Принципы построения системы управленческого учета в строительстве // Управленческий учет. – 2005. – № 5.
3. *Адамов Н.А., Чернышев В.Е.* Управленческий учет в строительстве: проблемы и перспективы // Экономика и учет в строительстве. – 2005. – № 3.
4. *Минина Л.С., Манаков Л.Ф.* Особенности планирования деятельности строительного предприятия: Учеб. пособие. – Новосибирск: НГАСУ, 2001.

УДК 331.101.38

А.Ю. Пома
Кафедра менеджмента

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И СТИМУЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА

Успех организации во многом зависит от способности руководителей и специалистов к развитию, освоению новых методов работы и специальностей. Сегодня от сотрудников требуется не только тщательно выполнять должностные функции, но и иметь разносторонние профессиональные навыки, способности развивать и приобретать новые. Следовательно, необходима разработка и внедрение соответствующей системы мотивации специалистов для раскрытия их творческого потенциала.

Для организации, внедряющей систему оплаты за знания, исключительно важной задачей является определение тех «знаний» (навыков, квалификации, умений), за обладание которыми она собирается вознаграждать работников. Именно на их поощрение и развитие направлена система заработной платы. Надо заметить, что набор «знаний» не должен быть постоянным: при изменении стратегических целей организации критические навыки должны измениться.

Специалисты по оплате труда могут достаточно легко определить набор критических «знаний» для заводских рабочих, технических сотрудников и представителей других профессий, занятых относительно повторяющимися видами деятельности, результаты которых поддаются количественному измерению. Гораздо сложнее определить подобный набор для руководителей различных уровней, инженеров, исследователей и других специалистов, деятельность которых предполагает высокую степень свободы и творчества.

Индивидуальная оценка труда работника управления, которая сегодня равна окладу, как правило, произвольна. Обычно при утверждении оклада учитывается:

- должность (место, которое занимает сотрудник в структуре фирмы);
- уровень образования (квалификация);
- трудовой стаж (количество проработанных лет).

Но полностью или частично отсутствует система формальной оценки проделанной работы. Отсутствуют критерии, которые бы учитывали целостный результат, качество вложенных интеллектуальных и физических усилий. Ситуация, когда нет мотивации для достижения максимальных результатов, приводит к тому, что «уровнировка» превращается в серьезное препятствие для развития организации в целом. Основным вопросом в разрешении данной ситуации является оценка количества труда руководителей, специалистов, служащих и порядок его оплаты. Тут существуют две противоположные точки зрения.

По одной из них, управленческие работники не создают материальных ценностей, их главной задачей считается мобилизация исполнителей на решение конкретных задач, организация их труда. В таком случае труд руководителей и специалистов должен оцениваться по конечному результату работы подразделения, и при построении системы оплаты труда акцент необходимо делать на переменную часть заработной платы: оклад должен быть небольшим, а премии – достаточно весомыми.

По другой точке зрения, деятельность административных работников относится к наиболее высококвалифицированному труду, требует длительной подготовки, разносторонних знаний, больших практических навыков. Поэтому должностной оклад управленцев и специалистов должен быть более высоким по сравнению с переменной частью оплаты.

Необходимо учитывать, что заработная плата выступает не только в роли элемента хозяйственного механизма на предприятии, но и несет высокую социальную нагрузку. Дифференциация должностных окладов руководителей и других категорий работников должна отражать различия в их квалификации и сложности труда. Руководители цехов оказывают существенное воздействие на формирование конечных результатов производства, что также должно сказываться на системе оплаты их труда. Таким образом, оплата труда руководителей, специалистов, служащих должна рационально сочетать в себе действие факторов, свя-

занных с квалификацией работников, с конечными результатами коллективного труда.

Разрешить эту дилемму может система оплаты за компетенции руководителей, специалистов, служащих. основополагающим принципом данной системы будет являться вознаграждение работника за овладение дополнительными навыками или знаниями, а не за потенциальный вклад занимаемой им должности в достижение целей организации.

Компетенции в самом общем виде представляют собой качества или навыки человека, которые позволяют выполнять определенные профессиональные функции. Компетенции являются характеристикой человека, а не должности, поэтому переносятся с одного рабочего места на другое вместе с сотрудником. Заметим также, что человек должен быть в состоянии продемонстрировать компетенции на практике, для того чтобы они могли служить основой для вознаграждения.

Компетенциями руководителя могут являться, например, способность сформулировать реальную проблему, анализировать информацию из разных источников и разработать план действий, способность заставить других принять собственную точку зрения или последовать определенному курсу действий. Формировать перечень критериев, характеризующих квалификацию исполнителей, могут специалисты отделов по работе с персоналом и руководители предприятия. Необходим такой перечень качеств, который давал бы суммарную оценку результатов труда, личных и деловых качеств, а подчас и самого труда работника (табл. 1).

Для количественной оценки установленных компетенций необходимо определить оценки каждого показателя по 5-балльной шкале. При несвоевременном и некачественном выполнении работ выставляется от 1 до 2 баллов, при результате в соответствии с должностью оценка достигает 4 баллов, а при более высоких результатах – 5. Поскольку работник имеет различные оценки по показателям, то используется коэффициент значимости, вес которого определяется задачами подразделения, наиболее важными на данном этапе.

Таблица 1

**Предлагаемая балльная оценка руководителей, специалистов, служащих
для определения уровня квалификации**

Компетенции (критерии)	Показатели (признаки)	Баллы	Значимость признака, %	Максимальное количество баллов	Значимость критерия, %	Максимальное количество баллов
Опыт работы	1) Образование (среднее, высшее, дополнительное)	1 2 3 4 5	30	150	20	10 000
	2) Повышение квалификации	1 2 3 4 5	40	200		
	3) Разнообразие мест работы, которые пришлось сменить	1 2 3 4 5	20	100		
	4) Стаж (до года, до 5 лет, более 5 лет)	1 2 3 4 5	10	50		
Статус в группе	1) Роль (лидер, неформальный лидер, консультант, исполнитель)	1 2 3 4 5	30	150	15	7 500
	2) Оказание влияния (может убеждать, неубедителен, не может достичь согласия)	1 2 3 4 5	50	250		
	3) Индивидуальные черты (самостоятельность, командная работа, предотвращение конфликтов)	1 2 3 4 5	20	100		
Планирование и организованность	1) Прогнозирование (оценка изменений, последствий, результата)	1 2 3 4 5	25	125	30	15 000
	2) Результат планирования (сложность работ, объем работ, затраты, риск, сроки)	1 2 3 4 5	40	200		
	3) Качество работы (своевременность, положительный или отрицательный результат)	1 2 3 4 5	35	175		
Решение проблем	1) Инициативность (генерация идей, постановка задач, нахождение путей решения)	1 2 3 4 5	40	200	25	12 500
	2) Нестандартность (интуиция, аналитическое мышление, обоснованность)	1 2 3 4 5	25	125		
	3) Глубина мышления (охват всех аспектов ситуации, нет логики, видение проблемы поверхностно)	1 2 3 4 5	35	175		
Общий интеллект	1) Общие способности (практические навыки, мыслительные операции, навыки устной речи, умение производить вычисления)	1 2 3 4 5	50	250	10	5 000
	2) Специальные способности (быстрота реакции, беглость чтения, плавность речи)	1 2 3 4 5	40	200		
	3) Интересы и увлечения	1 2 3 4 5	10	50		
	Всего				100	50 000

Опираясь на компетенции, предлагается ввести три группы квалификации специалистов и за каждую группу установить доплату: предположим, по

первой группе квалификации – 20 % оклада, по второй – 15 %, а по третьей – 10 % (табл. 2).

Таблица 2

**Предлагаемая система доплат
за квалификацию специалистов**

Группа квалификации	Диапазон набранных баллов	Доплата к окладу, %
1	35 001–50 000	20
2	25 001–35 000	15
3	20 000–25 000	10

Группы квалификации устанавливаются только специалистам и служащим, а также линейным руководителям всех подразделений предприятия. Определяется максимальное количество работников, которым назначаются квалификации. Указываются условия, при которых доплата за квалификацию (компетенции) может быть уменьшена или отменена. Надбавка, установленная за два и более сроков и подтвержденная конкретными результатами, должна свидетельствовать о необходимости пересмотра должностного оклада в сторону увеличения.

Вводимая система оплаты за квалификацию ориентирует работников на приобретение новых навыков, профессий, знаний, что обеспечивает постоянное повышение качества трудового потенциала организации. В современных условиях, когда технические нововведения легко копируются и быстро устаревают, этот фактор является важным для успеха в конкурентной борьбе, поскольку квалификацию сотрудников компании, в отличие от продуктов и технологий, невозможно скопировать. Но необходимо помнить о возможных проблемах, которые могут возникнуть с внедрением доплаты за квалификацию.

1. Данная система нейтральна к результатам работы отдельного сотрудника, подразделения и всей организации, т.к. она вознаграждает потенциал (знания и навыки), а не результаты. Хорошо образованный, но плохо работающий сотрудник будет получать более высокую зарплату, чем передовой работник, обладающий ограниченной квалификацией. Поэтому необходимо сочетание оплаты за «знания» с видами переменной заработ-

ной платы (премии, участие в прибыли и т.д.)

2. Оценка наличия у работников определенных навыков, знаний является достаточно сложным и не всегда абсолютно объективным процессом. При непосредственном влиянии результатов этого процесса на заработную плату на предприятии могут возникнуть конфликты, вызванные недовольством сотрудников, несогласных с оценкой их знаний или компетенций. Предотвратить подобные трения можно путем тщательного подбора критических навыков, а также методов и критериев определения наличия этих способностей и предоставления исчерпывающей информации каждому оцениваемому сотруднику.

Пересмотр базовых окладов в соответствии с новыми принципами может привести к значительным изменениям в уровне заработка отдельных работников (как в сторону повышения, так и понижения), что способствует конфликту в коллективе. Избежать его можно, оставив неизменными исторически сложившиеся базовые оклады и начав применять систему оплаты за «знания» в момент их периодического повышения.

Подобная методика оценки и стимулирования управленческого персонала повысит стремление людей к нововведениям, улучшению качества продукции, совершенствованию технологии производства. Чем выше будет инициатива и творческая активность сотрудников, тем выше конкурентоспособность и эффективность фирмы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев А.А.* Социально-экономические и организационные методы активизации творческого труда: Дис. ... канд. экон. наук. – М., 2000.
2. *Перов Е.В.* Проблемы мотивации в организации управления производственной деятельностью ЗАО «Вологодский подшипниковый завод» // Экономические исследования молодых ученых. – Вологда: ВНКЦ ЦЭМИ РАН, 2000.
3. *Шекина С.В.* Управление персоналом современной организации: Учеб.-практ. пособие. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «Бизнес-школа «Интел-Синтез»», 2000.

Раздел 8

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 007.52.(075.8)

А.В. Полянский

Кафедра автоматизации и систем управления

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ СИСТЕМ С РАДИАЦИОННЫМИ ДАТЧИКАМИ И ДВУПОЗИЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Требования уменьшения активности источников ионизирующих излучений (ИИ) в системах автоматического управления (САУ), использующих измерители на их базе [1], вызывают более тщательный расчет в обеспечении допустимых погрешностей и быстродействия в работе с учетом возмущающих факторов.

С развитием пользовательских вычислительных средств в части интегрированных математических пакетов, например, MathCAD последних

версий [2], появляется возможность в разработке более наглядных и эффективных моделей стохастических процессов управления, к которым относятся САУ с ИИ.

Предлагается основа стохастических моделей САУ с ИИ в среде пакетов MathCAD в виде матрицы состояния с введением нелинейной сплайн-аппроксимации счетной характеристики измерителя; преобразования нестационарного пуассоновского процесса, характерного для измерителя ИИ,

в экспоненциальный; описания динамических звеньев разностными уравнениями с переменным шагом дискретизации, как случайным интервалом с экспоненциальным распределением, и созданием второй смещенной координаты времени в виде накапливаемой суммы импульсных интервалов. Наличие нелинейностей звеньев возможно учитывать при составлении их разностных уравнений - аналогов дифференциальных, также позволит анализировать динамику во всем рабочем диапазоне, а не только на линеаризованном участке.

В типовой САУ с ИИ (рис. 1), контролирующей, например, уровень ρ засыпки бункеров или

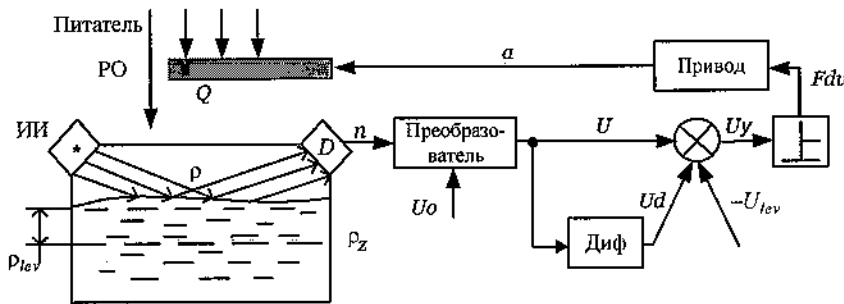


Рис. 1. Функциональная схема типовой двухпозиционной САУ с ионизирующими измерителями

заливки жидким металлом ковшей по отраженному от поверхности сигналу, регистрируемому детектором, как число гамма-квантов n в единицу времени, преобразуют его в напряжение u и после дополнительной обработки до управляющего сигнала U_y сравнивают с уставкой u_{lev} , представляющей в масштабе установочный уровень ρ_{lev} . При превышении уставки u_{lev} появляется команда F_{dv} исполнительному механизму (ИМ) и регулирующему органу (РО) на перекрытие питателя среды Q , пока вновь уровень не станет ниже заданного при отборе среды или не придет команда на очередное дозирование объекта. Корректирующее устройство (КУ) обеспечивает обычно закон ПД-регулирования с целью компенсации запаздывания исполнительных команд из-за инерционности исполнительных механизмов и самого блока измерения, требующего принципиально времени накопления информации T_u о состоянии объекта контроля ввиду ее стохастичности. Чем большее требуется времени накопления T_u для

обеспечения достаточной достоверности (допустимой погрешности измерения), тем большее запаздывание вносится измерителем и большее компенсирующее воздействие необходимо формировать КУ с коэффициентом Tk при производной измеряемого процесса Udk .

Данной структурой с неперверсивными регулирующими органами возможны технологические действия, влияющие на объем модели и вычислений:

- двухпозиционное регулирование заданного уровня;
- выдача отсечки на не превышение заданного уровня засыпки или заливки;
- контроль текущего уровня.

Выберем вариант, который достаточно полно показывает суть моделирования и не перегружает метод повторами математических операций. В этом плане достаточно второе задание по дозированию процесса, кстати, включающее в себя решение третьего и один цикл управления первого или полное регулирование при отсутствии отбора контролируемой среды.

Исходное определение влияния срабатывающего воздействия F_{dv} исполнительного механизма и регулирующего органа (например, гидроусилитель, перекрывающий питатель шиберной заслонкой или клапаном) на снижение скорости перемещения уровня ρ от номинальной v_0 до остановочной с отрицательным ускорением a , а также определение времени воздействия t_w и упреждающего уровня срабатывания ρ_{lev} , предлагается проводить в решающем блоке *Given-Find*:

Given

$$\rho_{lev} = \int_0^{t_w} (v_0 - a \cdot t_w) dt;$$

$$m \cdot a = F_{dv}, \quad v0 - a \cdot t_w = 0; \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} t_w \\ F_{dv} \\ a \end{pmatrix} := \text{Find}(t_w, F_{dv}, a),$$

где F_{dv} – произведение всех статических коэффициентов регулирующих звеньев с учетом уровня командного сигнала порогового элемента; m – максимальный объем среды, проходящий через единицу сечения открытого регулирующего органа.

При известных F_{dv} , $v0$, и a достаточно определить только уровень выключения ρ_{lev} с отсчетом от измерителя или условного нуля на градуировочной характеристике. Последняя задается неаналитически, а в виде графика или таблицы, получаемых экспериментально. Представим их в пакете MathCAD матрицей (2), для удобства записи здесь полученной из двух транспонированных матриц $M1$ и $M2$ с конкретными данными, где первой строкой даны фиксированные уровни $M^{(0)}$ [м], а второй – соответствующие им зарегистрированные детектором усредненные интенсивности $M^{(1)} \cdot 10^3$ [импульсы/с]

$$M1 := \begin{pmatrix} 0.3 & 0.5 & 1 & 1.5 & 2 & 2.5 & 3 & 3.5 & 4 & 4.5 & 5 \\ 57 & 55 & 42.5 & 36.5 & 27.5 & 21 & 16.5 & 13.5 & 11.8 & 10.2 & 9 \end{pmatrix}^T$$

$$M2 := \begin{pmatrix} 5.5 & 6 & 6.5 & 7 & 7.5 & 8 & 8.5 & 9 & 10 & 11 \\ 8.25 & 7.5 & 7 & 7.9 & 6.5 & 6 & 5.9 & 5.8 & 5.5 & 5.4 \end{pmatrix}^T$$

$$M := \text{stack}(M1, M2) \quad (2)$$

Приняв при аналоговой обработке в качестве преобразователя интенсивности типовую нелинейную конденсаторную схему [1] с нормированным питанием U_0 , отношением дозирующей и накопительной емкостей – κ_c , τ – текущим временем накопления межимпульсных интервалов T_i при каждом i -м шаге вычислений получим его уравнение в первой разности как

$$u\{[i+1] T_i\} =$$

$$= \{u[i T_i] + (U_0 - u[i T_i]) \cdot \kappa_c\} \exp(-T_i / Tu), \quad (3)$$

где случайные интервалы T_i реализуются при генерации равновероятных чисел x_i в диапазоне $0 \dots 1$ как $x_i = \text{rnd}(1)$ и далее в первой строке матрицы состояния (4) функционально преобразуются в совокупность данных с нестационарным экспоненциальным законом распределения.

$$\begin{pmatrix} T_{i+1} \\ u_{i+1} \\ t_{i+1} \\ \rho_{i+1} \\ n_{i+1} \\ \tau_{i+1} \\ Uk_{i+1} \\ Udk_{i+1} \\ Uy_{i+1} \\ F_{i+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{1}{n_i} \cdot \ln(x_i) \\ [u_i + (U_0 - u_i) \cdot \kappa_c] \cdot e^{-\frac{T_i}{Tu}} \\ \text{if}[(Uy_i \geq u_{lev}) \wedge i > 0 \vee t_i > 0, t_i + T_i, 0] \\ \rho_i - (v0 - a \cdot t_i - (\rho_h)') \cdot T_i \\ \text{in terp}(S, M^{(0)}, M^{(1)} \cdot 10^3, \rho_i) \\ \tau_i + T_i \\ Uk_i + (u_i - Uk_i) \cdot \frac{T_i}{0.2 \cdot Tk} \\ \text{if}(i > 1, \frac{Uk_i - Uk_{i-1}}{T_{i-1}} \cdot Tk, 0) \\ u_i + U dk_i \\ \frac{t_i - \text{if}(i > 1, t_{i-1}, t_i)}{\text{if}(i > 1, T_{i-1}, T_i)} \cdot Fdv \end{pmatrix} \quad (4)$$

Далее соответственно по строкам матрицы (4) располагаются: 2 – выход интенсиметра u_i ; 3 – время t_i после срабатывания командного устройства; 4 – текущий уровень ρ_i с компонентами скорости, включая производную от гармонической вертикальной $\rho_h = A_h \sin(\omega_h \tau)$ составляющей, т.е. $(\rho_h)'$; 5 – определение текущей интенсивности n_i через кубичную сплайн-функцию; 6 – текущее время τ_i накопления импульсов; 7 – учет инерционности [3] корректирующей цепи как реального дифференцирующего устройства; 8 – получение скоростного сигнала Udk ; 9 – форсирование процесса с постоянной T_k (коррекция) и формирование сигнала управления Uy на включение ИМ;

10 – условие появления тормозного усилия Fdv с триггерным эффектом, исключающим «дребезг» выключения при статистическом управляющем сигнале Uy .

Решение матрицы состояния (4) по всем указанным параметрам приведено на рис. 2, где видно непостоянство скорости наполнения и упреждение управляющим сигналом Uy , включающим ИМ,

да к заданному (здесь нулевому) уровню возможно подбором постоянной коррекции, например, $T_k = 0,075$ с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юревич Е.И. Фотонная техника: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. – 192 с.
2. Очков В. Mathcad 12 для студентов и инженеров. –

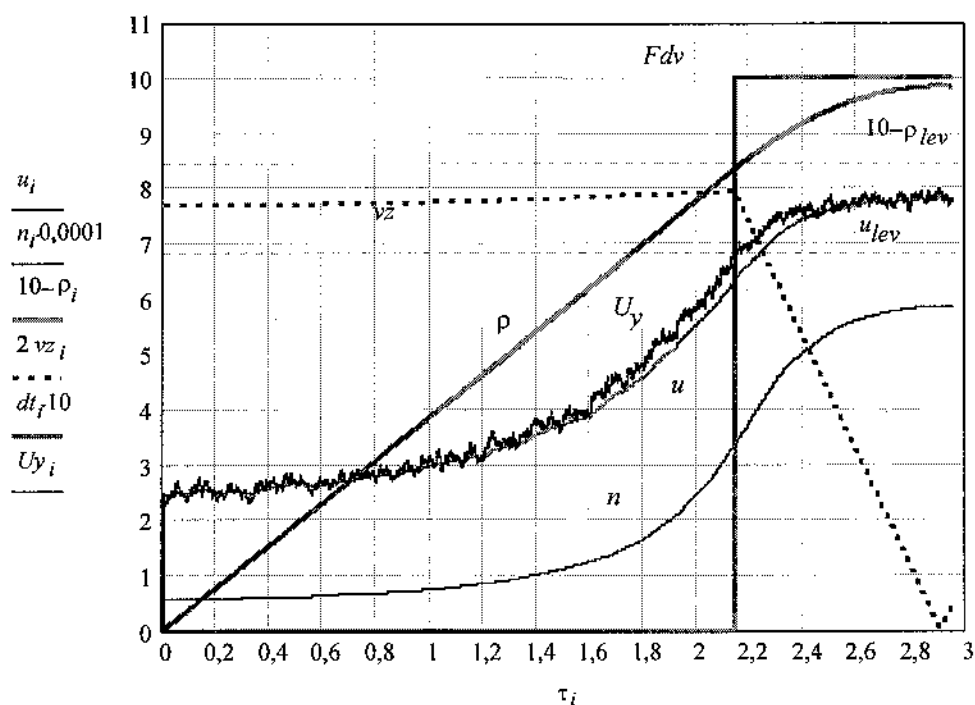


Рис. 2. Статистическая динамика установления параметров модели САУ с ионизирующими измерителями

нескорректированного сигнала интенсиметра u . Возмущающие факторы имели параметры $A_h = 0,25$ м, частоту колебаний 0,1 Гц с нулевым фазовым сдвигом на момент начала контроля при усредненной скорости заполнения $v_0 = 4$ м/с, а измерительная схема (3) – $U_0 = 10$ В, $T_u = 0,2$ с и $k_c = 0,0002$. Обеспечение нулевой скорости подхо-

СПб.: БХВ Петербург, 2005. – 464 с.

3. Полянский А.В. Моделирование динамики азимутального канала модуля ориентации робота-разведчика ионизирующих источников // Актуальные проблемы защиты и безопасности: Тр. VIII науч.-практ. конф. Экстремальная робототехника. – СПб.: НПО СПЕЦМАТЕРИАЛОВ, 2005. – Т. 5. – 454 с.

ПРЕИМУЩЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ ПРИ РЕШЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Электронные тахеометры находят самое широкое применение в строительстве, реконструкции и архитектуре, инженерных изысканиях, наблюдениях за деформациями, землеустроительных и кадастровых работах. Они объединяют в себе возможности нескольких приборов: электронного теодолита, электронного дальномера и полевого калькулятора. Прибор снабжен памятью для сохранения результатов полевых измерений.

Использование электронных тахеометров на производстве позволяет значительно повысить производительность работ, сократить время на камеральную обработку, исключить ошибки исполнителя (взятия отсчета, записи результатов измерений, ручных вычислений), исключить применение калькуляторов для расчетов.

Появление безотражательных моделей тахеометров позволило проводить измерения там, где ранее это считалось невозможным или опасным. Современные электронные тахеометры – это высокая надежность конструкции, защита от воздействия воды и пыли, широкий набор прикладных программ и удобное управление. Электронные тахеометры успешно работают в различных погодных и климатических условиях, а для суровых условий севера специально разработаны низкотемпературные модели.

Широкий резонанс среди геодезистов всего мира получили тахеометры, снабженные режимами дистанционного управления. Режим двойного управления может использовать бригада из двух человек. Оператор с отражателем полностью руководит программой измерений и назначением кодов определяемых точек. Он может послать сообщение оператору инструмента о наведении на отражатель, после этого, если потребуется, он может запустить измерения, включить систему слежения за отражателем. Второй режим – это автоуправление. Он позволяет пользователю работать целиком и самостоятельно, инструмент при этом

поворачивается за отражателем, сохраняя наведение автоматически. Конечно, почти всегда на линии визирования возникают препятствия. Специально разработанное программное обеспечение справляется с этим. Если между отражателем, установленном на точке стационарно, и инструментом проходит какой-то объект, например грузчик, то инструмент не прервет процесс измерений до тех пор, пока не восстановится прямая видимость. Если при переходе на следующую точку оператор с отражателем зайдет за препятствие, то инструмент продолжит поворачиваться по той же траектории слежения и с постоянной скоростью определенный период времени. С помощью этой функции трудно потерять отражатель, а если он все-таки потерян, то активизировав систему поиска отражателя, его можно найти.

Очень популярны в России электронные тахеометры, выпускаемые компанией Trimble. Она является мировым лидером в производстве геодезических инструментов. Используя мощности Carl Zeiss (Германия) и Spectra Precision (Швеция), компания выпускает широкий спектр современного оптико-электронного оборудования. Электронные тахеометры производятся трех серий TS 3300, TS 3600, TS 5600.

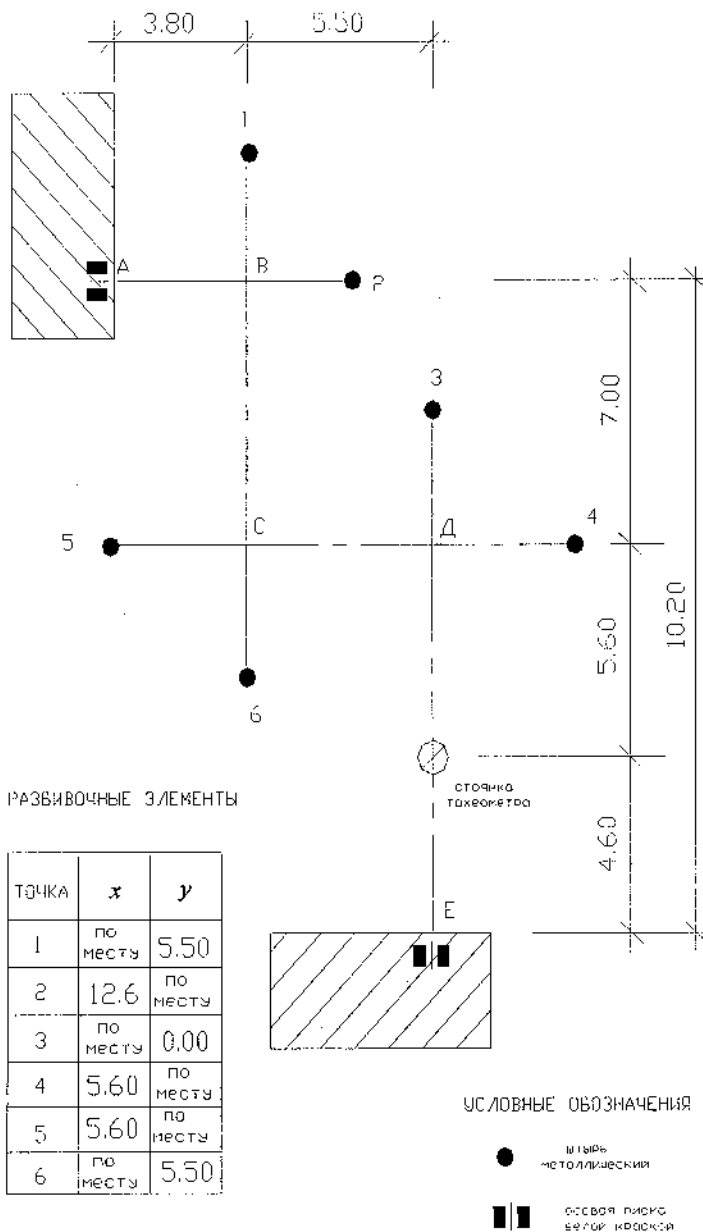
Приборы серии TS 3300 выпускаются в 3- и 5-секундном исполнении, они могут работать в безотражательном режиме (DR, работа без отражателя на расстояниях до 100 м), а также в северной морозоустойчивой вариации (X-treme), способной работать при температуре до -35 градусов. Приборы этой серии имеют малый вес и размеры, низкое энергопотребление, встроенную память на 1900 измерений. Тахеометры этой серии позволяют выполнять практически все геодезические работы соответствующей точности, они широко применяются как при топографических съемках так и при геодезическом обеспечении строительства. Особые преимущества этого прибора проявляются

при выполнении разбивочных работ, т.е. при выносе сооружения в натуру. Такие преимущества приборам обеспечивает возможность работы в режиме X, Y, h .

Наглядным примером может служить разбивочная схема (см. рисунок) оси трубопровода, при выносе которой использовался электронный тахеометр Trimble серии TS 3300. Характерные точ-

ки поворота трассы были вынесены способом полярных координат от пунктов разбивочной основы, а закрепление всех направлений выполнено методом прямоугольных координат. С одной стоянки инструмента были вынесены и закреплены металлическими штырями четыре направления оси трассы, что значительно сократило время выполнения разбивочных работ и повысило их точность.

Использование в строительном производстве современного геодезического оборудования предоставляет большие возможности для повышения качества строительно-монтажных работ и сокращения сроков их выполнения, что в итоге позволяет снизить общую сметную стоимость строительства объектов гражданского и промышленного назначения.



Рабочая схема эстакады трубопроводов

Раздел 9

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 681.338

З.М. Магруппова, Е.В. Баранова
Кафедра экономики

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ОБНОВЛЕНИЯ ПАРКА АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

На ОАО «Северсталь» на сегодняшний день нет четкой и обоснованной стратегии обновления автотранспорта. Увеличивая период обновления автопарка, предприятие сокращает инвестиционные и увеличивает текущие затраты. Финансирование инвестиций в автотранспорт по остаточному принципу (как это происходит в ОАО «Северсталь») приводит к увеличению среднего возраста автопарка (12 лет) и не позволяет установить оптимальный баланс капитальных и текущих затрат. В этой связи оптимизация инвестиционных решений с целью сокращения совокупных затрат ОАО «Северсталь» на автомобильные перевозки является актуальной. Построение экономической модели инвестиционного процесса, определение оптимального (с точки зрения минимизации общих затрат) возраста списания автотранспортного средства на примере автоколонны № 2 (самосва-

лы), оценка экономической эффективности предлагаемой стратегии обновления автопарка – это те задачи, решение которых позволит повысить эффективность планирования и осуществления инвестиций в автотранспортном цехе и снизить текущие затраты.

Проведенный в работе анализ текущих и капитальных затрат автоколонны № 2 автотранспортного цеха позволил сделать вывод о том, что существенная доля расходов цеха зависит от действующей инвестиционной политики и, следовательно, от возраста (пробега) автомобилей. Это такие статьи затрат, как затраты на топливо, ремонт, смазочные материалы, налог на имущество, налог на прибыль. На сегодняшний день обновление грузового автомобиля в АТЦ производится в среднем при пробеге 400 тыс. км, то есть тогда, когда, с одной стороны, выросли текущие затраты

(в связи с существенным износом автомобиля), а с другой стороны, ликвидационная стоимость автомобиля очень мала. На основании оценки полных затрат, связанных с возрастом автомобиля, были выбраны два потенциально оптимальных периода обновления автомобилей колонны самосвалов (рис. 1, 2, 3).

Данные периоды составили: автомобиль «КАМАЗ 55111» – 160 и 280 тыс. км; автомобиль «МАЗ 5551» – 120 и 280 тыс. км; автомобиль «ЗИЛ ММЗ 4505» – 160 и 280 тыс. км. Именно на этом пробеге общие затраты на содержание и обновление автомобиля являются минимальными. В соответствии с этим были обозначены три инве-

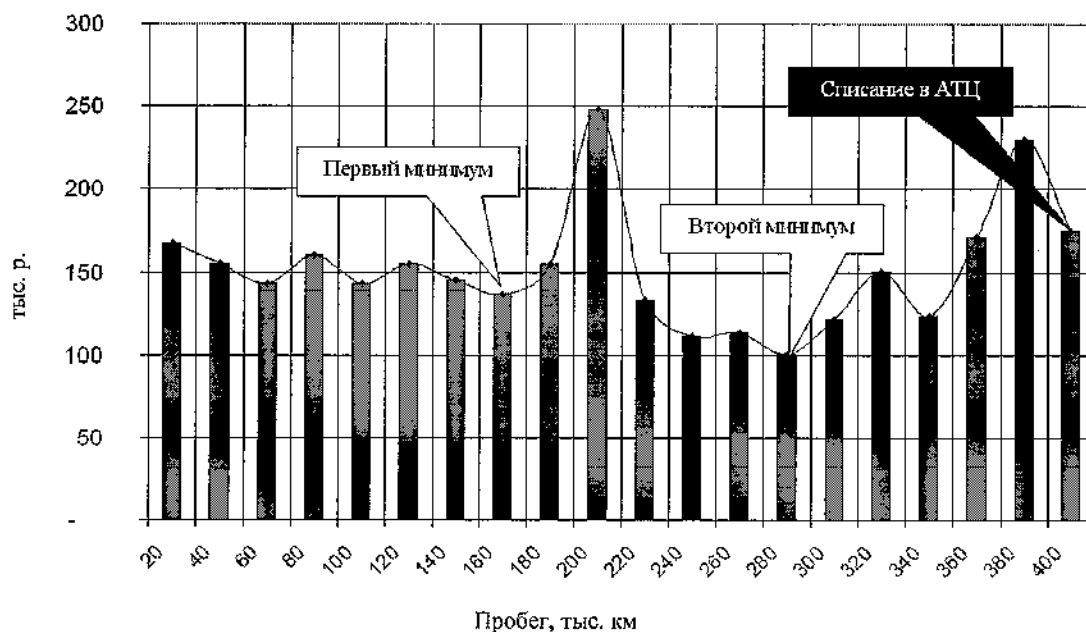


Рис. 1. Затраты на эксплуатацию автомобиля «КАМАЗ 55111»

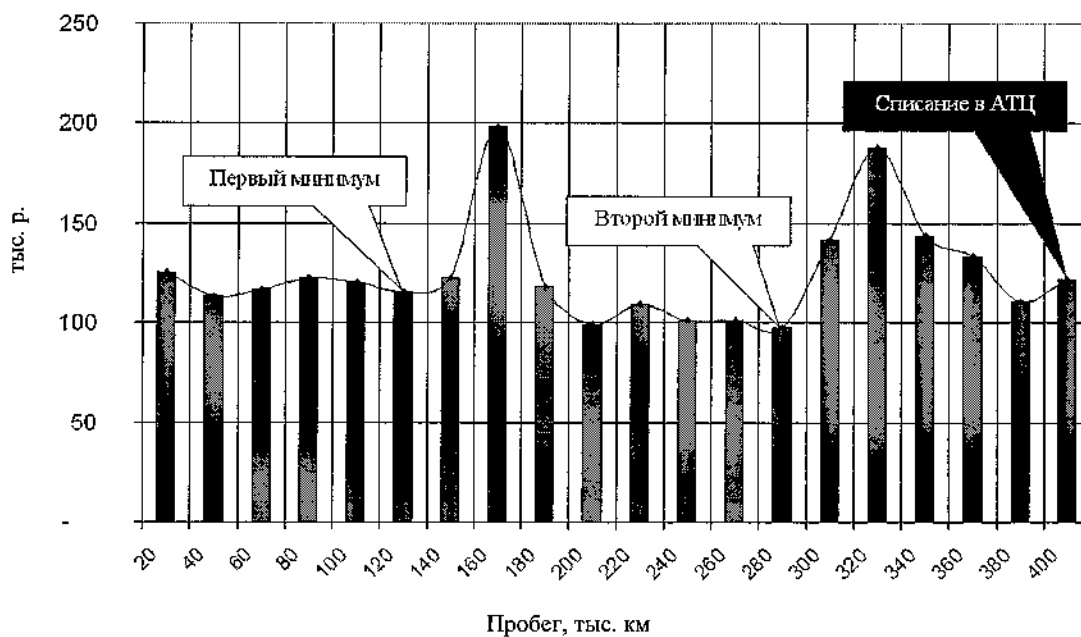


Рис. 2. Затраты на эксплуатацию автомобиля «МАЗ 5551»

стиционные стратегии: «как есть» (принятая в АТЦ стратегия – обновление после пробега

Наиболее эффективной оказалась стратегия обновления «второй минимум». Первые пять-

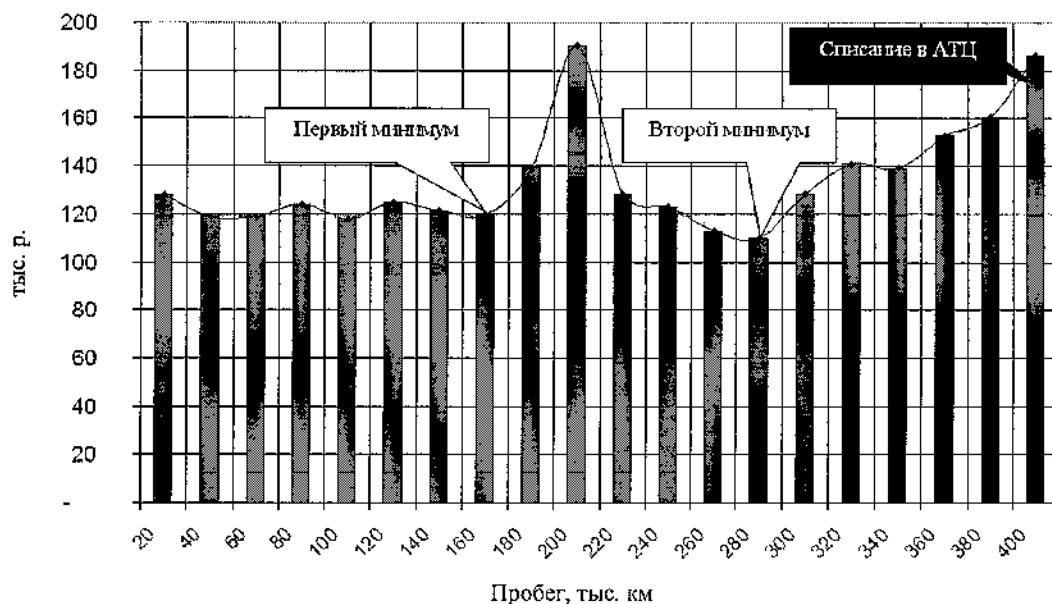


Рис. 3. Затраты на эксплуатацию автомобиля «ЗИЛ 4505»

400 тыс. км), «первый минимум» и «второй минимум». Для подтверждения гипотезы об оптимальности выбранных периодов замены автомобилей и оценки эффективности проведено моделирование затрат, возникающих при реализации трех стратегий. При моделировании учитывались все затраты, зависящие от возраста (пробега) автотранспорта. Моделирование затрат на эксплуатацию автотранспорта колонны самосвалов было произведено с помощью программы Microsoft Excel. Сравнение денежных потоков по трем стратегиям приведено в таблице и на рис. 4.

Стратегия обновления «первый минимум» (обновление автомобиля до первого капитального ремонта) оказалась менее эффективной по сравнению с действующей. Более частое обновление парка и, соответственно, высокие инвестиционные затраты поглотили эффект от снижения текущих затрат. Однако данная стратегия обеспечивает наименьший средний возраст парка (порядка 3–4 лет) и может быть принята, если для предприятия приоритетным является хорошее техническое состояние парка и частое обновление модельного ряда автомобилей.

шесть лет эффект применения данной стратегии отрицателен, вследствие необходимости обновления значительной части автопарка в первый год. Однако на горизонте планирования выше шести лет данная стратегия дает положительный эффект. К одиннадцатому году эффект составит 11,2 миллиона рублей. В дальнейшем происходит снижение эффекта, в связи со значительными инвестициями на закупку транспорта, после чего эффект снова растет и в дальнейшем всегда составляет положительную величину.

Кроме рассчитанного экономического эффекта использование стратегии обновления «второй минимум» позволяет снизить средний возраст автопарка с 9 до 6 лет (на всем рассматриваемом периоде). Это сократит потери от аварий и срыва перевозок и принесет дополнительный экономический эффект, неоцененный в данной работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вельможин А.В., Гудков В.А., Миротин Л.Б. Технология, организация и управление грузовыми автомобильными перевозками: Учеб. пособие. – Волгоград, 2000. – 321 с.

Таблица

Эффект от использования оптимальной стратегии

Годы	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8	8,8	9,6	10,4	11,2	12	12,8	13,6	14,4	15,2	16
Пробег, тыс км	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
Стратегия «как есть»	-27,019	-41,900	-55,722	-73,417	-86,792	-99,240	-110,287	-119,534	-128,393	-135,604	-141,648	-147,405	-152,102	-156,255	-160,056	-163,476	-166,596	-169,586	-172,565	-175,153
Стратегия «первый минимум»	-71,754	-80,054	-87,665	-94,859	-101,561	-109,623	-116,397	-121,484	-154,072	-158,034	-162,601	-165,963	-169,095	-172,152	-175,373	-177,773	-193,135	-195,087	-196,789	-198,385
Стратегия «второй минимум»	-52,809	-65,783	-78,093	-86,778	-95,337	-103,817	-110,364	-116,055	-122,009	-129,624	-134,218	-138,249	-142,073	-145,224	-159,353	-162,827	-166,121	-168,445	-170,735	-173,003
Накопленный эффект («как есть» - «второй минимум»)	-25,789	-23,883	-22,371	-13,361	-8,545	-4,578	-0,076	3,479	6,384	5,981	7,430	9,156	10,028	11,030	0,703	0,649	0,475	1,141	1,830	2,150



Рис. 4. Денежные потоки по трем стратегиям обновления автотранспорта

2. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. – М.: Дело, 2001. – 832 с.

3. Нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте. – М: Изд-во «Ось-89», 1997. – 48 с.

4. Основы логистики: Учеб. пособие / Под ред. Л.Б. Миротина, В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 200 с.

5. Савин В.И. Перевозки грузов автомобильным транспортом: Справочное пособие. – М.: Издательство «Дело и Сервис», 2000. – 544 с.

УДК 681.338

З.М. Магруппова
Кафедра экономики
Е.С. Баранова, студентка ЭУ-53

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНОВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА АВТОТРАНСПОРТНОГО ЦЕХА ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ»

В условиях рынка возникает необходимость повышения эффективности производственного процесса. Одним из факторов, препятствующих этому, является высокая степень изношенности основных фондов предприятий. Важной задачей является разработка таких схем инвестирования, которые обеспечивали бы минимизацию затрат предприятия на поддержание основных фондов в приемлемом состоянии. Речь идет об обновлении парка автотранспортных средств автотранспортного цеха ОАО «Северсталь». Степень обновления

выражается во внедрении новых услуг, связанных непосредственно с приобретением новой специализированной техники. В основном эти услуги оказываются ОАО «Северсталь» и составляют 0,3 %.

На сегодняшний день покупка нового автомобиля производится тогда, когда используемое транспортное средство изношено полностью и практически не пригодно к дальнейшей эксплуатации. Списанный автомобиль продается по минимальной цене либо используется как металло-

лом. Подобный подход к обновлению автопарка привел к тому, что средний возраст автотранспорта в ОАО «Северсталь» составляет 12 лет. Такой возраст автомобилей увеличивает затраты на их эксплуатацию (ремонт, топливо, масло). Кроме того, использование изношенной техники ведет к срыву перевозок и повышает непроизводительные простои, а это, в свою очередь, создает необходимость содержать большее количество транспорта.

Все вышесказанное позволяет предположить то, что существующий подход к обновлению автопарка не является оптимальным. Учитывая, что ежегодно на эксплуатацию автотранспорта тратится около 0,5 миллиарда рублей и еще несколько десятков миллионов рублей на закупку автомобилей, задача повышения эффективности инвестиционного процесса является достаточно актуальной.

Особенностью исследования является то, что оценивается не отдельный инвестиционный проект, а непрерывный инвестиционный процесс [2]. При этом учитываются все значимые денежные потоки, и решение может быть принято на основании анализа совокупных затрат. Анализируются все затраты и доходы, зависящие от периода обновления автомобиля, и выбирается стратегия обновления с минимальными полными затратами на покупку, эксплуатацию и утилизацию транспорта. Сравнение оптимальной стратегии со стратегией, используемой в настоящее время, позволяет провести оценку экономической эффективности.

Таким образом, целью исследования является оптимизация инвестиционных решений с целью

сокращения совокупных затрат ОАО «Северсталь» на автомобильные перевозки.

Закупка новых автомобилей производится коммерческой дирекцией через тендер. Покупаются только новые автомобили. Списанные машины в зависимости от их потребительской ценности могут быть проданы или разобраны и переданы в копровый цех как металлолом. Во втором случае затраты на разборку, утилизацию, транспортировку незначительно перекрываются стоимостью металлолома. Покупка нового автомобиля производится одновременно с выводом из эксплуатации (списанием) действующей транспортной единицы. Списание производится, когда машина не пригодна для эксплуатации в связи с износом основных узлов и механизмов. Составляется акт технического состояния автомобиля с заключением о непригодности к дальнейшей эксплуатации. К концу года на основании актов списания формируется инвестиционный план закупки автотранспорта. В связи с тем, что АТЦ не входит в основную технологическую цепочку ОАО «Северсталь» (за исключением колонны «БелАЗов»), первоначальный инвестиционный план в процессе утверждения подвергается значительному сокращению. Это приводит к значительной неравномерности обновления автотехники. На рис. 1 показана динамика закупок самосвалов в АТЦ. Количество приобретенных новых машин далеко не всегда соответствует количеству списанных.

На начало 2005 года износ – 72 %.

Таким образом, можно сказать, что в ОАО «Северсталь» на сегодняшний день нет четкой и

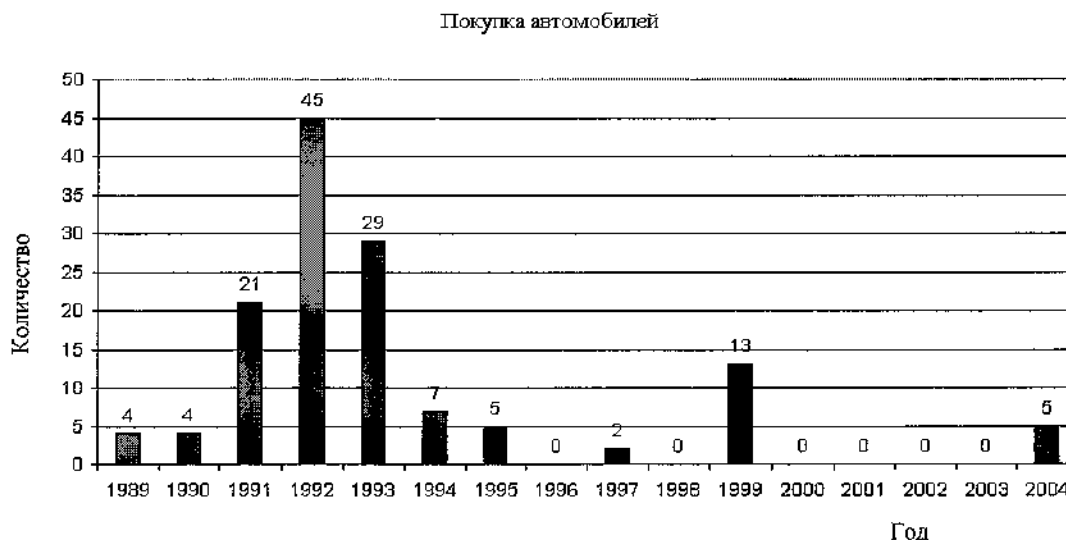


Рис. 1. Количество замен автомобилей по годам

обоснованной стратегии обновления автотранспорта. Финансирование инвестиций в транспорт по остаточному принципу приводит к высокой изношенности автопарка, вызывает ряд негативных последствий: высокий расход топлива и смазочных материалов; высокие затраты на ремонт; потери от простоев транспорта в ремонте; потери от срыва перевозок.

При разработке модели процесса обновления предполагается учитывать только те денежные потоки, которые зависят от возраста и пробега автомобиля [1]. Анализ затрат цеха позволил выделить следующие статьи затрат и доходов: затраты на топливо; затраты на смазочные материалы; затраты на ремонт; затраты на выплату налога на имущество; уменьшение выплаты налога на прибыль в связи с начислением амортизации (налоговый щит); затраты на покупку нового автомобиля; доходы от продажи старого автомобиля; потери от простоев автомобиля.

Расход топлива определяется нормой расхода, отраженной в техническом паспорте автомобиля (рис. 2). Однако на протяжении жизненного цикла в некоторые периоды происходит увеличение расхода свыше нормативного:

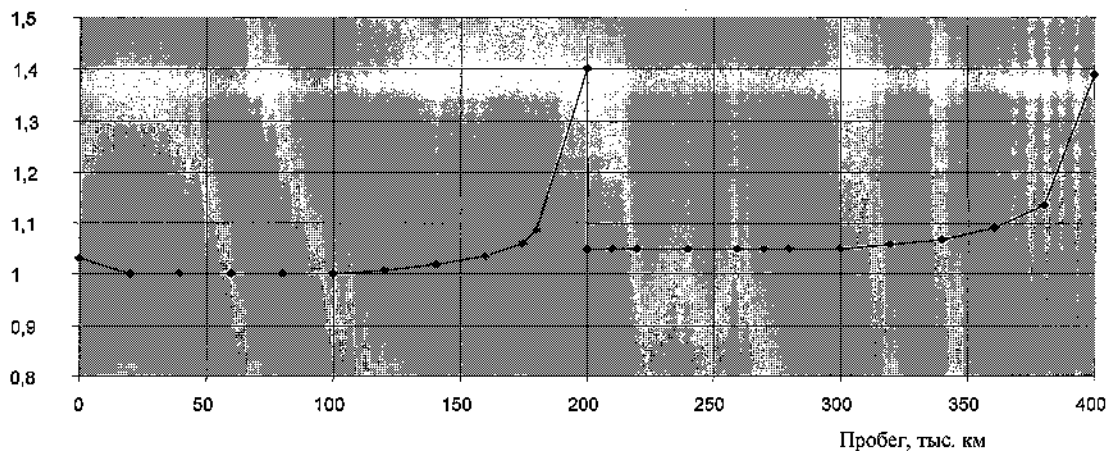


Рис. 2. Коэффициент увеличения расхода топлива

– во время обкатки двигателя (первые 5–10 тыс. км незначительное превышение нормы – до 105 %);

– после пробега 75 % от нормы капитального ремонта (возможно увеличение расхода до 140 % от нормы);

– после проведения капитального ремонта расход топлива снижается до 105 % от нормы.

Смазочные материалы расходуются пропорционально расходу топлива по установленным нормативам [4]. При эксплуатации грузовых автомобилей используются следующие различные типы смазочных материалов: масло для двигателя; масло трансмиссионное; смазка консистентная; масло специальное.

Затраты на ремонт значительно зависят от пробега автомобиля. На рис. 3 приведены затраты на ремонт автомобилей «КАМАЗ 55111», «МАЗ 5551» и «ЗИЛ 4505». Значения получены в результате обработки учетных данных за период 1997–2004 гг., все затраты приведены к 2004 году по индексу цен. Учитывались затраты на запчасти, материалы и трудозатраты.

Затраты возрастают и достигают максимума в точке проведения капитального ремонта (КР) («КАМАЗ» – 200 тыс. км, «МАЗ» – 175 тыс. км, «ЗИЛ» – 210 тыс. км). После проведения КР затраты несколько снижаются, но их уровень выше по сравнению с начальным этапом.

С увеличением пробега автомобиля увеличиваются вероятность поломки и необходимые для ремонта трудозатраты (рис. 4).

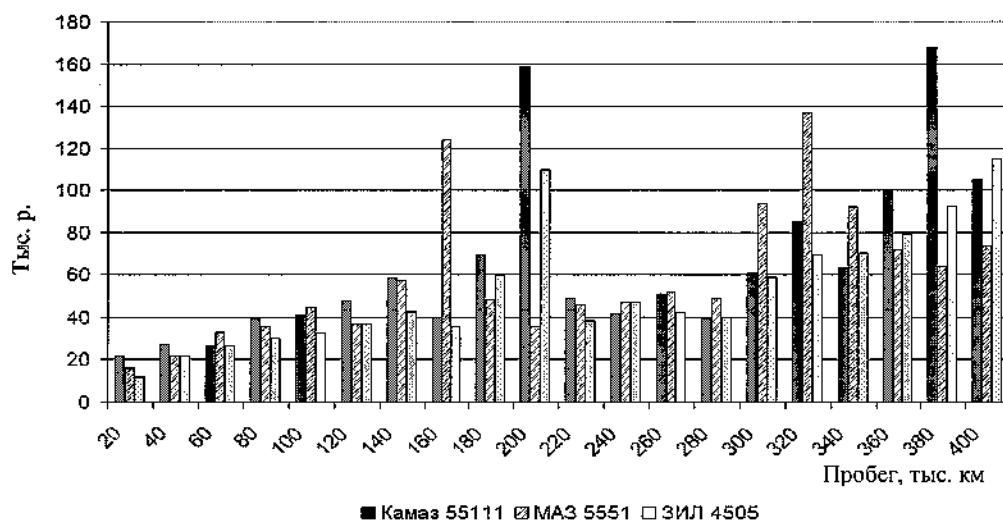


Рис. 3. Затраты на ремонт

Таблица

Затраты на один автомобиль в год (по статьям, зависящим от количества автомобилей в цехе)

Статья затрат	Затрат в месяц, р.	Затрат в год, р.
Фонд оплаты труда	6 505,00	78 060,00
Отчисления в общественные фонды	2 218,56	26 622,72
Энергетические затраты:	10,10	121,26
- вода техническая свежая	7,70	92,46
- сжатый воздух	2,40	28,80
Прочие затраты:	2 060,50	24 725,97
- налог на транспорт	1 137,50	13 650,00
- страхование транспорта	805,46	9 665,57
- прохождение гос.тех.осмотра	8,33	100,00
- охрана труда	109,20	1 310,40
Итого	12 864,77	154 377,19

Учитывая годовую среднесписочную численность автоколонны (122 автомобиля) годовые затраты по вышеперечисленным статьям:

$$154\,377\text{ р.} \times 122 = 18\,833\,994\text{ р.}$$

Это составляет 46 % от всех годовых затрат автоколонны № 2. Кроме прямых потерь большее количество автомобилей увеличивает объем управленческого и бухгалтерского учета и усложняет работу управленческого и общецехового персонала. Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод о том, что снижение простоев автомобилей

является одной из приоритетных задач для сокращения себестоимости перевозок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вельможин А.В., Гудков В.А., Миротин Л.Б. Технология, организация и управление грузовыми автомобильными перевозками: Учеб. пособие. – Волгоград, 2000. – 321 с.
2. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. – М.: Дело, 2001. – 832 с.

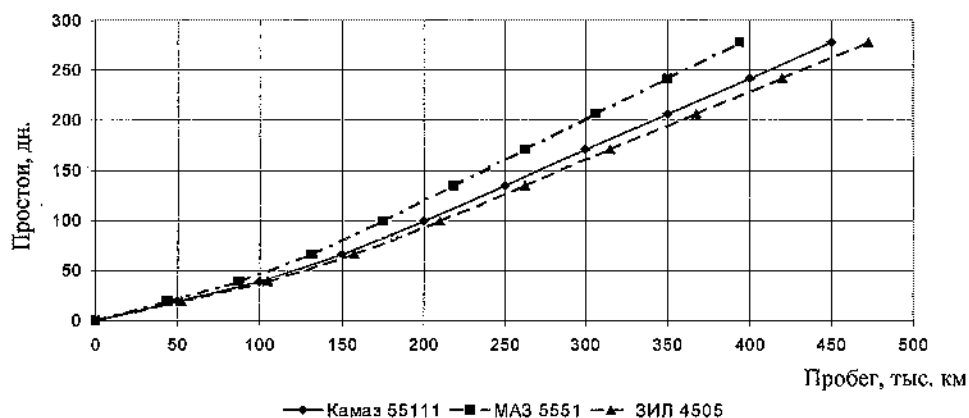


Рис. 4. Простои автомобилей в ремонте

3. Миротин Л.Б., Таибасов Ы.Э. Логистика для предпринимателя. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 252 с.

4. Нормы расхода топлива и смазочных материа-

лов на автомобильном транспорте. – М: Изд-во «Ось-89», 1997. – 48 с.

УДК 330.43

А.С. Андреев
Кафедра мировой экономики,
кафедра химических технологий и оборудования

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Эконометрика включена в цикл естественнонаучных дисциплин в соответствии с государственным образовательным стандартом 2000 г. До настоящего времени еще не сложилось единое общепринятое определение эконометрики [1, с. 6]. Вместе с тем эконометрический подход рассматривается как базовое условие получения экономического образования.

Слово «эконометрика» формально означает «измерения в экономике» и не раскрывает содержания дисциплины. В качестве обобщенного можно принять следующее определение эконометрики: «эконометрика – это наука, которая дает количественное выражение взаимосвязей экономических явлений и процессов» [2, с. 8]. Тогда в процессе изучения содержание эконометрики должно раскрываться как единство предмета и метода. Предметом исследования эконометрики выступают экономические явления и процессы.

Базой анализа в эконометрике является метод математического моделирования.

Исходя из целевого предназначения, эконометрическая модель – это предлагаемое средство, направленное на решение конкретного вопроса. Вместе с тем эконометрическая модель – это и системное средство анализа. Такая модель должна разрабатываться на основе формализации объекта исследования. Поэтому при обучении встает вопрос степени формализации курса. Она должна быть умеренной и вместе с тем достаточной для концептуальной строгости изложения предмета.

Для освоения курса эконометрики необходимо иметь знания по основам математического анализа, линейной алгебры, теории вероятностей и математической статистики. Необходимые знания студенты ЧГУ получают в соответствующих разделах дисциплин общеобразовательного цикла с учетом конкретной специализации. Специальной

дисциплины по основам системного анализа по кафедре мировой экономики при этом не предусматривается.

В учебной литературе по эконометрике недостаточно четко акцентируется этап формализации объекта эконометрического исследования, а изначально делается упор на аналитический вид эконометрической модели. При таком подходе предметом эконометрики фактически становятся конкретные статистические данные без анализа предыстории их получения, а эконометрика превращается в метод количественного анализа на основе экспериментально-статистических математических моделей, вид которых априорно известен.

При эконометрических исследованиях, как правило, подбирают и работают с данными, которые не являются результатом контролируемого эксперимента. При этом для получения достаточно адекватных моделей возрастает значимость этапа формализации объекта исследования, на котором производится профессиональный отбор определяющих факторов. В этой связи изучение эконометрических моделей необходимо рассматривать с позиций системного подхода, элементы которого целесообразно выделить в специальный подраздел внутри дисциплины.

Обоснованность включения элементов системного анализа в процесс обучения предопределяется не только принятым в эконометрике методом математического моделирования. В большей мере это связано с необходимостью формировать у студентов понимание идеологии экономического

анализа, суть которой в системном подходе. При этом системная концепция воспринимается как технология разработки моделей экономических явлений или процессов и их анализа.

Практика проведения занятий по эконометрике по специальности «мировая экономика» позволяет сделать вывод о том, что подготовленность студентов третьего курса университета достаточна для усвоения ими элементов системного анализа. При этом облегчается понимание студентами технологии построения моделей, исходя из общностей, а также восприятие необходимости обязательного использования матриц при эконометрических исследованиях.

Полученные на основе системного подхода и матричного исчисления знания должны, с одной стороны, способствовать разработке математических моделей, более полно соответствующих логике машинных алгоритмов и поэтому легко автоматизируемых, а с другой стороны, помогать более глубокому освоению студентами технологии эконометрических исследований с использованием коммерческих программных пакетов общего и специализированного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кремер Н.Ш., Путько Б.А. Эконометрика. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005.
2. Елисеева И.И., Курьшева С.В., Костеева Т.В. Эконометрика. – М.: Изд-во «Финансы и статистика», 2003.

УДК 338.2

К.Г. Стафеев, В.С. Васильцов
Кафедра мировой экономики

СИСТЕМА СБАЛАНСИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАК ЭЛЕМЕНТ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ КОМПАНИИ

На основании финансовых показателей ОАО «Северсталь» к началу 2002 года можно было четко сказать, что компания успешно развивается и движется вперед. Учитывая период спада в металлургической отрасли, несмотря на то, что чистая

прибыль компании уменьшилась на 69,9 % и рентабельность собственного капитала составила 19,0 %, ОАО «Северсталь» продолжала лидировать в отрасли по выручке от реализации, прибыльности и др. Традиционно, оценивая успехи

компании, мы привыкли ориентироваться только на ее финансовые показатели. Но есть и другая сторона вопроса. Насколько мы интересны акционерам, как мы удовлетворяем наших потребителей, насколько удовлетворен персонал компании, насколько эффективны наши внутренние процессы? На сегодняшний день можно дать ответ на ряд важных вопросов.

1. Сегодня ОАО «Северсталь» – это часть большого холдинга. Как оценить работу стального дивизиона компании? Как повысить управляемость компании, обеспечить прозрачность ее бизнеса?

2. Проблема несовершенства системы целеполагания в компании. Цели часто ставятся в общем виде, с непонятными критериями их достижения, не декомпозируются по уровням компании, работники с ними не знакомы. В компании существует документ – Стратегический бизнес-план, который дает возможность оценить долгосрочные перспективы компании, определить направление развития основного бизнеса, отражает оценку возможностей и угроз внешней среды, дает анализ альтернативных стратегий для компании. Проблема заключается в том, что в Стратегическом бизнес-плане действительно сформулирована основная цель компании, определена основная стратегия ее достижения, области для целеполагания, осуществлена попытка декомпонировать цели до конкретных подразделений, но однозначно не определены критерии оценки достижения цели, часть показателей нечетко сформулирована или вообще не существует, цели не определены во времени, не имеют ответственных и о них никому не известно.

3. В настоящее время не существует механизма, позволяющего отслеживать крупные инвестиционные проекты, нет системы контроля хода выполнения проекта по шагам и системы реагирования на возникающие сложности.

Принимая во внимание эти проблемные области, было принято решение о пересмотре существующих инструментов стратегического управления и системы управленческого учета.

Работа по анализу существующих систем управленческого учета в основном была направлена на рассмотрение современных подходов к анализу бизнеса, оценке стратегий, выбору инструментов для отслеживания внедрения стратегии.

В ходе анализа традиционных систем управленческого учета были выделены следующие их недостатки:

- 1) традиционные системы не связаны напрямую с целями и реальными стратегиями бизнеса;
- 2) как правило, основаны на результатах предыдущих лет (например, 10 % рост или снижение затрат на 2 %);
- 3) сильно сфокусированы на краткосрочных финансовых мерах, а не на более широких операционных вопросах и т.п.;
- 4) сложно отследить/оценить успешность с течением времени;
- 5) имеют незначительное влияние на конечных исполнителей, их действия и ответственность.

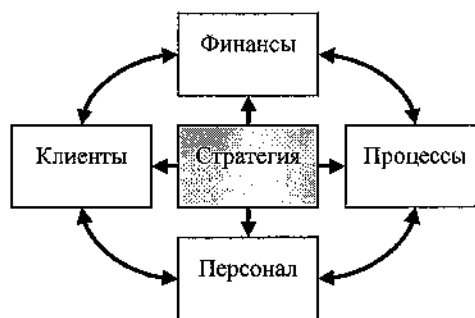
В то же время было отмечено, что за последние несколько лет усилилась тенденция оценки деятельности компании на основе как финансовых, так и нефинансовых показателей. Например, в отчете Американского института дипломированных аудиторов рекомендуется выделять ведущие, нефинансовые критерии для оценки ключевых бизнес-процессов, таких как качество продукта, продолжительность цикла, инновации и удовлетворенность персонала [1].

Дальнейшая работа по анализу различных систем оценки деятельности компании привела к концепции *Balanced Scorecard* – системы сбалансированных показателей (ССП).

Система сбалансированных показателей (схема 1) – это набор показателей деятельности компании, позволяющий оценить эффективность воплощения стратегии компании в жизнь. Состоит

Схема 1

Система сбалансированных показателей



система, как правило, из четырех категорий – финансы, клиенты, внутренние бизнес-процессы, развитие и рост, которые оценивают различные направления деятельности компании. Четыре категории покрывают финансовые и нефинансовые показатели, которые позволяют оценить не только результаты деятельности прошлых периодов, но и оценить будущие успехи [2]. Каждая категория состоит из 3–5 показателей, которые определяются стратегией компании, возможностью их изменения и степенью воздействия на стоимость компании.

Преимущества ССП в том, что она:

- определяет четкое понимание будущего и создает механизм, связывающий его с конкретными задачами в настоящем времени;

- формирует долгосрочное видение и краткосрочные задачи в набор целей по высокоэффективной деятельности, сбалансированных между финансовыми и нефинансовыми показателями;

- определяет постоянные действия или инициативы, необходимые для достижения целей;

- устанавливает связь между целями по эффективной деятельности компании и действиями отдельных сотрудников;

- максимально эффективно использует знания и навыки сотрудников для решения задач, которые они могут решать лучше всех, путем продвижения процесса планирования вглубь организации [3].

На основании теории ССП вся деятельность ОАО «Северсталь» представлена в виде четырех основных направлений (перспектив): «финансы», «рынки и клиенты», «процессы», «персонал». Основная суть теории в том, что данные перспективы выражены в конкретных показателях различного уровня: на самом высоком уровне – это показатели деятельности компании в целом, затем они разбиваются на уровень функциональных дирекций и далее – на уровень конкретных проектов и процессов (схема 2). Для каждого из этих уровней формируется карта, которая включает в себя показатели, характери-

зующие деятельность и цели каждого подразделения или процесса [4].

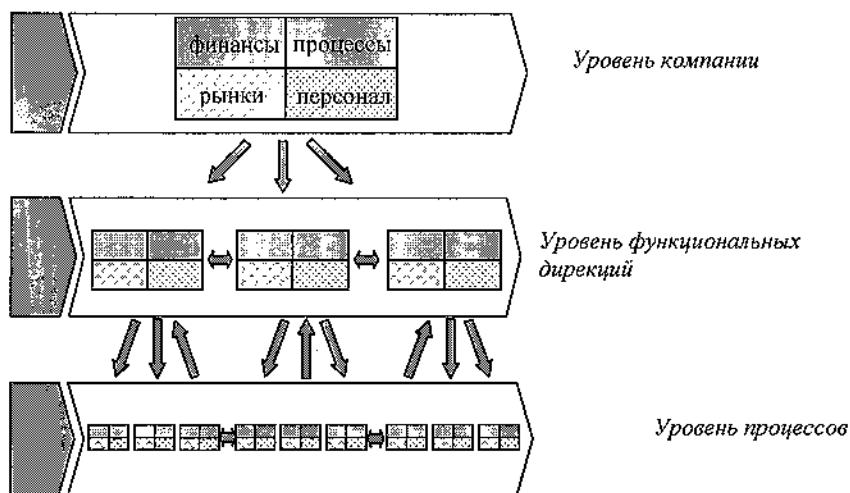
Внедрение ССП позволяет создать целевую направленность деятельности сотрудников компании, улучшить коммуникации между подразделениями и, что самое важное, увеличить стоимость компании, усилить ее конкурентные преимущества.

Обобщая изложенный материал, можно сказать, что ССП дает высшему руководству компании совершенно новый инструмент управления, переводящий видение компании и ее стратегии в набор взаимосвязанных сбалансированных показателей, оценивающих критические факторы не только текущего, но и будущего развития организации.

Используя ССП, менеджеры управляют такими процессами, как перевод видения в стратегии, доведение стратегий до всех уровней системы управления, бизнес-планирование и распределение ресурсов, обратная связь, обучение и текущий мониторинг исполнения стратегии. Кроме того, они получают ответы на основные вопросы: за счет чего компания создает свою стоимость, какие процессы являются ключевыми в ее деятельности, каков уровень квалификации персонала и применяемых технологий, каково их соответствие выбранной стратегии, какие инвестиции нужно осуществить в развитие компании с целью достижения долгосрочных целей организации.

Схема 2

Уровни системы сбалансированных показателей



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kaplan R.S., Norton D.P.* Building a Balanced Scorecard: The Process. – Boston: Harvard Business School Press, 1996. – 300 p.

2. *Kaplan R.S., Norton D.P.* The Balanced Scorecard, Measures then drive Performance. – Harvard Business Review, 1992. – 79 p.

3. *Kaplan R.S., Norton D.P.* Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System. – Harvard Business Review, 1996. – 75–85 p.

4. *Kaplan R.S., Norton D.P.* The Balanced Scorecard Translating Strategy Action. – Cambridge Mass, 1996.

УДК 338.2

С.В. Перерва, В.М. Васильцова
Кафедра мировой экономики

**ПЕРСПЕКТИВЫ КОНСОЛИДАЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ
ДЛЯ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ**

Тезис о неизбежности консолидации стальной отрасли в последнее время стал едва ли не аксиомой. Вот лишь несколько доводов в пользу этого подхода [2].

1. Производители стали занимают невыгодное положение в середине производственной цепи: на них давят как поставщики сырья, так и потребители продукции, которые обладают более высокой степенью консолидации – происходит процесс «выжимания» маржи металлургов.

2. Возможности по повышению эффективности и снижению издержек на интегрированных металлургических предприятиях, не самых совершенных с технологической точки зрения, весьма ограничены, в то время как современные технологии значительно снизили входные барьеры в отрасли, тем самым только обострив конкуренцию.

3. Предприятия металлургии существуют в условиях борьбы с так называемыми ценовыми ножами. В среднем разница между повышением цен на входные ресурсы (газ, электричество, рабочая сила) и ценами на сталь составляет 2 % в год.

Получается, что практически единственным выходом из ситуации, в которой оказалась мировая сталелитейная отрасль, является консолидация. Ее катализатором также может явиться наметившаяся в последнее время проблема «Китай и остальной мир», поскольку темпы роста китайской стальной индустрии выглядят на общем фоне едва ли не угрожающими.

Говоря о неизбежности консолидации, необходимо отметить, что процесс ее уже активно идет, причем пока большинство объединений происходят по континентальному принципу, хотя есть и примеры транснациональных альянсов. Примером первых могут служить Arcelor в Европе, Nippon Steel в Японии, Posco в Южной Корее, наиболее яркий представитель второго направления – LNM Group [2].

Существуют различия в движущих силах консолидации среди российских и иностранных компаний. У иностранных компаний преобладает горизонтальная интеграция, причем активы консолидируются как в сфере выплавки стали, так и в прокате. Причины этого уже названы выше – долгосрочная тенденция к снижению цен на готовую продукцию и ограниченные возможности по сокращению затрат.

Наряду с горизонтальной консолидацией, в российской металлургии, по крайней мере, до последнего времени, большую роль играла вертикальная интеграция. Покупка активов в секторе добычи руды и угля позволяет обеспечить бесперебойность поставок и более высокую стабильность цен на сырье тем компаниям, которые пошли этим путем. Одновременно это позволяет и более жестко контролировать издержки в основном бизнесе. Кроме того, приобретение активов, связанных с транспортировкой, также стало существенным элементом экономии затрат и обеспече-

ния бесперебойных поставок сырья и отгрузки продукции потребителям.

Различия в движущих силах консолидации в России и остальном мире отражают и степень консолидированности. В нашей стране она выше – более 70 % от всего производства стали в России по итогам 2004 года приходится на долю четырех компаний: ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК), «Новолипецкий металлургический комбинат» (НЛМК), ОАО «Северсталь» и ОАО «ЕвразХолдинг». Следовательно, целесообразность консолидации путем покупки предприятий, не входящих в число лидеров, представляется сомнительной – это не обеспечит должный рост рыночной доли, в то время как качество большинства активов средних и мелких предприятий оставляет желать лучшего, а затраты на их реструктуризацию могут оказаться слишком высокими [3].

Данное обстоятельство предопределяет два основных вектора процесса консолидации стальной отрасли России [1]:

1. Возможность создания альянсов на уровне ведущих российских стальных компаний. То, что еще вчера казалось невозможным, сегодня не воспринимается как нечто исключительное – в ходу принцип «все говорят со всеми». Но при этом очень важно, чтобы стимулом к таким суперконсолидациям стало нечто большее, чем просто желание подняться в рейтинге World Steel Top-20.

2. В то же время на фоне интеграции крупного российского бизнеса в мировую экономику активно развиваются предпосылки к консолидации российских металлургических компаний в крупные транснациональные корпорации.

Реальность такова, что российская черная металлургия обладает такими устойчивыми конкурентными преимуществами, как доступность сырья и недорогая рабочая сила. Ряд других – преимуществ по энергетике, топливу и транспортным расходам, судя по всему, постепенно начнут минимизироваться, однако вряд ли в обозримом будущем достигнут «потолка» мировых цен.

Следовательно, при позиционировании российской металлургии в глобальной стальной отрасли явно просматриваются перспективы эффективного сотрудничества. Очевидно, что российские компании имеют естественное преимущество по сравне-

нию с иностранными компаниями в производстве слябов и горячекатаных рулонов. Данное преимущество достаточно устойчиво, так как российские компании достигают его за счет того, что могут обеспечить более низкие издержки по сырью, оплате труда и логистике. Напротив, европейские и американские компании имеют слишком высокую стоимость слябов и рулонов, но при этом обладают хорошими мощностями для изготовления качественных продуктов последних переделов, а также имеют доступ на привлекательные рынки. Объединение наших преимуществ может дать синергетический эффект и поэтому участие в транснациональных корпорациях представляется вероятным развитием событий.

В то же время надежда на занятие достойного места в мировой «табели о рангах» только за счет эксплуатации естественных конкурентных преимуществ выглядит, по меньшей мере, наивно. С учетом резко обострившейся конкуренции, в том числе и на внутреннем рынке, российские компании должны постоянно бороться за усиление конкурентных преимуществ и ликвидацию так называемых узких мест. Какими чертами должна обладать российская компания, способная достойно ответить на современные вызовы? Прежде всего следующими [1]:

- наличие собственной сырьевой базы;
- обладание вертикальной интеграцией в продукции высоких переделов;
- собственная транспортная инфраструктура;
- серьезная собственная энергетическая база;
- хорошо продуманная инвестиционная программа для дальнейшего увеличения производственных мощностей и снижения издержек;
- большая доля на внутреннем рынке, особенно в наиболее рентабельных товарных позициях;
- хорошие мощности и качественная технология для создания продуктов с высокой добавленной стоимостью;
- система корпоративного управления, обеспечивающая эффективное развитие компании.

Подводя итог, можно сказать: уже в обозримом будущем тотальные консолидации в стальной отрасли, в том числе и интернациональные, станут таким обыденным делом, что говорить о них будет скучно. Даже сейчас мы уделяем больше времени констатации того, что есть, а не прогнозированию

того, что будет в этой сфере, – тенденция очевидна, и основной вопрос не «как?», а «кто?» Думается, на этот вопрос вскоре мы получим всеобъемлющие ответы.

Транснациональные консолидации и тенденции укрупнения металлургических бизнесов создают новую реальность, формируют основы будущих новых отношений между производителями и потребителями стали.

Основатель и глава международного холдинга LNM Group, занимающего вторую строчку в мировом рейтинге производства стали, Лакшми Миттал в одном из интервью в начале этого года заявил о том, что в течение десяти ближайших лет на мировом металлургическом рынке сформируется группа корпораций, каждая из которых будет выпускать 80–100 миллионов тонн стали в год. Эта группа, по его словам, будет контролировать сталелитейное производство во всех регионах мира.

У российских компаний два пути участия в процессах глобализации: покупка зарубежных активов либо создание альянсов с западными компаниями.

Российская металлургия существенно опережает мировую по степени консолидации. Это доказывает статистика. Мы имеем и более низкую степень вмешательства правительства в деятельность металлургических компаний. Российские произ-

водители существенно отличаются как по степени, так и по принципам вертикальной интеграции. Однако возможности российских металлургических компаний по консолидации внутри страны ограничены малым количеством доступных для поглощения активов. Это создает трудности и на пути интеграции с мировыми производителями стали.

Мир стремительно обустроивается, модернизируется и расширяет свою инфраструктуру. Объективно, потребность в стали должна расти (несмотря на многочисленные прогнозы о постепенном замещении ее другими материалами). Значительная часть потребителей стали уже консолидирована, теперь настало время консолидации производителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выступление А.А. Мордашова, председателя совета директоров ОАО «Северсталь», на конференции «Сталь СНГ и Восточной Европы», Москва, 3-4 февраля 2004 г.
2. Материалы конференции «Консолидация в российской металлургии на фоне мировых процессов глобализации». Рейтинговое агентство «Эксперт РА». 22 ноября 2005 г.
3. Российская металлургия: Бизнес-справочник. – Вып. 5.

УДК 336.221

Т.Б. Воробьева
Кафедра менеджмента

МЕХАНИЗМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Анализ состояния научно-технической сферы в Российской Федерации показывает, что наука испытывает в настоящее время трудности с воспроизводственными процессами обновления оборудования и персонала. Соответственно наблюдается снижение инновационной активности в научно-технической сфере. В составе причин: сокращение государственного финансирования; падение спроса на результаты НИОКР со стороны

промышленности; неразвитость институтов финансирования научных исследований.

В силу своей специфики научно-исследовательская деятельность обладает определенными особенностями, в составе которых следует выделить:

- высокую неопределенность в сроках окончания работ, результатах научных исследований, масштабах внедрения научного продукта;
- специфику ценообразования на научную про-

дукцию, поскольку цена определяется не только затратами на проведение научных исследований и необходимой нормой прибыли, но и целесообразной долей участия в предполагаемом экономическом эффекте от использования инноваций в коммерческой деятельности заказчика;

– возможность неограниченной мультипликации доходов при реализации прав на использование объектов интеллектуальной собственности;

– длительность цикла окупаемости инвестиций, направленных в научные исследования, в связи с несовпадением срока авансирования научного процесса с моментом получения прибыли от использования научного результата в хозяйственной деятельности;

– значительный уровень риска по отношению к авансированному в научное исследование капиталу.

В результате воздействия, с одной стороны, особенностей научно-исследовательской деятельности, с другой стороны, развивающегося предложения относительно дешевых импортных технологий на рынке прикладных исследований и опытно-конструкторских работ растет чувствительность спроса к уровню цен на научную продукцию. Таким образом, существенно затрудняется привлечение источников финансирования научных исследований.

Как правило, научное исследование начинается при условии авансирования средств в научную работу и заканчивается созданием потребительской стоимости в виде определенных научных результатов, проявляющихся в изменении качественных и стоимостных характеристик в производстве и новом продукте.

Стандартные схемы финансирования инвестиционной деятельности предусматривают:

- банковское проектное финансирование;
- прямое финансирование;
- государственное финансирование.

Рассмотрим возможности использования данных источников для финансирования научно-исследовательской деятельности.

Так, в практике предоставления банковского проектного финансирования экономическими критериями принятия положительного решения являются две составляющие:

- подверженность проекта риску;

– наличие достаточного обеспечения.

Учитывая рассмотренную выше специфику научно-исследовательской деятельности, следует отметить, что фактор риска будет служить значительным препятствием для получения банковского финансирования.

Что касается вопроса обеспечения кредитов, то согласно требованиям Банка России кредитные организации обязаны классифицировать все ссуды по степени риска, при этом одним из факторов оценки риска является вид обеспечения. Гарантии, в том числе органов власти, поручительства, залог ценных бумаг не являются, с точки зрения Центрального банка, необходимым обеспечением.

Возможности научно-исследовательской или внедренческой организации по предоставлению имущества для целей обеспечения, особенно на начальном этапе разработки идеи, крайне ограничены. Соответственно в качестве обеспечения могут быть использованы патенты на какую-либо технологию или изобретение.

Поскольку научно-техническая информация имеет самостоятельную потребительскую стоимость, то она является одним из объектов гражданских прав.

Регулирование оборота интеллектуальной собственности осуществляется в рамках действующего гражданского и патентного законодательства, в соответствии с которым при создании объекта интеллектуальной собственности возникают как права автора, так и права владельца капитала, осуществившего финансирование данного процесса и предполагающего дальнейшее коммерческое использование результатов работ. Однако вследствие особенностей возникновения исключительных прав по поводу объектов интеллектуальной собственности, а также в связи с нематериальностью данных объектов защита законных интересов правообладателей крайне затруднена. В частности, распространены ситуации несанкционированного тиражирования объектов интеллектуальной собственности в нарушение воли правообладателя.

В результате можно сделать вывод о том, что второй критерий также повлечет за собой значительные трудности при запросе банковского финансирования для научно-исследовательских целей.

Прямое финансирование обычно проводится посредством выпуска эмиссии акций или размещения облигационного займа, что для потенциальных эмитентов при определенных условиях может быть более дешевым и удобным источником капитала, чем банковский кредит. Однако компания, заимствующая на рынке прямых инвестиций, должна обладать комплексом признаков, чтобы условия размещения эмиссии оправдали выход на данный рынок. К числу таких признаков относятся устойчивое финансовое положение, положительная динамика финансовых показателей бизнеса, репутация. При этом вся необходимая информация об эмитенте, структуре его собственности, активах, финансовом положении размещается в свободный доступ в соответствии с требованиями ФСРФР.

Учитывая вышеизложенное, а также рассмотренные выше особенности научно-исследовательской деятельности и оборота объектов интеллектуальной собственности, следует отметить, что применение механизма прямого финансирования ограничивается крупными холдинговыми компаниями, имеющими собственные научно-производственные подразделения.

Бюджетное финансирование научных исследований может осуществляться следующими основными путями:

- из государственного бюджета в рамках содержания государственных учреждений науки или в рамках госзаказа;
- из средств государственных внебюджетных фондов поддержки науки;
- опосредованно через других получателей бюджетных средств.

Представляется, что данный способ финансирования не имеет рассматриваемых выше ограничений, так как в соответствии с инновационной политикой Российской Федерации научно-техническая сфера рассматривается в качестве государственного приоритета. Однако, на наш взгляд, при использовании данного механизма необходимо учитывать ограничения, которые возникают в связи с особенностями функционирования государственных финансов и общественного сектора экономики.

Таким образом, целесообразно использование государственных источников для финансирования

научных исследований и разработок, которые находятся в так называемых зонах изъянов рынка, где действие финансовых закономерностей не гарантирует эффективного использования ресурсов. В частности, это относится к сфере фундаментальных и поисковых исследований, которые не являются средством производства в реальном секторе, но при этом необходимы для успешного и эффективного воспроизводства прикладных исследований и разработок. Другим примером такого финансирования могут служить исследования и разработки в таких общественных сферах, как обеспечение обороны и безопасности государства и т.п.

Отраслевые и ассоциативные фонды поддержки науки также могут рассматриваться как один из возможных источников финансирования научно-исследовательской деятельности. Особенностью формирования средств данных фондов является безвозмездный характер перечислений со стороны коммерческих организаций. Представляется, что данная форма фондов должна преобразоваться либо в вариант корпоративного финансирования, когда фонд формируется единственным учредителем для решения отдельных вопросов, либо в вариант венчурного финансирования.

Одним из основных источников финансирования научных исследований и разработок в зарубежной практике является корпоративное финансирование.

Оно производится, как правило, путем создания собственного, реже ассоциативного, научного подразделения, которое осуществляет необходимые научные исследования и разработки и контролирует их внедрение в промышленное производство. Однако эта форма обладает рядом особенностей, в определенной степени ограничивающих ее использование.

В первую очередь, речь идет о размерах создаваемого пула средств, так как финансирование научных исследований требует значительной капиталоемкости. Поэтому эта форма финансирования доступна только для крупных корпораций, способных аккумулировать значительные финансовые ресурсы на длительный срок и с высокой степенью риска. Во-вторых, необходимо отметить, что собственные научно-исследовательские центры занимаются исследованиями исключительно

для внутренних нужд корпорации, поэтому данные работы имеют, как правило, закрытый характер и не подлежат свободному распространению, как правило, до момента получения патента.

Тем не менее к этой же форме финансирования относится и прямое финансирование заказчиком научно-исследовательских работ, которое носит достаточно распространенный характер. Здесь нужно иметь в виду, что в системе отношений между заказчиком и научно-исследовательской организацией последняя в настоящих условиях будет, как правило, более слабым в экономическом смысле звеном, что не может не отразиться на эффективности этих отношений.

Поэтому в зарубежной практике одной из основных форм финансирования научных исследований и разработок является венчурное финансирование.

Большинство предприятий научно-технической

сферы в нашей стране не имеют доступа к банковским и иным источникам финансовых ресурсов, что делает венчурный капитал основным средством финансирования их роста.

Представляется также важным подчеркнуть, что фонд, выделяющий венчурное финансирование, не требует обеспечения от получателя средств, что венчурного инвестора интересует будущая прибыль, а не балансовые показатели прошлых периодов.

Таким образом, учитывая высокую значимость научно-исследовательской деятельности как элемента научно-технического прогресса, возникает необходимость формирования финансовых механизмов, позволяющих обеспечить поступление инвестиционных ресурсов в отечественную науку.

УДК – 338.22.021.4

Е.А. Марков

Кафедра общественно-экономических дисциплин

РОССИЯ ПОДНИМАЕТСЯ С КОЛЕН?

Страна наша возвращает быллой вес и величие в мире. Именно так характеризуют некоторые политики те положительные изменения, что происходят в последние годы в России: укрепление властной вертикали, снижение опасности сепаратизма, устойчивый и заметный экономический рост, повышение уровня жизни населения, начало реализации крупных социальных программ (национальных проектов). Ежегодно увеличиваются бюджетные возможности нашей страны, а сам бюджет уже несколько лет является профицитным, т.е. доходы значительно превышают государственные расходы. Более того, стабилизационный фонд, сформированный правительством из «нефтяных» денег, составляет уже колоссальную цифру – около 50 млрд. долларов США. Причем ожидается, что к концу нынешнего года фонд увеличит накопления до 100 млрд. долларов. Золотовалютный

запас страны достиг небывалых размеров – в пересчете на доллары США в нем накопилось уже 205 миллиардов. К тому же ежегодные темпы прироста экономики составляют от 5 до 7 %, что также является очень хорошим показателем, в сравнении с тем, что было в середине 90-х годов прошлого века, когда Россия переживала экономический кризис. Увеличившиеся бюджетные возможности позволили несколько поднять уровень заработной платы работникам бюджетной сферы, повысить пенсии и пособия, направить значительно больше средств на оборону, безопасность, государственное управление и обеспечить выполнение других государственных функций. Россия вновь стала проводить самостоятельную внешнюю политику, что способствует росту авторитета нашей страны в мировом сообществе. Президент Владимир Путин решил даже под конец своего второго срока на-

чать реализацию глобальных национальных проектов, направленных на разрешение накопившихся проблем в сфере строительства жилья, в безмерно запущенном сельском хозяйстве, здравоохранении, образовании. Казалось бы, все идет хорошо. Россия, как говорил когда-то Борис Ельцин, поднимается с колен, и все население страны ожидают самые радужные перспективы.

К сожалению, дела в нашей стране не столь блестящи, как хотелось бы. Обратимся к цифрам, взятым из открытых источников (ежегодных отчетов государственных органов статистики). Предлагаю проанализировать несколько показателей, обозначающих самые острые проблемы современной России. Итак, сравним потенциал России, который был у нее в 1989 году с потенциалом 2005 года.

Демография. Все россияне уже не раз слышали, что население нашей страны сокращается. В 1990 году оно составляло 148 миллионов человек. И это была самая большая численность населения у нас в стране. В 2000 году россиян стало меньше на 3,2 миллиона человек, и ежегодно в стране происходит сокращение численности от 1 миллиона (в 2004 г.) до 600-800 тысяч человек в год. В 2005 году население страны составило уже 143 млн. Печально то, что смертность затрагивает и людей трудоспособного возраста. Прогнозируется, что таковых в этом показателе в 2007 году будет более 370 тысяч человек, а в 2008 году – уже более 640 тысяч человек.

Коэффициент рождаемости (на 1000 человек) был самым высоким в 1990 году, он составил 13,4. В 2004 году этот коэффициент составил всего 10,5, в последующие годы показатель стал медленно (на 0,2) расти. Казалось бы, наметилась хорошая тенденция, но, к сожалению, умирает у нас больше, чем рождается. Коэффициент смертности (на 1000 чел.) был в 1990 году 11,2. В 2004 году он составил уже 16 и в последующие годы неизменно растет на 0,1–0,2. Это означает, что ежегодно из каждой тысячи человек у нас в стране умирает более 16 человек, а рождается - 10.

Не радуется и такой показатель, как продолжительность жизни. В 1990 году она составляла (в среднем) 69 лет, в 2001 году – 65 лет, в 2003 году

– уже 58,6 лет. Если дело так же пойдет и дальше, то россияне (по крайней мере, мужчины) не будут дотягивать по продолжительности жизни даже до пенсионного возраста. (Но ведь мы не раз слышали предложения и об увеличении пенсионной планки?)

Органы статистики даже составляют прогноз численности постоянного населения в России в перспективе до 2050 года в низком (пессимистическом), среднем и высоком (оптимистическом) вариантах. Если исходить из пессимистического варианта (не был бы он, на самом деле, оптимистическим), то предполагается, что в 2010 году в России будет жить 134,7 млн. человек, в 2020 – 122 млн., в 2030 году – 107,3 млн. чел. а в 2050 году – 77,2 млн. человек. Вам не кажется, что Россию надо уже спасать, а не ограничиваться разговорами, как повысить рождаемость?

Динамика основных социально-экономических показателей. В 2004 году валовой внутренний продукт (ВВП) России в сравнении с ВВП РСФСР 1989 года составил 82,7 %. Это означает, что мы до сих пор пока не достигли еще показателей экономики образца 15-летней давности. Предполагается, что мы достигнем этого уровня лишь к 2007-08 годам, когда, по прогнозам ученых, показатель по ВВП составит 104,0 % к уровню 1989 года в соответствии с наблюдаемыми и прогнозными темпами экономического роста. Казалось бы, можно радоваться – мы наконец-то преодолеем экономический кризис и восстановим экономику. Но не все так хорошо и здесь. Потому что если рассматривать положение дел в отдельных отраслях, то и к 2008 году мы не преодолеем того спада в экономике, что испытали в 90-е годы. Объем промышленного производства составит в 2008 г. лишь 84,5 % к уровню сравниваемого (1989) года. Он не будет достигнут даже к 2010 году (при прогнозируемых темпах прироста 3,8–5,4 %), так как составит лишь 91,0–94,0 процента. При существующих темпах роста промышленность России восстановит свой потенциал лишь к 2015 году с показателем в 106 % к уровню сравниваемого года.

Если взять сельское хозяйство, то оно настолько пострадало от экономического кризиса, что вы-

править положение в этой сфере не представляется возможным даже в отдаленном будущем. Объем сельскохозяйственной продукции в 2004 г. составил 67,9 % в сравнении с 1989 годом. Причем неплохие темпы прироста - 3,9 % - были зафиксированы в этой сфере лишь за период 1999–2004 гг. Сегодня можно говорить о значительном замедлении темпов прироста до 1,4 %, что позволит к 2008 году выйти на объем в 71,7 % к уровню производства в этой сфере в 1989 году.

Динамика экспорта. Теперь о том, за счет чего мы живем, что является одним из главных доходных источников и основой благополучия страны, – доходах от экспорта. Сегодня Россия является вторым по величине экспортером нефти, объемы ее добычи год от года увеличиваются. Действительно, они увеличиваются, если вести отсчет с 2000 года, когда нефти (вместе с газовым конденсатом) было добыто 324 млн. тонн. В 2004 году был обеспечен значительный прирост объемов добычи – до 458,7 млн. т. И тем не менее даже в этом успешном году нефтедобывающие компании не достигли уровня добычи 1990 г., в котором нефти было добыто 516 млн. тонн. Предполагается, что таких объемов добычи мы можем достичь лишь к 2008 году, но при этом значительного увеличения добычи нефти уже не будет, освоенных месторождений нет, из старых месторождений нефть будет добывать все сложнее, а издержки на добычу будут увеличиваться.

Значительную часть добытой нефти наши компании продают на экспорт. Динамика здесь следующая: в 2000 году было продано за рубеж 145 млн. тонн, в 2004 г. – уже 257,6 млн. т. И это тот предел, перешагнуть который в дальнейшем будет уже сложно, потому что резервы добычи почти исчерпаны.

Если говорить о добыче газа, то лишь в 2005 году был достигнут уровень 1990 года, когда было получено 641 млрд. куб. м «голубого топлива». К 2008 году объемы добычи будут увеличены на 37–43 млрд. куб. м, что потребует также активного освоения новых месторождений. Впрочем, желающих получать от нас газ – много. Экспортные поставки его огромны – 200, 4 млрд. куб. м газа в 2004 году. К 2008 году экспорт газа увеличится до 250 млрд. куб. метров. Жаль, правда, что распоряжаемся мы им не слишком рачительно, не ис-

пользуя активно технологии переработки.

Каменноугольная отрасль добыла в 1990 году 395 млн. тонн угля. Десять лет спустя его добыча упала до 258 млн. тонн. Сегодня положение в отрасли потихоньку улучшается, но даже к 2008 году объемы его добычи приблизятся к 310 млн. тонн. Примерно 70 млн. тонн угля мы продаем за границу и объемы продаж будут стабильны.

Инвестиции в основной капитал. Инвестиции в основной капитал – гарантия стабильной и устойчивой работы предприятия. Вкладывают ли деньги в будущее своих предприятий наши новоиспеченные капиталисты – собственники заводов, газет, пароходов? Сразу скажу, что в советские времена объемы вложений были значительны, не идущие ни в какое сравнение с нынешними. В 1998 г. в основной капитал предприятий было вложено 20,9 % средств по сравнению с 1989 годом. В 2004 г. объемы вложений составили 36,5 %, в 2008 – они достигнут 54 %. И только лишь к 2015 году объемы инвестиционных вложений достигнут уровня 1989 года. Но за это время средний возраст имеющегося оборудования будет предельным, т.к. в 2003 г. 48 % оборудования использовалось уже более 20 лет, а средний возраст производственного оборудования составлял 20,7 лет.

Наиболее активно инвестиции поступают в топливную промышленность, что вполне понятно: это наиболее высокодоходная отрасль. В 1992 году инвестиции в основной капитал топливной промышленности составили 16,8 % от общего объема инвестиций в промышленность РФ. В 1998 году они составили 12,1 %, затем стали расти и достигли к 2004 году 25 %. Иностранные инвесторы избрали нашу топливную промышленность как основной объект для своих вложений. Их доля в 2000 году составляла 5,7 % от общего объема инвестиций, а в 2003 г. – уже 17,9 %. Но ни российские, ни иностранные инвесторы не спешат вкладывать деньги в машиностроение и металлообработку. И это вполне понятно, названные отрасли – неконкурентоспособны. Российские компании инвестируют в эту сферу примерно 3 % от общего объема инвестиций, а иностранные – на уровне 2,5 %.

Доходы населения. Говорят, что наше население стало лучше жить, если сравнивать с советским периодом. Да, доступность некоторых по-

требительских товаров стала действительно выше. Но что же говорят о доходах россиян статистические данные? Здесь тоже далеко не так все благополучно, как хотелось бы. Среднегодовой размер прожиточного минимума увеличивается. Но увеличивается и инфляция, этот бич экономики, вымывающий доходы населения. Так вот, в 1992 году среднегодовой размер прожиточного минимума составлял 1900 рублей. Это немного, тем более что 33,5 % населения страны имели доходы ниже даже этой величины. Однако это больше, чем среднегодовой размер прожиточного минимума в 1998 году, когда он составлял сумму в 493,3 рубля, а 23,3 % населения страны получали доходы ниже этого значения. Через 13 лет, в 2005 году, он стал составлять 2814 рублей (15,8 % населения остаются за чертой бедности). В планах правительства довести этот минимум до 3637 рублей в 2008 году (но и тогда около 10 % населения останутся за чертой бедности). Но мы прекрасно знаем, что прожить на эту сумму невозможно, оплачивая коммунальные расходы, услуги за телефон, электроэнергию и т.д.

Но ведь жить-то все равно стали сегодня лучше - скажут оптимисты (в особенности, если они получают заработную плату в размере 12–14 тыс. рублей в месяц).¹ Нет, раньше мы жили гораздо лучше - скажут пенсионеры. И будут совершенно правы, так как реальные денежные доходы населения в 1998 году составляли всего 46,0 % в сравнении с доходами в 1989 году. Да, нельзя сказать, что доходы не растут. Но они до сих пор не дотягивают до показателя 1989 года. Даже в 2004 году это всего лишь 77,5 %. И только к 2008 году доходы населения должны преодолеть уровень 1989 года и составить 110,8 %.

А теперь подведем некоторые итоги. Россия до сих пор напоминает героя русских народных сказок – Иванушку-дурачка, который лежит на печке в ожидании чуда. Но пора все же слезать с печки и не ждать наступления чуда. Хотя чудеса все же бывают. Первое чудо, что Россия имеет невероятные запасы всевозможных полезных ископаемых, которые и позволяют нам держаться на плаву. Чу-

до второе: России в последние годы фантастически везет с мировыми ценами на нефть и газ, благодаря которым бюджет страны пухнет, словно на дрожжах, а «нефтяные деньги» к тому же позволяют даже делать запасы на черный день.

Наш президент готовится к завершению своего второго срока по управлению страной. В каком состоянии он передаст ее своему преемнику? Конечно, в гораздо лучшем, если сравнивать с тем, что передал ему Борис Ельцин. И тем не менее наследство будет отягощено, во-первых, очень большой демографической проблемой, решать которую надо было, как говорится, уже позавчера. Но демографическая проблема во многом связана с уровнем доходов населения. И это – вторая проблема, решение которой является стратегической целью нашего государства, отмеченной в Конституции. В-третьих, перевооружение промышленности и сельского хозяйства, без решения этой проблемы нельзя говорить о конкурентоспособности нашей экономики и продовольственной безопасности. И, в-четвертых, в настоящее время топливная отрасль живет за счет тех месторождений, что были разведаны и освоены еще в советское время. И та река экспорта нефти и газа, за счет которой в значительной степени пополняется бюджет страны, может иссякнуть, если не заниматься разведыванием и освоением новых месторождений.

Уже в следующем году в России состоятся выборы в Государственную Думу. Хотелось, чтобы на этот раз предвыборные программы партий содержали конкретные экономические задачи и цели, которые должна решить и достигнуть Россия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская экономика в 2005 г. Тенденции и перспективы. – М.: ИЭПП, 2006. – Вып. 27. – С. 646.
2. Гринберг Р. От капитализма в нынешней России Маркс пришел бы в ужас!.. – «Московский комсомолец». – 2006 г., 31 апр.
3. Нигматуллин Р. Россия умирает: три разрушительных процесса. <http://www.izvestia.ru/comment/article1197411>
4. Выступление руководителя Центра политико-экономических исследований, первого заместителя директора Института экономики РАН, академика Д.Е. Сорокина в Инженерно-экономическом институте ЧГУ (ноябрь 2005 г.).

¹ Это средняя заработная плата в Череповце (по данным за 2005 г.).

СПЕЦИФИКА РОССИЙСКОЙ ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ

Инновационная политика является важной составной частью государственной социально-экономической политики. Ее основная цель – создание экономических, правовых и организационных условий, которые обеспечивают рост конкурентоспособности отечественной продукции, эффективное использование научно-технических результатов исследований, решение других задач социально-экономического развития.

Активизация инновационного процесса и повышение его эффективности, включая широкое освоение достижений высоких технологий и незамедлительное обновление активной части основных производственных фондов, является главным и, пожалуй, единственным путем выхода экономики из глубокого системного кризиса. Необходимо стимулировать развертывание комплексной инновационной инфраструктуры, развивать систему экономических и финансовых форм эффективного взаимодействия науки и производства, а также совершенствовать системы информационного обеспечения, экспертизы, финансово-экономического обеспечения, сертификации и продвижения разработок, подготовки и переподготовки кадров.

По мнению ряда ученых экономистов, концепция инновационного развития не должна быть самоцелью для российской экономики. Такая концепция, как известно, определяет принципы эффективного функционирования национальных экономик в условиях глобализации и информатизации. При этом акценты смещаются с производства традиционной продукции на инновации: устойчивый экономический рост обеспечивается не наращиванием выпуска постепенно обновляемых товаров и услуг, а быстрым изменением структуры выпуска в соответствии со спросом, а также ростом инвестиций в человеческий капитал.

Если для промышленно развитых стран основная проблема развития заключается в постоянном

обновлении товаров, технологий, быстром поиске условий и территорий, где данное производство нужно и целесообразно, то в России ситуация иная. Российская экономика пока не имеет развитой производственной базы для успешного решения этой задачи. Низкий технический уровень производства препятствует массовому освоению и внедрению результатов деятельности, способствуя отрыву инновационной сферы от производственного сектора. В связи с этим особую актуальность приобретают проблемы внедрения высоких технологий в производство, «запуск» системы промышленных инноваций, которые в свою очередь могут обеспечить рост технического уровня российского производства.

К первоочередным направлениям по созданию условий для увеличения масштабов инновационной деятельности следует отнести: развитие конкурентной среды путем введения современной, соответствующей международным нормам законодательной и нормативной базы в области регулирования процессов конкуренции; вовлечение в процесс инвестирования известных лидеров мирового высокотехнологичного бизнеса на базе улучшения инвестиционного климата; формирование общих условий для развития малого и среднего бизнеса; развитие информационной структуры и формирование профессионального инновационного менеджмента.

Привлечение инновационно-инвестиционного механизма для реализации процесса разработки и внедрения нововведений позволяет провести его с большой результативностью за счет профессионализма привлекаемых организаций и специалистов, привлечения на предприятия инвестиционного капитала, привлечения частного капитала в инвестиции, сокращения сроков, расходов на реализацию проектов, снижения риска неудачи, расширения числа предприятий, вовлекаемых в процесс обновления и развития, подъема отечественной промышленности.

Предприятие, внедряющее нововведение, может выбрать один из следующих вариантов финансового и организационного обеспечения: взаимодействие с банком, привлекая инвестиции и услуги; взаимодействие с инновационно-инвестиционной сетью.

Для ускорения экономического роста требуется большой объем инвестиций, в связи с этим необходимо вовлечение в процесс инвестирования всех внутренних ресурсов: сбережений населения, резервов Пенсионного фонда России и негосударственных пенсионных фондов, страховых компаний, паевых инвестиционных фондов и др. Также необходимо наращивание усилий по привлечению прямых иностранных инвестиций, создание условий для формирования совместных с иностранными партнерами организаций по выпуску отечественной наукоемкой продукции и реализации ее на внешнем рынке.

Перед нами стоит задача выбора новой стратегии экономического и инновационно-технологического развития – стратегии, рассчитанной на среднесрочную и долгосрочную перспективу. Объем и структура инновационных инвестиций меняются по фазам среднесрочных и долгосрочных циклов. В ближайшие годы приоритетными должны быть высокоэффективные, окупаемые в короткие сроки инновационные проекты, в которых государство может участвовать на долевых началах с частными инвесторами, беря на себя часть рисков. Главный критерий при этом – степень экстенсивного расширения технологического и экономического эффекта в отраслях. Создание и реализация масштабных инновационных проектов активизирует развитие новых производств. Этот процесс будет опираться на уже созданные интегрированные структуры, объединяющие предприятия на базе устойчиво функционирующих предприятий. Долгосрочной внешнеэкономической стратегией промышленного производства России должна стать активизация инновационной деятельности, направленная на повышение объемов экспорта товаров высокой степени обработки, в первую очередь, новых поколений конкурентоспособных систем машин, оборудования и технологий. Это позволит увеличить занятость трудоспособного населения и усилить позиции в мировой экономике.

Заслуживает внимания предпринятая прави-

тельством попытка наладить партнерские отношения государственного сектора науки с промышленностью на основе инновационных проектов государственного значения. Оценки эффективности данных проектов представляются весьма оптимистичными. Предполагается, что ориентировочный объем реализации продукции, созданной в рамках 12 проектов, к 2007 году составит более 22,8 млрд. р. при затратах федерального бюджета на Иир – 4,01 млрд. р. При этом расходы бизнеса на промышленную реализацию проектов должны быть того же порядка. Тогда общие капиталовложения окажутся в 2,5 раза меньше годового объема реализации товаров, созданных в результате выполнения данных проектов. Ежегодная прибыль, по самым скромным подсчетам, уже в 2007 г. окажется порядка 200 %.

В рамках проектов (период реализации – три-пять лет) осуществляется полный инновационный цикл. В настоящее время Минобрнауки России финансирует девять проектов, шесть из них – с 2003 г., остальные – с конца 2004 г. Объем бюджетного финансирования составляет 2760 млн. р., в том числе в 2005 г. – 939 млн. р., за счет внебюджетного финансирования – 3310 млн. р., в том числе в 2005 г. – 1172,5 млн. р.

Осуществление предлагаемых мер позволит достичь повышения инновационной активности в экономике, увеличения удельного веса инновационной продукции как в общем объеме продаж промышленной продукции, так и в ее экспорте.

Формирование и реализация инновационной политики основывается на создании такой управленческой, экономической и финансовой системы, которая позволит в намечаемые сроки и с высокой эффективностью использовать в реальном секторе на новой институциональной и правовой основе интеллектуальный, научно-технический и промышленный потенциал страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голиченко О. Российская инновационная система: проблемы развития // Вопросы экономики. – 2004. – № 12.
2. Кузык Б.Н., Яковец Ю.В. Россия-2050: стратегия инновационного прорыва. – М.: «Экономика», 2004.
3. Фурсенко А. Стратегия Российской Федерации в области развития науки и инноваций до 2010 года // Интеллектуальная собственность. – 2006. – № 2.

СОДЕРЖАНИЕ МЕТОДИК ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛОГИСТИКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Логистическая система промышленного предприятия включает в себя следующую совокупность подсистем: управления, материально-технического снабжения, сбыта продукции, сервисного (технического) обслуживания и ремонта основных производственных фондов, складского хозяйства. В интересах обеспечения качества функционирования данных подсистем требуется постоянный прогноз технико-экономической обстановки предприятия. Данный прогноз может осуществляться с помощью математической модели, которая включает в себя ряд методик: прогнозирования состояния логистической системы предприятия, прогнозирования объемов сервисного (технического) обслуживания и ремонта производственного оборудования, прогнозирования потребностей предприятия в материально-технических ресурсах.

Методика прогнозирования состояния логистической системы предприятия может быть основана на комплексном использовании табличного и статистического методов оценки её состояния. **Суть табличного метода** – составляется таблица, строками которой являются различные варианты функционирования логистической системы предприятия. В столбцах данной таблицы указывается признак степени функционирования данной системы. Если какая-либо подсистема функционирует, ей ставится в соответствие признак «+», если отказала – признак «-». Каждому варианту функционирования ставится в соответствие также признак выхода из строя («-») или признак невыхода из строя («+») логистической системы. Признаки выхода из строя и невыхода из строя логистической системы могут быть уточнены вероятностью выхода из строя или вероятностью невыхода из строя. Данное уточнение признаков характеризует степень выполнения логистической системой поставленных задач при её функционировании в составе, определяемом вариантом повреждения (выходом из строя) подсистемы.

Приемлемое правило оценки состояния логистической системы предприятия: одним из основных её свойств является способность функционировать при исключении из её состава или выходе из строя (отказе) одной или нескольких подсистем.

Суть статистического метода – пусть имеются статистические данные, характеризующие степень выполнения поставленной задачи логистической системой предприятия при различных вариантах выхода из строя подсистем. Варианты выхода из строя подсистем, не приводящие к невыполнению задач данной системой, характеризуются положительным признаком и степенью её функционирования, например, числом выполненных задач логистической системой при данном варианте выхода из строя подсистем. Варианты выхода из строя подсистем, приводящие к невыполнению задач логистической системой, характеризуются отрицательным признаком и степенью отказа её функционирования. Состояние подсистем характеризуется их номинальной производительностью, если они функционируют, или минимальной (нулевой) производительностью, если данная подсистема вышла из строя. В этом случае математическая модель состояния логистической системы предприятия представляется в виде линейной функции:

$$P_{\text{лсп}} = \alpha_0 + \sum_{l=1}^L \alpha_l \cdot P_{R_l},$$

где P_{R_l} – производительность l -й подсистемы ($P_{R_l} = 0$, если подсистема не функционирует; $P_{R_l} = P_{R_l \text{ ном}}$, если подсистема функционирует); $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l$ – коэффициенты, описывающие классы состояний A_1 и A_2 и учитывающие коэффициентные связи между подсистемами. Их оценка

производится методом наименьших квадратов при выполнении следующего условия

$$\sum_{n=1}^N \left(\Pi_{\text{лсп}}^{[n]} - \alpha_0 - \sum_{l=1}^L \alpha_l \cdot \Pi_{R_l}^{[n]} \right)^2 = \min,$$

где N – количество вариантов функционирования логистической системы предприятия.

В l -мерном пространстве вектор $\vec{A} = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l\}$ определяет направление плоскости, которая разделяет состояние логистической системы предприятия на два класса: A_1 – класс состояний с выходами из строя подсистем, которые не приводят к невыполнению заданного объема задач, и класс состояний A_2 – соответствующий нефункционированию логистической системы; α_0 – смещает начало шкалы отсчета величины на плоскость, разделяющую классы состояний A_1 и A_2 .

Правило оценки состояния логистической системы предприятия: по известным величинам Π_{R_l} вычисляется величина $\Pi_{\text{лсп}}$. В области, где $\Pi_{\text{лсп}} > 0$, состояние логистической системы относится к классу состояний A_1 , в противном случае – к классу состояний A_2 .

Методика прогнозирования объема технического обслуживания и ремонта производственного оборудования предприятия включает следующие этапы:

- первый – прогноз расхода технического ресурса производственного оборудования по рабочим дням за определенный период времени

$$R_{\text{т.р}}^i = \frac{\sum_{S=1}^m N_{\text{ПО}}^S \cdot \chi_B^S}{\sum_S \sum_i (N_{\text{ПО}}^S \cdot \chi_B^{S,i})},$$

где $R_{\text{т.р}}^i$ – потенциально возможный расход технического ресурса производственного оборудования на i -е сутки; $N_{\text{ПО}}^S$, χ_B^S – количество и сосредоточение элементов S -го вида в производственном узле, $S = \overline{1, m}$; $\chi_B^{S,i}$ – производственное напряжение оборудования технологической линии

на i -е сутки (например, количество включений-выключений на элемент оборудования в определенный период времени);

- второй – оценка важности элементов производственного оборудования технологической линии

$$\gamma_D = \frac{\chi \cdot l_{30}}{l_p} = \chi \cdot P_{\text{откд}}; \quad \chi = \frac{(A_V \cdot \zeta + B_V \cdot \beta)}{(H_V \cdot \zeta + L_V \cdot \beta)},$$

где χ – коэффициент, учитывающий важность производственных и административных объектов технологической линии; $P_{\text{откд}}$ – вероятность отказа в обслуживании D -го объекта; l_{30} – размер зоны обслуживания производственных средств D -го объекта технологической линии; l_p – размер района размещения производственных и административных объектов технологической линии; A_V и B_V – количество производственных и административных объектов V -й категории технологической линии ($V = \overline{1, 4}$), подлежащих обслуживанию соответственно; H_V , L_V – общее количество производственных и административных объектов V -й категории технологической линии соответственно; ζ , β – весовые коэффициенты степени важности соответственно производственных и административных объектов логистической системы предприятия ($\zeta = \overline{0, 3; 0, 6}$; $\beta = \overline{0, 1; 0, 4}$);

- третий – прогноз объема сервисного (технического) обслуживания и ремонта производственного оборудования, содержащий:

– оценку текущего суммарного параметра потока j -го типа повреждений ($j = \overline{1, 3}$, где 1 – слабая степень повреждений, соответствующая по объему текущему ремонту; 2 – средняя степень повреждений, соответствующая по объему среднему ремонту; 3 – сильная степень повреждений, соответствующая по объему капитальному ремонту) по дням реализации производственного плана предприятия ($i = \overline{1, n}$):

$$\lambda_{\text{Псд}}^{(j,i)} = \sum_{d=1}^n \left(\frac{\gamma_D^j}{\sum_D \gamma_D^j} \cdot \lambda_{\text{ср}}^{j,i} \cdot N_{\text{с.п}}^i \right) \cdot R_{\text{т.р}}^i;$$

– корректировку среднесуточных повреждений (отказов) производственного оборудования Д-го объекта по дням выполнения плана производства

$$\lambda_{\text{Д}}^i = \sum_{j=1}^n \left[\frac{n_{\text{Д}} \cdot \lambda_{\text{ср}}^{j,i} \cdot \gamma_{\text{Д}}^i}{\sum_{\text{Д}=1}^{n_{\text{Д}}} \gamma_{\text{Д}}^i} \right] \cdot \left[\frac{K_{\text{иД}}^i}{\sum_{\text{Д}=1}^{n_{\text{Д}}} K_{\text{иД}}^i} \right];$$

– детализацию спрогнозированных потерь по степеням повреждений производственного оборудования

$$\lambda_{\text{нД}}^{j,i} = \lambda_{\text{пΣД}}^{j,i} K_{\text{п}_j} \left(\lambda_{\text{нД}}^{1i}, \lambda_{\text{нД}}^{2i}, \lambda_{\text{нД}}^{3i} \right),$$

где $\gamma_{\text{Д}}^i$ – коэффициент важности Д-го объекта структурного подразделения предприятия на i -й день его работы; $\lambda_{\text{ср}}^{j,i}$ – среднее (нормативное) значение потока повреждений для j -го типа производственного оборудования; $N_{\text{с.п}}^i$ – общее количество структурных подразделений, для которых осуществляется прогноз; $\lambda_{\text{Д}}^i$ – параметр потока повреждений для Д-го структурного подразделения на i -й день его работы; $K_{\text{иД}}^i$ – коэффициент, характеризующий интенсивность загрузки технологической линии Д-го структурного подразделения; $n_{\text{Д}}$ – количество структурных подразделений предприятия; n – период (продолжительность) реализации производственного плана; $\lambda_{\text{нД}}^{1i}, \lambda_{\text{нД}}^{2i}, \lambda_{\text{нД}}^{3i}$ – параметры потоков слабых, средних, сильных повреждений производственного оборудования на i -й день выполнения плана производства соответственно; $K_{\text{п}_j}$ – структурные статистические коэффициенты по степеням повреждений (видам ремонта).

Общий объем сервисного (технического) обслуживания и ремонта производственного оборудования предприятия определяется по следующему соотношению:

$$N_{\text{пΣ}} = \lambda_{\text{пΣД}}^{j,i} \overline{T_0},$$

где $\overline{T_0}$ – среднее время (продолжительность) реализации производственного плана предприятия.

Методика прогнозирования потребности предприятия в материально-технических ресурсах основана на комплексном применении двух методов: наряду с существующим нормативным методом расчета потребности используется метод экспоненциального сглаживания, который позволяет прогнозировать потребность с учетом фактического расхода ресурсов в предшествующем одном или нескольких плановых периодах. В этом случае прогноз потребности осуществляется рекуррентно по зависимости

$$\Pi_N^{(K)} [S] =$$

$$= \Pi_N^{(K)} [S-1] + \alpha \cdot \left(R_{\Phi}^{(K-1)} [S-1] - R_N^{(K)} [S-1] \right),$$

где $\Pi_N^{(K)} [S], \Pi_N^{(K)} [S-1]$ – прогноз потребности по нормам на S -й и $(S-1)$ -й периоды; $R_{\Phi} [S-1]$ – фактический расход ресурсов в $(S-1)$ -м периоде; $R_N [S-1]$ – расход ресурсов по нормам в $(S-1)$ -м периоде; K – порядок полинома, в который разлагается функция потребности; α – коэффициент обратной связи между фактическим расходом и предыдущим прогнозом потребности.

Правило оценки прогноза: результаты прогнозов являются согласованными (не противоречат друг другу), если их значения принадлежат общей области пересечения доверительных областей частных прогнозов, т.е. общая область не является пустым множеством. Тогда строится синтезированная оценка прогноза Π_N , являющаяся линейной комбинацией частных прогнозов

$$\Pi_N = \varphi_1 \cdot \Pi_{N1} + \varphi_2 \cdot \Pi_{N2},$$

где φ_1, φ_2 – вес прогнозов, полученных нормативным методом и методом экспоненциального сглаживания соответственно; Π_{N1}, Π_{N2} – частные прогнозы, полученные нормативным методом и методом экспоненциального сглаживания соответственно.

Таким образом, предлагаемые методики технико-экономических расчетов по производственной логистике отражают последовательность работы органов управления предприятия на этапах принятия производственных решений и планирования

производства. Их применение является основой поиска рациональных вариантов распределения наличных ресурсов предприятия при минимальных издержках в динамике выполнения производственных заказов.

УДК 330.45(075.8)

М.И. Летавин
Кафедра ММИИТЭ

О ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО РОСТА В ОДНОПРОДУКТОВОЙ МОДЕЛИ ЭКОНОМИКИ

Задача оптимального роста в однопродуктовой экономической модели имеет вид [1], [2]

$$\int_0^T u(t)x(t)dt \rightarrow \sup; \quad (1)$$

$$\dot{k}(t) = a(1-u(t))x(t) - bk(t), \quad t \in [0, T]; \quad (2)$$

$$k(0) = k_0; \quad (3)$$

$$0 < k(t), \quad 0 \leq u(t) \leq 1, \quad 0 \leq l(t) \leq 1,$$

$$0 \leq x(t) \leq k(t)f(l(t)/k(t)), \quad t \in [0, T], \quad (4)$$

где интегральный функционал (1) с точностью до мультипликативной константы моделирует душевое потребление на плановом горизонте $[0, T]$; $u(t)$ – норма потребления; $x(t)$ – валовый выпуск на душу населения; $k(t)$ – фондовооруженность труда; a, b – положительные коэффициенты, зависящие от темпа роста трудовых ресурсов, мультипликатора инвестиций, нормы амортизации и нормы производственного потребления; k_0 – начальное значение фондовооруженности; $l(t)$ – занятость; дифференциальное уравнение (2) моделирует эволюцию фондовооруженности; неравенства (4) определяют положительность капитала, ограничения на норму потребления и норму занятости, ограничение на валовый выпуск; $kf(l/k)$ – производственная функция.

Ввиду четвертого из ограничений (4) эта задача «с ограничениями на фазовые координаты». Авторы обходят эту трудность по-разному. В [1] применяют достаточные условия в форме Кротова для доказательства исчерпывания производственных возможностей, однако этот подход оставляет открытым вопрос о возможности других оптимальных процессов, для которых исчерпывание производственных возможностей не происходит. В [2] постулируют это исчерпывание. В настоящей статье доказывается, что исчерпывание производственных возможностей является необходимым условием оптимальности процесса.

На производственную функцию наложим традиционные условия [1]

$$f \in C([0, +\infty)) \cap C^2((0, +\infty)), \quad f(0)=0, \quad f'(y) > 0,$$

$$f''(y) < 0, \quad (yf(y^{-1}))' > 0, \quad y \in (0, +\infty). \quad (5)$$

Управляемым процессом в задаче (1)–(4) назовем вектор-функцию $\xi = (k, u, l, x) \in H^2([0, T]) \times L^2([0, T], R^3)$, для которой выполнено уравнение (2) и начальное условие (3). Управляемый процесс назовем допустимым, если для него выполнены ограничения (4), и обозначим множество допустимых процессов через Ξ . Приведем некоторые свойства допустимых процессов.

Лемма 1. 1) $\Xi \neq \emptyset$; для $\xi \in \Xi$ выполнены условия 2) $k(t) > 0, t \in [0, T]$; 3) $l(t)/k(t)$ измерима, ограничена и неотрицательна на $[0, T]$.

Доказательство. Положим $u(t) = 1$, $t \in [0, T]$, $k(t) = k_0 \exp(-bt)$ – решение задачи Коши (2), (3), $l: [0, T] \rightarrow [0, 1]$ – произвольная измеримая функция, $x: [0, T] \rightarrow [0, +\infty)$ – произвольная измеримая функция, удовлетворяющая ограничению (4). Тогда процесс (k, u, l, x) очевидно допустим. Для $\xi \in \Xi$ обозначим $\psi(t) = a(1 - u(t))x(t)$, тогда $\psi(t)$ – неотрицательна, измерима и ограничена на $[0, T]$. Поэтому из представления решения задачи Коши $k(t) = k_0 \exp(-bt) + \int_0^t \psi(\tau) \exp(-b(t-\tau)) d\tau$ вытекает положительность функции $k(t)$ и справедливость условия 3). ◀

Обозначим через $J(\xi)$ значение целевого функционала (1) на допустимом процессе, $J^* = \sup\{J(\xi): \xi \in \Xi\}$ – значение задачи, $\Xi^* = \{\xi: \xi \in \Xi, J(\xi) = J^*\}$ – множество оптимальных процессов. Из леммы 1 и приведенных определений вытекает

Лемма 2. $J^* > 0$.

Доказательство. Для процесса ξ , построенного в лемме 1, можно выбрать $l(t) \equiv 1$, $x(t) = k(t)f(1/k(t))$. Тогда $x(t) > 0$, $t \in [0, T]$ и, следовательно, $J(\xi) > 0$. Так что $0 < J(\xi) < J^*$. ◀

Замечание 1. Можно показать, что Ξ выпукло, однако функционал не является выпуклым, поэтому существование оптимального процесса не следует из общих теорем.

Теперь перейдем к доказательству свойства исчерпывания производственных возможностей для оптимального процесса.

Теорема 1. Пусть $\xi^* \in \Xi^*$ – оптимальный процесс. Тогда

$$x^*(t) = k^*(t)f(l^*(t)/k^*(t)) \quad \text{при почти всех } t \in [0, T]. \quad (6)$$

Доказательство. Предположим напротив, что найдется множество $\Delta \in [0, T]$ положи-

тельной меры Лебега $\mu(\Delta) > 0$, для которого

$$x^*(t) < k^*(t)f(l^*(t)/k^*(t)) \quad \text{при почти всех } t \in \Delta. \quad (7)$$

Определим новый процесс ξ , полагая $u(t) = u^*(t)$, $l(t) = l^*(t)$, $x(t) = k^*(t)f(l^*(t)/k^*(t))$, $t \in [0, T]$, а k – решение задачи Коши (2), (3) с уже определенными функциями u, l, x . Покажем, что $\xi \in \Xi$. Для этого достаточно проверить последнее неравенство в (4). Поскольку по определению $x^*(t) \leq x(t)$, $t \in [0, T]$, то $(1-u^*(t))x^*(t) = (1-u(t))x(t) \leq (1-u(t))x(t)$. Отсюда и из представления решения задачи Коши (1), (2), использованного в лемме 1, вытекает, что $k^*(t) \leq k(t)$, $t \in [0, T]$. Так как функция $y f(y^{-1})$, возрастающая по условию (5), то из последнего неравенства следует, что $x(t) = k^*(t)f(l^*(t)/k^*(t)) \leq k(t)f(l(t)/k(t))$, так что процесс ξ допустимый.

На самом деле он является и оптимальным. Действительно,

$$\begin{aligned} J^* \geq J(\xi) &= \int_0^T u(t)x(t)dt = \int_0^T u^*(t)x(t)dt \geq \\ &\geq \int_0^T u^*(t)x^*(t)dt = J(\xi^*) = J^*. \end{aligned}$$

Покажем теперь, что $u^*(t) = 0$ при почти всех $t \in \Delta$. В противном случае найдется $\Omega \subset \Delta$, $\mu(\Omega) > 0$ такое, что $u^*(t) > 0$, $t \in \Omega$. Тогда

$$\begin{aligned} 0 = J(\xi) - J(\xi^*) &= \int_0^T u(t)x(t)dt - \int_0^T u^*(t)x^*(t)dt = \\ &= \int_0^T u^*(t)(x(t) - x^*(t))dt \geq \\ &\geq \int_{\Omega} u^*(t) \left[k^*(t)f(l^*(t)/k^*(t)) - x^*(t) \right] dt > 0. \end{aligned}$$

Полученное противоречие доказывает требуемое равенство.

Определим функцию $m(t) = \mu([0, t] \cap \Delta)$, тогда $m(t)$ непрерывна, не убывает, $m(0) = 0$, $m(T) = \mu(\Delta)$. Положим $\tau = \max\{t: t \in [0, T], m(t) = 0\}$. Так как $\mu(\Delta) > 0$, то $\tau \in [0, T)$. Поскольку $x^*(t) < x(t), t \in \Delta$ и $\mu(\Delta) > 0$, то из представления решения задачи Коши леммы 1 следует, что для любой точки $t \in (\tau, T]$ будет выполнено неравенство $k^*(t) < k(t)$. Поэтому $x(t) = k^*(t)f(l^*(t)/k^*(t)) < k(t)f(l(t)/k(t)), t \in (\tau, T]$. Это неравенство аналогично (7), для оптимального процесса ξ , поэтому по уже доказанному должно быть $u(t) = 0$ при почти всех $t \in (\tau, T]$, а значит и $u^*(t) = u(t) = 0$ при почти всех $t \in (\tau, T]$. Построим теперь допустимый процесс $\eta = (k, u, l, x)$, полагая $\eta(t) = \xi^*(t), t \in [0, \tau]$; $u_\eta(t) = 1, l_\eta(t) = 1, t \in (\tau, T]$; $k_\eta(t)$ – решение уравнения (2) с начальным условием $k_\eta(\tau) = k^*(\tau)$ на $[\tau, T]$; $x_\eta(t) = k_\eta(t)f(l(t)/k_\eta(t)), t \in (\tau, T]$. Тогда

$$J(\eta) = \int_0^T x_\eta(t)u_\eta(t)dt = \int_0^\tau x^*(t)u^*(t)dt + \int_\tau^T x_\eta(t)u_\eta(t)dt > \int_0^\tau x^*(t)u^*(t)dt = \int_0^T x^*(t)u^*(t)dt = J^*.$$

Полученное противоречие показывает, что $\tau = T$, то есть $\mu(\Delta) = 0$ вопреки исходному предположению. ◀

Применением принципа максимума [2] доказываем, что для оптимального процесса ξ должно быть $l(t) = 1$ при почти всех $t \in [0, T]$. Следовательно, задача (1)–(4) эквивалентна задаче

$$\int_0^T u(t)k(t)f(1/k(t))dt \rightarrow \sup, \quad (8)$$

$$\dot{k}(t) = a(1-u(t))k(t)f(1/k(t)) - bk(t), t \in [0, T], \quad (9)$$

$$k(0) = k_0, \quad (10)$$

$$0 < k(t), 0 \leq u(t) \leq 1, t \in [0, T], \quad (11)$$

для которой оптимальный процесс $\xi^* = (k^*, u^*)$ существует, поскольку допустимое множество слабо компактно по компонентам u и сильно компактно по компонентам k в $L^2([0, T])$, а тогда минимизирующую последовательность ξ_n можно выбрать так, что последовательность u_n сходится к u_∞ слабо, а k_n к k_∞ сильно в $L^2([0, T])$. Поэтому обоснован предельный переход в интеграле (8), предельная пара $\xi_\infty = (k_\infty, u_\infty)$ является допустимым процессом (выполнены условия (9)–(11)) и в силу того, что последовательность минимизирующая, этот процесс оптимален. Дальнейшее исследование условий принципа максимума [2] показывает, что оптимальный процесс единственен, управление u принимает только значения нуль или единица и имеет не более одной точки переключения.

Резюмируем полученные результаты.

Теорема 2. В задаче (1)–(4) существует единственный оптимальный процесс ξ . Причем $l(t) = 1, x(t) = k(t)f(l(t)/k(t)), u(t) \in \{0, 1\}, t \in [0, T]$ и $u(t)$ имеет не более одной точки переключения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кротов В.Ф., Лагоша Б.А., Лобанов С.М. и др. Основы теории оптимального управления. – М.: Высш. шк., 1990.
2. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. – М.: Энергоатомиздат, 1996.

ОЦЕНКА ЗАТРАТ НА КАЧЕСТВО В СООТВЕТСТВИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ СТАНДАРТОМ ИСО 9000

Все действия, предпринятые организацией в области качества, должны иметь экономическое обоснование, которое должно опираться на анализ затрат на качество и их оценку. Причем необходимо разграничить данные термины. Под *анализом затрат на качество* будем понимать изучение затрат на качество с целью выявления резервов по их снижению. Под *оценкой затрат на качество* следует понимать деятельность по определению взаимосвязи и влияния затрат на экономические показатели деятельности организации [1].

Следует отметить, что такому определению соответствует концепция экономической оценки затрат на качество, принятая в МС ИСО 9000. Основной целью оценки затрат на качество является выявление влияния затрат на качество на экономические показатели деятельности организации.

Концепция управления затратами предполагает, что абсолютная сумма затрат должна снижаться (см. рисунок).

На предприятиях затраты, как правило, подразделяют на [2]:

- полезные и вредные;
- внутренние и внешние;
- постоянные и переменные.

На предприятиях, имеющих сертифицированную систему менеджмента качества, помимо данной классификации можно выделить затраты на соответствие и несоответствие (табл. 1).

Анализ показывает, что доля затрат на качество

постоянно растет. Именно такая ситуация требует проведения оценки затрат. Автор работы [1] предлагает затраты на качество анализировать по пяти направлениям (табл. 2).

Анализ методов, представленных в таблице, показывает, что не каждый из них позволяет провести оценку затрат. Хотя каждый метод анализа соответствует определенным целям, тем не менее, следует отметить, что на отечественных предприятиях проводится в основном только первый вид анализа, который предусматривает расчет таких показателей, как коэффициент сортности, средневзвешенная цена, потери от перевода металла в пониженные сорта, потери от брака и др.

Таблица 1

Затраты на качество в прокатном цехе «Испат-Кармет»

Виды затрат	2003	2004	2005
Общие, % от себестоимости продукции	3,8	5,6	5,8
В том числе:			
Полезные	68,80	67,20	67,20
Вредные	31,20	32,80	32,80
Внутренние	43,33	40,02	49,48
Внешние	56,67	59,98	50,52
Переменные	55,16	59,14	50,52
Постоянные	44,84	40,86	49,48
На соответствие	39,42	44,64	48,28
На несоответствие	60,58	55,36	51,72

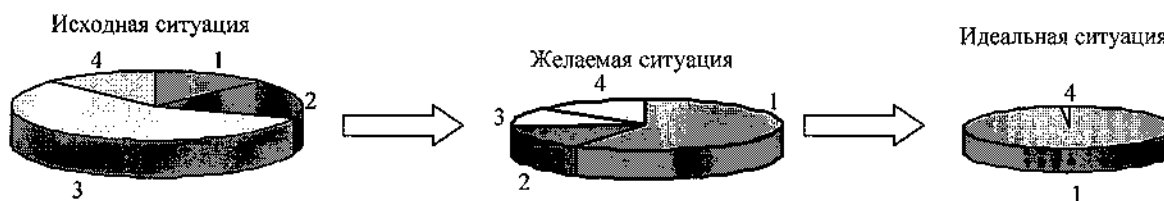


Схема снижения затрат на качество. Виды затрат: 1 – предупредительные; 2 – внутренние; 3 – затраты на контроль; 4 – внешние

Таблица 2

Методы анализа затрат на качество

Вид анализа	Цели проведения анализа
1. Анализ потерь вследствие неудовлетворенного качества продукции	Определение, анализ и оценка потерь вследствие неудовлетворительного качества на различных этапах жизненного цикла продукции
2. Анализ потенциальных источников потерь	Определение, анализ и оценка потерь вследствие неудовлетворительного качества на различных этапах жизненного цикла продукции, выбор приоритетных направлений работ по улучшению качества продукции и совершенствованию менеджмента качества
3. Анализ по видам затрат на качество в соответствии с классификацией А. Фейгенбаума	Постоянная идентификация, определение, анализ и оценка затрат на обеспечение качества; снижение и оптимизация затрат на качество; мониторинг изменения различных видов затрат на качество
4. Анализ затрат на качество по видам деятельности	Мониторинг и постоянная оценка затрат на качество; снижение и оптимизация затрат на качество; выявление неэффективных видов деятельности в системе менеджмента качества; оперативное решение проблем в области менеджмента качества; анализ и оценка инвестиций в улучшение качества продукции и совершенствование системы менеджмента качества
5. Анализ затрат на качество, связанных с процессами	Мониторинг и постоянная оценка затрат на качество; выявление неэффективных видов деятельности в системе менеджмента качества; оперативное решение проблем в области качества

Этому методу соответствует и подход к анализу реализации измеряемых показателей в области качества, принятый на отечественных предприятиях, имеющих сертифицированную систему менеджмента качества (СМК) в соответствии с требованиями МС ИСО 9000/2000. Например, в прокатных цехах такими показателями являются:

1. Показатели качества. К ним относят показатели, характеризующие непосредственно качество проката: процент продукции по сортам, малогабарит, недокаты, холодная смотка, выход годного.

2. Предельно допустимые нормы несоответ-

ствующей продукции. Это, например, количество брака.

3. Расход основных материалов и энергоресурсов. Например, расход металла по годному, расход металла по стану, расход валков, расход масел и т.п.

4. Экономические показатели. Как правило, речь идет об одном показателе – себестоимости продукции.

5. Показатели постоянного улучшения. К ним можно относить разные показатели. На рассматриваемом предприятии это: охват работающих всеми видами обучения, подтверждение сертификата СМК по МС ИСО 9000/2000. (На самом деле, такими показателями должны быть относительные величины, такие как увеличение доли продукции 1-го сорта, снижение себестоимости проката и т.п.).

Как видно, среди представленных показателей в области качества отсутствует важнейший показатель, тот, который учитывал бы не только абсолютное значение затрат на качество, но и их связь с экономическими показателями.

Таким образом, первый метод совершенно не учитывает непосредственно затраты на качество, что и не позволяет провести их оценку.

Второй метод, позволяющий проранжировать затраты на качество, является более результативным, хотя может быть менее эффективным, как требующий для реализации больших затрат.

Особенности третьего метода анализа заключаются в том, что при его использовании возможны отрицательные результаты оценки затрат, например, при внедрении систем менеджмента качества. Произойдет это и при внедрении мероприятий по улучшению качества. Также отрицательно скажется и рост затрат на внутренние потери из-за увеличения эффективности контроля. Такой эффект возможен во всех методах анализа, но именно в третьем общая картина может быть искажена.

Четвертый метод позволяет выявить неэффективные виды деятельности, а значит, и неэффективные затраты, и может использоваться как вспомогательный метод.

Для реализации же концепции экономических затрат, принятых МС ИСО 9000/2000, мы рекомендуем использовать пятый метод, позволяющий

осуществлять процессный подход. Так как в соответствии с требованиями ИСО 9000/2000 [3] процессный подход предполагает, что входы и результаты процесса четко определяются и измеряются, а также при проектировании процесса определяется его *ресурсное* обеспечение, то, применяя пятый метод, можно провести анализ присущих процессов затрат на качество.

Этот метод анализа позволит:

- перевести качество в финансовую величину;
- определить качество деятельности, связанной с увеличением ценности данных процессов;
- провести оценку затрат на качество, т.е. определить взаимосвязь этих затрат и экономических показателей деятельности организации.

Анализ и оценка затрат по этому методу подразумевает их классификацию уже в соответствии с процессами СМК. Понятно, что такая классификация потребует и соответствующего учета затрат.

Другая особенность оценки затрат на качество по пятому методу заключается в том, что результаты такой оценки могут быть определены в качестве критерия эффективности СМК. Например, если управление предприятием на основе стоимости предполагает наличие и расчет такого критерия эффективности, как прирост (создание) стоимости бизнеса [4], то на предприятиях с системой менеджмента качества такой критерий эффективности отсутствует [5]. Оценка, основанная на методе анализа затрат на качество, связанных с процессами, даст возможность организациям судить об эффективности действующих у них систем менеджмента качества.

Таким образом: 1) основная цель оценки затрат на качество – не определение размеров затрат, а выявление их влияния на экономические показатели деятельности организации; 2) в число измеряемых показателей в области качества должны входить результаты оценки затрат на качество; 3) для реализации концепции экономических затрат, принятых МС ИСО 9000, организациям следует применять метод анализа затрат на качество, связанных с процессами. Применение данного метода требует соответствующей классификации затрат; 4) в качестве критерия эффективности систем менеджмента качества (СМК) рекомендуется использовать результаты оценки затрат на качество, связанных с процессами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скрипко Л.Е. Методология оценивания затрат на качество // Методы менеджмента качества. – 2001. – № 1.
2. Магруппова З.М., Гельманова З.С. Экономические аспекты управления качеством продукции // Технология производства металлов и вторичных материалов. Научный журнал. – 2002. – № 1.
3. МС ИСО 9000. Системы менеджмента качества. Требования. – 2-е изд. – 2000-12-15. – М., 2001.
4. Еленева Ю.Я. Стоимостной подход как основа современного управления бизнесом // Проблемы теории и практики управления. – 2002. – № 3.
5. Картиков В.И. Как оценить эффективность функционирования системы качества? // Век качества. – 2001. – № 3.

УДК 658.310.823-057.177

Д.В. Ковряков
ОАО «Северсталь»
Г.М. Тюлю
Кафедра менеджмента

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ

Известно, что моделирование как метод исследования систем включает в себя построение, проверку, исследование моделей и интерпретацию полученных с их помощью результатов. Сущность метода моделирования состоит в том, что наряду с

системой (оригиналом) рассматривается ее образ – модель, в качестве которой выступает некоторая другая система, представляющая собой образ оригинала при частично определенном моделирующем отображении (т.е. не все черты состава и

структуры оригинала отражаются моделью):

$$\begin{cases} f: S^0 \rightarrow S \\ S^0 = S^0(E^0, \Sigma^0, X^0, Y^0, Z^0, F^0), \\ S = S(E, \Sigma, X, Y, Z, F) \end{cases}$$

где f – моделирующее отображение, S^0 – исследуемая система, S – модель системы, E – вектор элементов системы, Σ – вектор структурных связей системы, X – вектор входящих параметров и показателей системы, Y – вектор исходящих параметров и показателей системы, Z – вектор, характеризующий состояние системы в любой момент времени, F – разрешающий оператор, позволяющий по заданному X находить Y в любой момент времени.

Таким образом, модель – это упрощенный образ объекта-оригинала, который в процессе изучения замещает оригинал, сохраняя при этом важные для данного изучения, типичные его черты. Обратный переход от модели S к оригиналу S^0 называется интерпретацией модели. Одно из достоинств метода моделирования состоит в возможности построения моделей с «удобной» структурой, что делает исследование модели более легким, чем исследование оригинала.

Идеальное моделирование основано не на материальной аналогии модели и объекта, а на идеальной и носит теоретический характер.

Концептуальная модель представляет собой систематизированный вариант традиционного описания изучаемой системы, состоящий из научного текста, сопровождаемого блок-схемой системы, таблицами, графиками и т.п. К достоинствам концептуальных моделей относятся универсальность, гибкость, разнообразие средств выражения и др. Среди недостатков выделяют высокую неоднозначность интерпретации и статичность, затрудняющую описание динамических систем.

При количественном изучении динамики систем необходимы методы математического моделирования. При математическом моделировании системы мотивации может возникнуть ряд трудностей, поскольку система мотивации как социально-активная система тяжело подвергается формализации. Однако несмотря на это, предлагается

следующая методика моделирования системы мотивации (общие методические рекомендации по ее построению и анализу представлены в таблице).

Таблица

Элементы моделирования системы мотивации

Элемент модели	Составляющие элемента модели
Вектор элементов системы, E	Целеполагание; организация и условия труда; стимулирование и социальная защита; прием, увольнение и перемещение; персонал; творчество; оценка персонала; развитие персонала; учет и контроль
Вектор структурных связей, Σ	Связи внутри системы мотивации, ограничения, накладываемые корпоративной культурой, ценностной ориентацией персонала, решением руководителей, законодательными актами, общими особенностями рынка труда
Вектор входящих показателей и параметров системы, X	Качественный и количественный состав персонала, бюджет системы мотивации, количественные и качественные показатели набора и выбытия персонала
Вектор исходящих показателей и параметров системы, Y	Целевые функции предприятия, производительность труда, рентабельность системы мотивации, экономичность функционирования системы, нормативы и нормативные показатели
Вектор, характеризующий состояние системы, Z	Совокупность входящих и исходящих параметров и показателей системы мотивации в динамике
Разрешающий оператор, F	Установление математических, статистических, эмпирических и иных взаимозависимостей между входящими и исходящими параметрами и показателями системы; управляющее воздействие в системе

На первоначальных этапах моделирования происходит постановка задачи и концептуализация системы мотивации. В работе [3] достаточно подробно концептуализирована система мотивации, приводятся ее элементы, определяются цели и задачи системы мотивации. Для определения множества входных переменных X и выходных переменных Y рекомендуется следующий подход. Входные переменные должны в оптимальной степени отражать необходимые ресурсы для функ-

ционирования системы мотивации и механизма управления ею. Это могут быть: человеческие ресурсы и их качество, бюджет системы мотивации, количественные и качественные показатели набора и выбытия персонала. Отбор входных переменных в каждом конкретном случае зависит от цели моделирования.

Состав выходных переменных также определяется целью моделирования системы. Выходными переменными могут выступать: целевые функции предприятия, экономичность функционирования системы, производительность труда, нормативы и нормативные показатели и т.д.

Структуру системы целесообразно указывать, учитывая ряд ограничений, накладываемых механизмом функционирования системы мотивации. Многие процессы мотивационного воздействия на персонал протекают в рамках установленной корпоративной культуры, системы традиционных взглядов и ценностей персонала, ограничений, налагаемых руководителями различных уровней. Таким образом, структура должна отражать не только совокупность взаимосвязей между элементами системы, но и ограничения, накладываемые на эти взаимосвязи.

Формализация разрешающего оператора может заключаться в установлении математических, статистических, эмпирических и др. взаимозависимостей между входными и выходными переменными. Разрешающий оператор иными словами можно назвать управляющим воздействием на вход-

ные переменные с целью получить необходимое состояние выходных. Примером этого может служить моральное и материальное поощрение (стимулирование), создание специальных механизмов корректирующего воздействия на входные параметры (оценка персонала, использование креативного развития персонала, повышение фондовооруженности, автоматизация процессов и т.д.).

Для введения контроля в модель системы необходимо предусмотреть возможность мониторинга переменных системы в любой обоснованно выбранный момент времени. Также необходимо предусмотреть возможность анализа динамики функционирования системы мотивации с целью определения эффективных и неэффективных управляющих воздействий на систему и дальнейшей корректировки разрешающего оператора на основании проведенного анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять организациями. – М.: Синтег, 2003. – 400 с.
2. Иванов Ю.П., Лотов А.В. Математические модели в экономике. – М.: Наука, 1979. – 248 с.
3. Ковряков Д.В. Методика анализа и оценки эффективности системы мотивации // Ресурсный подход к подготовке управленческих кадров в регионе: Материалы докладов и выступлений Региональной научно-практической конф. (19–22 мая 2004 г.). – Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2004. – С. 144–152.

УДК 334.758.4

И.В. Ветер

Кафедра общественно-экономических дисциплин

ХОЛДИНГ КАК ФОРМА ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ

В новых экономических условиях реструктуризации национальной экономики многие предприятия вынуждены постоянно искать более совершенные модели организационных структур для ведения своего бизнеса. В связи с этим все чаще в российском экономическом лексиконе стало появляться слово «холдинг». Именно под таким назва-

нием стали появляться новые предприятия в России в начале 1990-х гг.

Слово «холдинг» происходит от английского *hold* (держать, владеть). Исходя из этого классическое определение холдинга звучит как компания, владеющая контрольными пакетами акций других компаний. Экономический же смысл холдингов

гораздо глубже и заключается не столько в фактическом удержании головной компанией крупного пакета акций дочерних компаний, сколько в осуществлении управления и контроля над деятельностью других компаний.

Холдинги (или холдинговые компании) имеют многолетнюю историю. Впервые они появились в США в начале XIX века, получив в дальнейшем широкое распространение не только в своей стране (уже к 1928 г. из 513 крупнейших корпораций США 487 имели холдинговую организацию, причем 92 компании являлись чистыми холдингами и 395 – смешанными), но и далеко за ее пределами. Вслед за США подобные объединения стали возникать в странах Западной Европы. К. Портной замечает, что «происхождение холдинговых компаний в Европе было ориентировано исключительно на вложение капитала и совпадает с начальной фазой европейских процессов индустриализации, в то время как холдинговые компании, ориентированные на управление и господство над дочерними обществами посредством большинства долей участия или с полным долевым участием, отражают развитие экономической практики США девятнадцатого столетия и попадают на конечную фазу индустриального роста в Соединенных Штатах».

В российской экономической системе впервые холдинги возникли лишь в 90-е годы XX столетия, после распада СССР. Первое упоминание о них в Российском законодательстве можно найти в Федеральном законе «О приватизации государственных и муниципальных предприятий в РФ от 3 июля 1991 года», согласно которому создание холдингов допускалось только для содействия кооперации предприятий смежников, но исключалась всякая монополизация производства. Таким образом, среди объективных причин появления холдинговых компаний в России называют разрыв производственно-хозяйственных связей между предприятиями в ходе реформ, связанных прежде всего с приватизацией государственных предприятий, а также необходимостью закрепления контрольного пакета акций этих предприятий в собственности государства. Поэтому первые холдинги были именно государственными.

Холдинговые корпорации государственного типа сложились в России преимущественно в от-

раслях, относящихся к категории естественных монополий, либо в тех отраслях, которые демополизованы, но где утрата государственного контроля была нежелательна по соображениям стратегического характера. В этот период возникло около 100 холдинговых компаний с участием государства в топливном, энергетическом, газовом комплексе («Газпром», «Лукойл», «Связьинвест», «Рослеспром», «Российская металлургия», «Российская электроника» и др.) и других наиболее важных сферах экономики.

И.С. Шиткина отмечает, что «отличительной чертой всех этих структур было то, что проблема корпоративного управления формально не являлась для них первоочередной, поскольку они и создавались государством специально для контроля над деятельностью подчиненных или интегрированных в них предприятий при определении на федеральном уровне порядка представительства государства в их руководящих органах».

Таким образом, большинство холдинговых компаний в России изначально возникли как форма разгосударствления крупных объединений и предприятий и способ реорганизации несовместимых с рынком отживших государственных управленческих структур.

Оказывая огромное значение для экономики государства, холдинговые компании получили четкое законодательное закрепление за рубежом. В настоящее время практически все крупнейшие компании США и Западной Европы имеют холдинговую структуру. В Англии и США, принадлежащих к англо-саксонской системе права, такие объединения называются холдингами. В континентальном законодательстве Германии они получили наименование связанных предприятий, к числу которых относятся, в частности, концерны. Во Франции связанные отношениями экономической зависимости и контроля юридические лица именуются группами товариществ.

В Российском законодательстве процессы создания и функционирования холдингов пока четко не закреплены. Основным документом, регламентирующим их деятельность, является «Временное положение о холдинговых компаниях, создаваемых при преобразовании государственных предприятий в акционерные общества», утвержденное Указом президента РФ от 16.11.1992 г., № 1392.

Согласно данному Положению холдинговой компанией признается предприятие, независимо от его организационно-правовой формы, в состав которого входят контрольные пакеты акций других предприятий. Последние обладают относительной юридической самостоятельностью. При этом стоит заметить, что холдинг – это не производственное объединение предприятий, а объединение их капиталов, своего рода финансовый фонд. Потому как основное направление его деятельности, в силу мощной мобилизации ресурсов, большим объемом которых не могут располагать отдельные предприятия и фирмы, отводится финансовым операциям – эмиссионно-учредительской деятельности, платежам за разнообразные услуги в сфере управления, финансирования, рекламы и др.

Холдинги являются разновидностью группы лиц, основанной на отношениях экономической зависимости и контроля, участники которой, сохраняя юридическую самостоятельность, в своей предпринимательской деятельности подчиняются одному из участников группы, который в силу владения контрольными пакетами акций (долями участия в уставном капитале), договора или иных обстоятельств оказывает определяющее влияние на принятие решений другими участниками группы. Зарубежное законодательство разных стран устанавливает различный процент участия в уставном капитале, позволяющий судить об отношениях экономической зависимости. К примеру, в Законе об акционерных обществах Германии 1965 г. предусмотрено, что зависимость между акционерными обществами возникает при наличии у одного из них 25 % пакета акций другого, в Законе Харта-Скотта-Родио США 1979 г. – не менее 15 % голосующих акций. В английском Законе о компаниях 1985 г. вообще не применяется количественный критерий, а зависимость определяется от обладания большинством или контролем за большинством голосов в компании. В Законодательстве России отношения зависимости определены наличием не менее 20 % голосующих акций другого предприятия (для зависимого общества). Этот критерий не установлен для дочерних обществ, для них более важен критерий функциональности.

Предполагается, что холдинги в России могут

создаваться в различных отраслях народного хозяйства. Однако вышеупомянутое «Положение о холдинговых компаниях» не допускает создания холдинговых структур в таких отраслях российской экономики, как торговля товарами производственно-технического назначения и потребительскими товарами, товарами сельскохозяйственного производства, общественное питание и бытовое обслуживание населения, а также транспорт (за исключением железнодорожного, трубопроводного и международных перевозок). Важно заметить, что холдинги могут осуществлять единый контроль общих интересов больших компаний в масштабе как одной, так и нескольких отраслей.

Не допускается создание холдинговых компаний, способствующих монополизации производства любых видов продукции (работ, услуг).

Холдинговая структура предприятий является в настоящее время наиболее цивилизованным и перспективным способом привлечения дополнительного капитала, предоставляющим ряд выгод и преимуществ для материнской компании по ряду причин.

Во-первых, это несомненная экономическая выгода для холдинговой компании. Чтобы контролировать и управлять другой компанией, обратив ее в дочернюю, холдинговая компания может не выплачивать полную стоимость компании, а лишь приобрести 51 % акций ее контрольного пакета. Такой способ требует меньших финансовых вложений, чем покупка целой компании.

Во-вторых, приобретая управление и контроль над другими компаниями, действующими в совершенно различных секторах экономики, холдинговая компания способна распределить коммерческий риск таким образом, что если даже произойдет падение спроса на какой-либо вид выпускаемой ею продукции, производство может быть переключено на другой, более выгодный, вид. И тогда доходы от производства могут перекрыть все убытки. Следовательно, диверсификация производства способна не только удерживать в устойчивом финансовом положении холдинговую компанию, но и позволяет ей получать устойчивую прибыль.

В-третьих, любая дочерняя компания – это отдельное юридическое лицо, которое является полностью самостоятельным и, как правило, само-

стоятельно отвечает по своим обязательствам. Она не сливается с холдинговой компанией. Последняя же имеет лишь долю в этой дочерней компании. И поэтому в случае, если дочерняя компания перестает представлять интерес для материнской компании, она в любой момент может быть легко продана.

В-четвертых, в силу своей отдельности от материнской компании, дочерняя компания сохраняет свое имя и коммерческий имидж, цели и виды деятельности. Поэтому если эта компания имеет определенную известность на рынке, то это обстоятельство может оказывать положительный эффект и на имидж холдинговой компании в целом.

Деятельность холдинговых компаний отнюдь не лишена и некоторых недостатков, связанных, к примеру, с двойным налогообложением, а также с комплексом других налоговых, юридических и

бухгалтерских проблем. Но все же эти недостатки не могут превзойти все остальные преимущества создания холдинговых структур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временное положение о холдинговых компаниях, создаваемых при преобразовании государственных предприятий в акционерные общества.
2. *Портной К.* Правовое положение холдингов в России: Науч.-практ. пособие. – М.: Волтерс Клувер, 2004.
3. *Силантьев В., Сеглина А., Носов А.* Холдинг по-русски: укрупнение на фоне разлухи // Дело. – 1998. – № 35.
4. Современный словарь иностранных слов: толкование, словоупотребление, словообразование, этимология / Сост. Л.М. Баш, А.В. Боброва и др. – М.: Цитадель, 2001.
5. *Шиткина И.С.* Холдинги. Правовой и управленческий аспекты. – М., 2003.

УДК 330. 502

Г.С. Дресвянникова, Н.П. Ульянова
Кафедра экономики

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В КОКСОХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ»

Особое внимание к вопросам промышленной безопасности продиктовано их социальной значимостью и экономическими потерями от аварийности и травматизма. Промышленные аварии и воздействие их на окружающую среду напрямую зависят от интенсификации производства, роста энергетической мощности единичных производственных объектов.

Состояние промышленной безопасности в российской экономике вызывает серьезную обеспокоенность (годовой материальный ущерб от техногенных аварий, включая затраты на их ликвидацию, превышает 40 млрд. р.). Аварийность в наиболее опасных отраслях промышленности остается недопустимо высокой. Причем обусловлена она не столько технологической спецификой отдельных отраслей промышленности, сколько общими тенденциями и условиями. Аварии часто происхо-

дят из-за недопустимо изношенного оборудования, некачественного или несвоевременного выполнения работ по обслуживанию и ремонту.

В ряде случаев причинами аварий становятся непродуманные проектные и технические решения, крайне низкая технологическая и трудовая дисциплина, что наглядно выражается в нарушениях правил и приемов безопасного ведения работ, технологических регламентов и требований промышленной безопасности.

Главная направленность деятельности по обеспечению промышленной безопасности – снижение риска возможных аварий на опасных производственных объектах (ОПО) до социально приемлемого риска при нормальных (штатных) условиях их эксплуатации с постепенным и целенаправленным внедрением новых безопасных технологий [1].

Коренная причина высокой производственной аварийности – ослабление управления безопасностью. Чтобы преодолеть это, необходимо придать управлению безопасностью превентивный характер и профилактическую направленность.

Каждая организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, должна разработать и внедрить свою систему управления промышленной безопасностью, обеспечивающую предупреждение травматизма и аварийности. В рамках такой системы должны быть четко определены права и ответственность работников в области промышленной безопасности, организован эффективный производственный контроль, обеспечены получение и анализ информации для принятия оптимальных и своевременных решений на уровне руководства организации об устранении или снижении факторов риска.

Анализ состояния основных производственных фондов с целью выявления основных причин аварий и инцидентов, произошедших в коксохимическом производстве ОАО «Северсталь» за пять лет (с 2000 г. по 2004 г.), показал, что эксплуатация старых изношенных коксовых батарей (средний срок службы батарей на 01. 01. 2005 г. составляет 33,9 года) связана с существенным снижением их производственной мощности, повышением эксплуатационных затрат, снижением качества кокса, ухудшением условий труда обслуживающего персонала и увеличением вредных выбросов в окружающую среду (удельные эксплуатационные затраты на тонну выпускаемой продукции возрастают в 1,5–2 раза, расход энергоресурсов увеличивается в 1,4–1,7 раза, производительность труда снижается в 1,8–2 раза).

Поскольку стоимость реконструкции (модернизации) или введения в эксплуатацию новых батарей (и других производственных объектов) – очень дорогостоящая и трудоемкая процедура, стратегическая линия КХП – весь печной фонд и основное оборудование эксплуатировать максимально длительное время.

На коксохимическом производстве ОАО «Северсталь» разработана программа продления срока службы коксовых батарей: инвестиции в углеподготовительный цех для обеспечения требуемого качества угольной шихты, мероприятия по угольным печам – ремонты огнеупорной кладки (по

методам фирм «Союз», «Лихтенберг», «Фосбель») машин и оборудования, повышение уровня квалификации персонала и др.

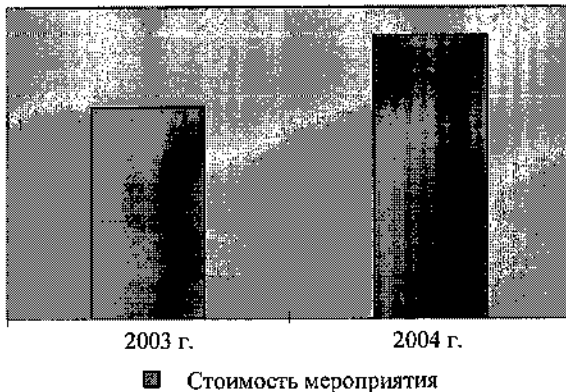
На практике применение данной программы не позволило снизить число аварий и инцидентов при эксплуатации оборудования. Анализ травматизма в КХП показал, что с увеличением срока эксплуатации оборудования увеличивается количество несчастных случаев по причине технических неполадок и аварийных ситуаций даже при загрузке оборудования не на полную мощность.

Из анализа произошедших инцидентов за 5 лет в КХП ОАО «Северсталь» следует, что 55 % происшествий, часть из которых повлекла несчастные случаи, допущены по организационным причинам и 45 % – по техническим причинам. Рассматривая случаи аварийности по техническим причинам, нельзя не обратить внимание на то, что практически 90 % произошло вследствие неудовлетворительного технического состояния оборудования, физического износа и дефектов металлоконструкций, что, в первую очередь, вызвано превышением срока нормативного использования.

Согласно ФЗ РФ № 116–ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, в процессе эксплуатации подлежат экспертизе промышленной безопасности в установленном порядке. С мая 2001 г. в ОАО «Северсталь» внедрена новая система организации экспертиз промышленной безопасности. Ежегодно объем выполняемых работ по экспертизе ПБ увеличивается. Это обусловлено требованием проведения повторных экспертиз, расширением перечня технических устройств, необходимостью оценки текущего состояния отдельных объектов, увеличением нового строительства и реконструкции.

В настоящее время в коксохимическом производстве ОАО «Северсталь» задействовано 198 технических устройств опасных производственных объектов КХП, которые периодически должны подвергаться независимой экспертизе промышленной безопасности. Чем больше срок эксплуатации, тем короче период до следующей экспертизы. Помимо уменьшения периода между экспертизами возрастает и стоимость проведения работ в связи с необходимостью проведения рас-

чета остаточного ресурса, который производится с применением дорогостоящего, а зачастую и уникального, оборудования, а также с привлечением мощных испытательных лабораторий (см. рисунок).



Данные о проведении мероприятий

Рост затрат на проведение экспертизы промышленной безопасности непосредственно связан с увеличением их объема, поэтому руководство КХП заинтересовано не только в выполнении государственных требований, но и в отдаче от своих вложений в части повышения эффективности управления производственной деятельностью с использованием результатов экспертиз. В настоящее время такого эффективного механизма нет, т.к. отдельные составляющие процесса экспертизы распределены по различным функциональным дирекциям и не взаимосвязаны между собой. ЭПБ проводится строго по графику, утвержденному в начале года, а аварии и инциденты, повлекшие производственные травмы работников, могут произойти не только на тех объектах, которые в этом году должны быть подвергнуты ЭПБ, но и на других технических устройствах.

Поддержание работоспособности оборудования в существующих условиях – крайне важная и непростая задача. Главное направление в этой области – внедрение регулярного мониторинга технического состояния исчерпавшего нормативный ресурс оборудования. Темпы старения опережают как технические возможности специализированных организаций по обследованию оборудования, так и материальные возможности предприятия по оплате их услуг. Поэтому считаем, что главным

резервом в этой работе на ближайшую перспективу будут создание, развитие и расширение полномочий служб технической диагностики с предоставлением им права ведения работ по оценке остаточного ресурса.

Любой организации при эксплуатации объекта повышенной опасности важно располагать полной и достоверной информацией о его фактическом состоянии. Достоверность и возможность использования такой информации могут быть обеспечены только при наличии специализированной (обученной) службы. Введение службы технической диагностики должно повысить оперативность и эффективность работы путем максимального раскрытия возможных отклонений от требований промышленной безопасности.

Изучив все предпосылки, а также опыт ОАО «Рязанский НПЗ», ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез», завода «Капролактам» ОАО «Сибур-Нефтехим» [2], считаем целесообразным создание службы технической диагностики устройств опасных производственных объектов в коксохимическом производстве ОАО «Северсталь». Данная служба будет проводить работы, не требующие привлечения специалистов высокого уровня квалификации и наличия особо сложной приборной оснащенности. Она будет находиться в непосредственном подчинении менеджера по технической подготовке ремонтов.

Главными направлениями ее деятельности будут следующие: дифференцирование подходов и методов контроля, принципов планирования работы в зависимости от степени опасности и состояния эксплуатации объектов; обеспечение сквозного комплексного надзора на всех стадиях функционирования объектов, а также контроль за соблюдением требований промышленной безопасности, установленных федеральными законами и иными нормативно-правовыми актами при эксплуатации ТУ ОПО; уточнение механических характеристик материалов ТУ ОПО во время проведения промежуточной диагностики объектов между экспертизами промышленной безопасности; выдача заключений ремонтным и механическим службам цехов о фактическом техническом состоянии объектов.

Деятельность службы технической диагностики будет носить превентивный характер, т.е. основным ее направлением будет являться не выяв-

ление уже имеющихся дефектов оборудования, а предупреждение их появления вследствие проведения глубокого анализа состояния металлоконструкций объектов, а также проведение анализа механических характеристик металла.

Опыт образования аналогичных служб на других предприятиях показал, что количество аварий и инцидентов по техническим причинам снизилось на 30–50 % [2].

Деятельность службы технической диагностики помимо снижения аварийности оборудования будет направлена на снижение затрат от проведения экспертиз силами сторонних организаций, поскольку часть выполняемых работ (толщинометрия, ультразвуковая дефектоскопия, твердометрия и т.п.) будут проводить специалисты службы, следовательно, специалисты сторонних экспертных организаций смогут воспользоваться этими результатами, вследствие чего снизятся затраты и время проведения экспертизы. Если предположить, что в последующие три года количест-

во объектов проведения экспертиз будет соответствовать графику или изменится незначительно, то в результате деятельности службы технической диагностики можно сэкономить предприятию около 6 млн. р.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Положение о порядке проведения экспертизы промышленной безопасности опасных металлургических и коксохимических объектов (РД 11–589–03). – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. – 16 с.
2. Штанов А.А. Основные направления повышения противоаварийной устойчивости производств и совершенствования управления промышленной безопасностью // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – № 3 – С. 2–7.

УДК 681.3.06.

Н.А. Туркин, А.Н. Зуев
Кафедры ММиИТЭ

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО РАСПЕЧАТАННОМУ ДОКУМЕНТУ

Во многих организациях сотрудники при работе имеют доступ к какой-либо секретной информации, которая не подлежит распространению. В целях обеспечения конфиденциальности на рабочих местах таких сотрудников администраторы ограничивают возможности вывода подобной информации на внешние носители. Обычно это проявляется в следующих мерах: отсутствие дисководов гибких дисков, записывающих приводов компакт-дисков, USB-портов, а также другие возможные варианты. Но для нормальной работы довольно часто пользователям необходимо иметь дело с распечатанной на бумаге информацией. В подобных случаях невозможно ограничить доступ к устройствам печати, что является возможным способом утечки секретной информации. В ряде случаев может помочь такой фактор, как физический контроль, который может воспрепятствовать

выносу документов за пределы организации. Но этот путь не является универсальным и перспективным. Поэтому очень актуальным является вопрос о способе контроля над распространением подобной информации вне рабочей системы предприятия.

Рассмотрим один способ, при помощи которого можно отслеживать путь распространения секретной информации в печатном виде, а также определять пользователя, распечатавшего данный документ, дату печати и печатающее устройство.

Каждый пользователь, начиная работу, вводит свое имя и пароль, таким образом проходя авторизацию. Эти данные являются уникальными в пределах любой организации. Если взять за основу, что имя пользователя будет не более 15 символов, а пароль не более 10 символов, то подобные сведения могут занимать 25 байт информации. Каж-

дый принтер имеет свой номер, зашитый производителем в управляющую микросхему. Такой номер может занять в пределах двадцати байт информации. Для кодировки даты необходимо три байта. Таким образом, на кодирование идентифицирующей информации, по которой можно установить пользователя, распечатавшего документ, принтер, с помощью которого была произведена распечатка, а также дату данного события, необходимо около 48 байт. Тогда возникает вопрос: каким образом получить подобную информацию, имея бумажную копию документа, с таким условием, чтобы хозяин этой копии не был в курсе, что данная информация присутствует? Такая возможность существует. Прибегнем к возможностям стеганографической теории.

При выводе на печать документов из текстового редактора при форматировании текста по ширине, по левому, правому краям или по центру – во всех этих случаях пробелы между словами всегда одинаковые, в пределах одной строки. Также одинаков межстрочный интервал, по крайней мере, в пределах одного текстового блока. Если увеличить некоторые из этих параметров на величину, столь малую, чтобы взгляд человека не мог определить разницу между измененным текстовым блоком и неизменным, но столь же большую, чтобы хватило зашифровать служебные сведения, описанные выше, то данная проблема будет практически решена. Останется только разработать систему, с помощью которой можно было распознать данные служебные метки. Для этого необходимо рассчитать интервалы между словами в каждой строке, которые должны быть при дан-

ном стиле и форматировании, затем получить копию документа со сканера с качественными характеристиками фотоэлемента. Остается найти изменения, внесенные такой системой, и декодировать полученную информацию. В качестве кодирующего материала также могут служить миниатюрные псевдослучайные точки. Сами точки могут не нести никакой информации, так как это старый известный способ скрывать информацию (так называемые микроточки). А вот положение таких точек на листе может служить способом кодирования информации. Такие точки, на взгляд, могут быть приняты за шумы печатающего узла.

В случае цветной лазерной печати вариантом кодирования могут выступать изменения в градиенте цвета в пределах каких-либо печатных символов, которые человеческий взгляд не сможет распознать. Такой вариант был бы наиболее практичным для использования.

Программа, кодирующая таким образом сведения о пользователях, должна работать как системный драйвер, чтобы пользователи с расширенными правами на рабочем месте не могли выгрузить ее из памяти компьютера. Также следует предусмотреть, чтобы специализированное программное обеспечение, такое как антивирусные системы, не реагировало на программу кодирования.

Остается добавить, что при использовании дополнительных средств, таких как помехоустойчивые шифры, возможны варианты распознавания служебной информации при многократном копировании печатных форм, что делает данный метод довольно универсальным для решения поставленной задачи.

УДК 519.171

Н.В. Ручкин
Кафедра ММИИТЭ

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАФОВОЙ ГРАММАТИКИ

Одной из основных задач, решаемых при анализе инженерных сетей, является поиск и анализ топологических связей территориально распределенных объектов. Одним из средств такого ана-

лиза является построение графов сети, или графовых моделей сети. Сам характер инженерных сетей, большая пространственная разобщенность, сосредоточение основных характеристик как в

точечных узлах, так и в протяженных объектах оправдывает применение графовых моделей для имитации и анализа. Инженерные сети направлены на передачу целевого продукта от источников к потребителям. Цепочки элементов сети, участвующие в передаче целевого продукта, образуют структуру сети.

Выделим несколько самых общих задач анализа инженерных сетей.

- **Задача проверки связности** в терминах инженерных сетей звучит так: выяснить, какие объекты (или элементы сети) соединяются с данным, образуя непрерывную цепь передачи целевого продукта. Здесь возможны варианты анализа как «сверху вниз» (например, выделение части сети, питаемой от определенного источника или набора источников), так и «снизу вверх» (нахождение источника или их совокупности, питающих заданного потребителя или участок сети). Она должна решаться с учетом состояний элементов, разрешающих либо запрещающих передачу (коммутаторов), а также ограничений на направление движения и возможность соединения тех или иных элементов сети.

- **Задача нахождения пропорций питания** актуальна при выяснении, какую часть питания получают абоненты от тех или иных источников. Обычно для абонента, подключенного к нескольким источникам водоснабжения, требуется найти объем воды, потребляемый от каждого из них.

- **Задача упрощения графа сети** – при ее решении некоторые сопряженные элементы графа сети заменяются одним элементом, интегрирующим характеристики вошедших в него элементов.

- **Задача расчета установившегося потоко-распределения** существенным образом использует рассмотрение сети как графа. Как подзадачи при решении такого типа задач могут использоваться все вышеперечисленные задачи.

Инженерной сетью называется система, предназначенная для передачи целевой продукции (воды, газа, электроэнергии, транспортных единиц) от источников к потребителям с помощью протяженных линий связи. В настоящее время получила распространение модель инженерной сети, базирующаяся на следующих предпосылках:

- сеть представляет собой систему взаимодействия большого числа соединенных линиями связи

подсистем (элементов) трех типов: активных источников; потребителей; элементов, участвующих в передаче целевого продукта и воздействующих на параметры передаваемого потока;

- каждая такая подсистема i характеризуется двумя величинами: последовательной (расходом, потоком) q_i и параллельной (потерей напора, напряжением) h_i , рядом атрибутов, а также выбранным направлением.

Таким образом, инженерную сеть обобщенно можно представить следующей схемой (рис. 1).



Рис. 1

Инженерная сеть здесь является объектом, передающим целевой продукт от источников к потребителям. Входными и выходными величинами являются потоки целевого продукта с параметрами q_i и h_i .

$$\bar{X} = \begin{pmatrix} q_1, h_1 \\ q_2, h_2 \\ \dots \\ q_n, h_n \end{pmatrix}, n - \text{количество источников}$$

$$\bar{Y} = \begin{pmatrix} q_1, h_1 \\ q_2, h_2 \\ \dots \\ q_m, h_m \end{pmatrix}, m - \text{количество потребителей}$$

$$\bar{W} = \begin{pmatrix} W_{1,1} & W_{1,2} & \dots & W_{1,n} \\ W_{2,1} & W_{2,2} & \dots & W_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{m,1} & W_{m,2} & \dots & W_{m,n} \end{pmatrix},$$

где W_{ij} характеризует зависимость m -го потребителя от n -го источника.

При этом параметры входных потоков извест-

ны, а параметры выходных потоков будут рассчитываться:

$$(q_i, h_i) = \bar{W}_i \bar{X},$$

где \bar{W}_i – передаточная функция сети для i -го выходного потока.

Расчет установившегося потокораспределения является статической задачей, поэтому передаточная функция сети является функцией только параметров входных потоков. Параметры элементов сети, а также параметры их состояния присутствуют в передаточной функции в виде фиксированных значений и выражений, взятых на момент расчета.

Каждый элемент инженерной сети имеет характерную для данного типа элементов передаточную функцию, параметрами в которой являются атрибуты экземпляра типа элемента и его состояние.

Например, тип элемента водопроводных сетей – затвор (имеющий один вход и один выход), состояние которого меняется от полностью закрыт до полностью открыт. Для этого типа элементов математическое выражение передаточной функции может иметь вид:

$$y = a x,$$

где a – характеризует состояние элемента и меняется от 0 (полностью закрыт) до 1 (полностью открыт).

Общий вид элемента инженерной сети (узла графа) (рис. 2):

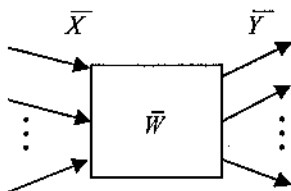
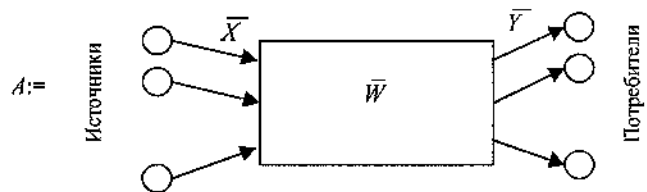


Рис. 2

Задачи анализа инженерных сетей, описанные выше, являются частными случаями задачи расчета установившегося потокораспределения. Поэтому

му решение каждой задачи анализа будет решением задачи расчета установившегося потокораспределения с заданными в качестве начальных условий: набор источников, набор потребителей, параметры сети передачи. Выполнение предлагается следующими этапами: определение источника (-ов) и потребителя (-лей) в соответствии с видом решаемой задачи; выделение участка сети (подграфа), участвующего в передаче целевого продукта между ними; построение для выделенного подграфа эквивалентной передаточной функции (рис. 1).



Так, для решения задачи определения потребителей, питаемых от определенного источника, необходимо задать параметры потоков для остальных источников равными нулю, после расчета по эквивалентной передаточной функции определится набор искомым потребителей (поток на их входах будет не равен нулю).

Для решения задачи построения эквивалентной передаточной функции для участка (или полной) сети предлагается использовать графовую грамматику.

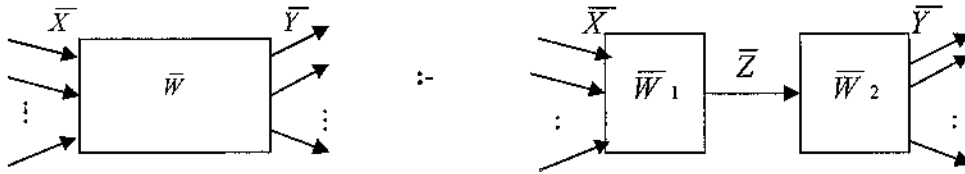
В теории графовых грамматик, в отличие от классических цепочечных грамматик, вместо цепочек символов рассматриваются графы. Правило графовой грамматики описывает замену подграфа в графе. Для определения правила недостаточно задать два графа, дополнительно требуется описать преобразование включения замененного графа в оставшийся. Таким образом, правило в графовой грамматике определяется как тройка (g_1, g_2, E) , где g_1, g_2 – графы, E – преобразование включения.

Графовая грамматика $G = (A, P)$, A – начальный граф, P – множество продукций.

Начальным графом будет граф, представленный на рис. 1.

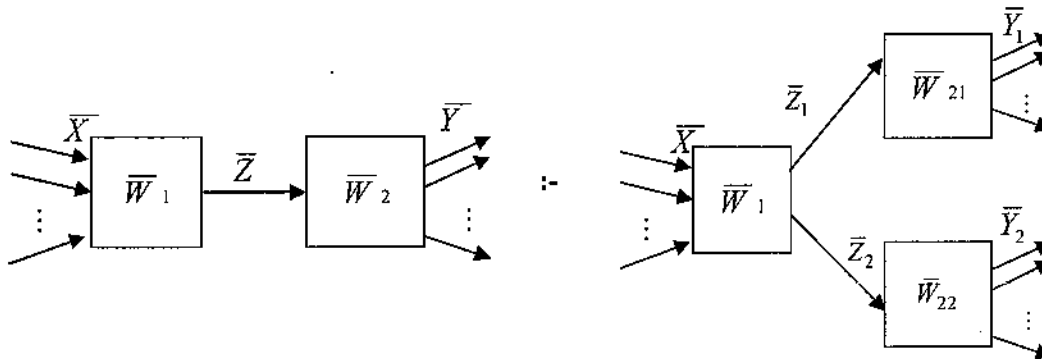
Правила продукции:

1.



$$\bar{W} = \bar{W}_1 * \bar{W}_2$$

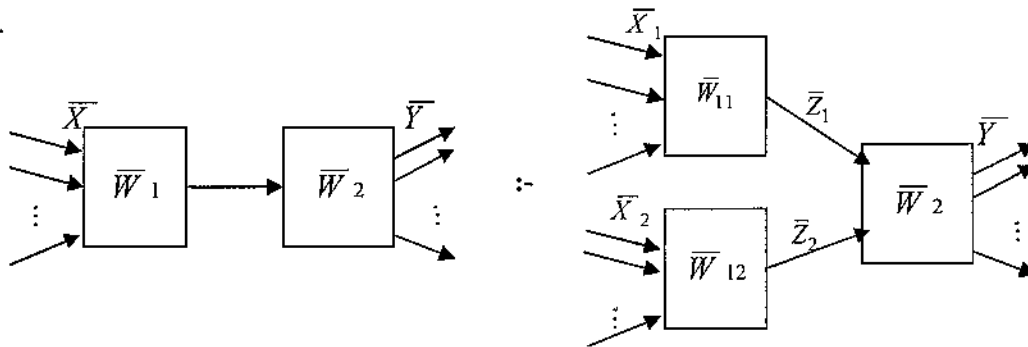
2.



$$\bar{W}_2 = \begin{pmatrix} \bar{W}_{21} & \bar{N}_1 \\ \bar{N}_2 & \bar{W}_{22} \end{pmatrix}, \text{ где } \bar{N}_1 \text{ и } \bar{N}_2 - \text{ матрицы соответствующих размеров, заполненные нулями.}$$

$$\bar{Z} = \bar{Z}_1 \cup \bar{Z}_2; \quad \bar{Y} = \bar{Y}_1 \cup \bar{Y}_2$$

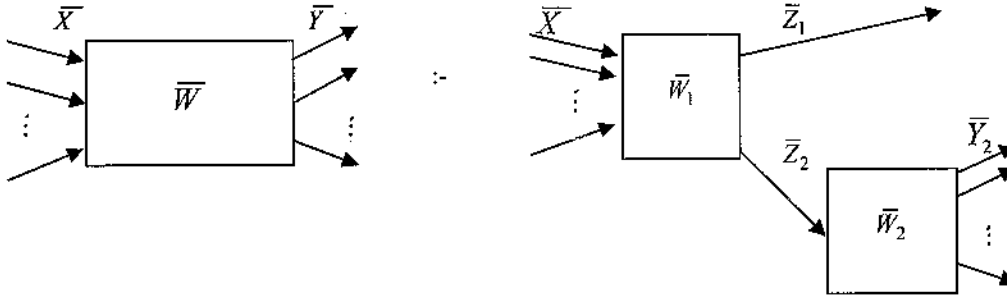
3.



$$\bar{X} = \bar{X}_1 \cup \bar{X}_2; \quad \bar{Z} = \bar{Z}_1 \cup \bar{Z}_2$$

$$\bar{W}_2 = \begin{pmatrix} \bar{W}_{21} & \bar{N}_1 \\ \bar{N}_2 & \bar{W}_{22} \end{pmatrix}, \text{ где } \bar{N}_1 \text{ и } \bar{N}_2 - \text{ матрицы соответствующих размеров, заполненные нулями.}$$

4.



$$\bar{Y} = \bar{Z}_1 \cup \bar{Z}_2$$

$$\bar{W} = \bar{W}_1 \begin{pmatrix} \bar{E} & \bar{N}_1 \\ \bar{N}_2 & \bar{W}_2 \end{pmatrix}, \text{ где } \bar{E} - \text{диагональная единичная матрица размером } k, k - \text{количество элементов в}$$

векторе \bar{Z}_1 ; \bar{N}_1 и \bar{N}_2 – нулевые матрицы соответствующих размеров.

В анализируемом графе, в котором выделены источники и потребители, правила продукции применяются следующим образом: фрагмент графа, изоморфный правой части правила, преобразуется к виду левой части, передаточная функция получаемого фрагмента заменяется на промежуточную эквивалентную передаточную функцию,

записанную в правилах преобразований включения. Преобразования производятся до тех пор, пока не получится граф вида начального графа, т.е. все входы и выходы эквивалентной передаточной функции будут соединены соответственно с источниками и потребителями.

УДК 681.3.06

А.Н. Зуев
Кафедра ММИИТЭ
А.С. Русак
Студент группы 5АТ-51

ЗАЩИЩЕННЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ПО ОТКРЫТЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ

В настоящее время наблюдаются быстрые темпы роста использования современных информационных технологий в разных сферах деятельности, в том числе в коммерческих и государственных структурах. Повышается уровень информатизации государственных органов и степень автоматизации бизнес-процессов и документооборота на предприятиях и организациях.

Все это создает предпосылки для разработки и внедрения новых технологий обмена конфиденци-

альной информацией, представляющей коммерческую тайну, между организациями. Кроме того, востребованы технологии обмена конфиденциальной информацией между коммерческими организациями и государственными органами.

Корпоративный документооборот внутри одной организации использует, как правило, закрытые каналы связи (кабельные и беспроводные сети), к которым злоумышленник не имеет доступа. Меры защиты информации в таких сетях сводятся

к разделению прав доступа пользователей к ресурсам и надежной аутентификации пользователей.

При обмене документами между различными организациями или между коммерческими и государственными структурами, как правило, ставится задача передачи конфиденциальных сведений в цифровом коде по открытым каналам связи, таким как интернет или коммутируемая телефонная линия. В данном случае целесообразно использовать средства криптографической защиты информации (СКЗИ).

Система электронного документооборота по открытым каналам связи (ЭДО) должна решать следующие задачи:

1) защиту содержания вложенных файлов сообщений электронной почты, циркулирующих в Системе, от несанкционированного просмотра третьими лицами;

2) однозначную идентификацию пользователей Системы – отправителей сообщений электронной почты;

3) защиту сообщений электронной почты от несанкционированных изменений злоумышленником;

4) корректное разрешение конфликтных ситуаций, возникающих вследствие неоднозначной трактовки фактов отправки и получения сообщений электронной почты.

Первая задача в системах ЭДО решается путем шифрования содержимого сообщения. Для его прочтения злоумышленнику потребуются вскрыть криптографическую защиту, что при использовании надежного криптографического алгоритма и ключа достаточной длины представляется весьма сложной задачей, материальные и временные затраты на решение которой, как правило, несопоставимо больше потенциальной выгоды от получения доступа к открытому тексту.

Вторая и третья задачи решаются путем подписания каждого сообщения электронной цифровой подписью (ЭЦП) отправителя. Это дает гарантию того, что, даже прочитав открытый текст сообщения, злоумышленник не сможет внести в него изменения либо отправить сфальсифицированное сообщение от имени абонента Системы.

Четвертая задача возникает в системах, где важно не только содержание сообщения, но и сам факт и время отправки и получения сообщения. Эта задача решается путем установления специального порядка (регламента) обмена электрон-

ными документами между абонентами Системы.

Для организации защищенного обмена сообщениями по электронной почте целесообразно использовать средства криптографической защиты информации с асимметричными ключевыми системами. В таких системах каждый абонент имеет пару ключей: закрытый и открытый. Закрытый ключ является секретным и не должен быть доступен никому, кроме самого абонента. Открытый ключ распространяется среди всех потенциальных отправителей документов данному абоненту. С помощью этих ключей и асимметричных криптографических алгоритмов осуществляется как подпись сообщения ЭЦП, так и шифрование его содержания.

Программа, выполняющая шифрование сообщения, использует открытый ключ его адресата. Чтобы расшифровать полученный документ, абонент должен воспользоваться своим закрытым ключом. Таким образом, невозможно прочтение зашифрованного сообщения злоумышленником, не имеющим соответствующего закрытого ключа.

Программа, выполняющая подписывание сообщения, использует закрытый ключ его автора. Результатом подписывания является добавление к тексту сообщения строки, содержащей информацию как о тексте сообщения, так и о закрытом ключе его автора. Если такое сообщение получит участник переписки, имеющий открытый ключ автора, то он сможет, применив программу анализа электронной цифровой подписи, установить два факта:

1) подпись действительно принадлежит автору (только ему известен использованный закрытый ключ);

2) в текст после подписывания не вносились никакие исправления (иначе будет утрачено соответствие между текстом и его подписью).

Таким образом, при отсутствии компроментации закрытых ключей электронный оборот между абонентами системы полностью защищен от вмешательства третьей стороны. Даже получив доступ к каналу связи, по которому сообщение передается, и совершив его перехват, злоумышленник не сможет ни прочитать, ни внести незаметные изменения в текст сообщения.

Однако возникает задача организации инфраструктуры открытых ключей (Public Key Infrastructure, PKI) для того, чтобы абоненты могли обмениваться друг с другом открытыми ключами

в рамках Системы ЭДО. Абоненты могли бы делать это по незащищенной электронной почте, так как открытые ключи являются общедоступной информацией. Однако возможна ситуация, когда злоумышленник будет выступать от имени одного из абонентов, перехватывая и изменяя сообщения на транзитном узле. В этом случае возможна атака типа «человек посередине» (Man in the Middle). Каждый из абонентов будет уверен, что участвует в закрытой переписке, в то время как злоумышленник будет иметь полный доступ ко всем сообщениям. Правильно организованная РКІ позволяет защититься от такой атаки.

Для реализации РКІ требуется центр сертификации ключей, который своей электронно-цифровой подписью удостоверяет аутентичность открытого ключа пользователя. Подписанный центром сертификации открытый ключ называется сертификатом открытого ключа. Таким образом, абонент А, получивший сертификат открытого ключа абонента Б, может быть уверен, что имеет подлинный открытый ключ абонента Б, и наоборот. Надежность такой инфраструктуры определяется степенью надежности центра сертификации ключей. Как правило, в роли центра сертификации выступает организация, имеющая государственную лицензию.

Примером системы ЭДО является система передачи налоговой и бухгалтерской отчетности в электронном виде по открытым каналам связи

(система ЭОКС). Начиная с 2002 года система ЭОКС используется для передачи отчетности организаций и предприятий в налоговые органы Российской Федерации. Разработчиком программного обеспечения системы ЭОКС является ООО «Такском». Используемые криптографические средства сертифицированы ФАПСИ для защиты информации, не содержащей государственную тайну. Регламент документооборота в системе ЭОКС позволяет корректно разрешать возникающие конфликтные ситуации, связанные со своевременностью сдачи налоговой отчетности.

Системы защищенного документооборота по открытым каналам связи востребованы, в данный момент в Вологодской области внедряется система обмена информацией о банковских счетах организаций между банками и налоговыми органами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Огородников Д.* Использование РКІ в информационных системах. – Инфобизнес, 2002.
2. Программный комплекс «Спринтер». Руководство пользователя. – М.: Такском, 2006.
3. *Скляр Д. В.* Искусство защиты и взлома информации. – СПб.: BHV, 2004.

УДК 338.4

Ю.В. Кудряшова
Кафедра экономики

МЕТОДИКА ФИНАНСИРОВАНИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В РОССИИ

Здравоохранение – это отрасль, эффективности функционирования которой уделяется повышенное внимание. Российская система здравоохранения находится сейчас на переходном этапе, направлениями ее реформирования являются изменение в ресурсном обеспечении, а также изменение организации системы финансирования здравоохранения. Изменение в ресурсном обеспечении предполагает приближение к характеристикам систем здравоохранения развитых стран в таких аспектах, как сокращение коечного фонда в больницах, расширение мощности дневных стациона-

ров, усиление роли первичного звена оказания медико-санитарной помощи. В частности, количество коек на 1000 человек населения в нашей стране существенно выше, нежели в развитых странах (согласно данным Организации Экономического Сотрудничества и Развития, в 2000 г. в среднем по группе стран ОЭСР этот показатель составил 4,2, в то время как в России 11,6), тем не менее он имеет стойкую тенденцию к снижению. Так, в г. Череповце сокращение коечного фонда за 2000–2006 гг. должно составить 10 %, а по сравнению с 1990 г. – 21 % (согласно муниципальному

заказу, количество коек в 2006 г. – 3307). В то же время обеспеченность диагностическим оборудованием, уровень развития высокотехнологичной медицинской помощи и другие показатели весьма низкие. В 2006 г. началась реализация национального проекта в сфере здравоохранения, необходимость которого обусловлена состоянием здоровья населения пашей страны в целом, а именно: низким уровнем рождаемости, высокими уровнями смертности и инвалидизации населения, низкой продолжительностью жизни. Основными целями проекта являются укрепление здоровья населения России, снижение показателей заболеваемости, инвалидности, смертности; повышение доступности и качества медицинской помощи; укрепление первичного звена здравоохранения; развитие его профилактической направленности; удовлетворение потребности населения в высокотехнологичных видах медицинской помощи. Данные цели определили приоритетные направления национального проекта: развитие первичной медицинской помощи, которое включает подготовку и переподготовку врачей общей практики, участковых врачей-терапевтов и педиатров; увеличение заработной платы работникам первичного звена и скорой медицинской помощи; укрепление материально-технической базы диагностической службы первичной медицинской помощи, скорой медицинской помощи, а также обеспечение населения высокотехнологичной медицинской помощью, включающее строительство новых центров высоких медицинских технологий и подготовку специалистов, увеличение объемов оказания высокотехнологичной медицинской помощи. Актуальным является вопрос финансирования проекта «Здоровье», одного из наиболее затратных национальных проектов. Источниками финансирования будут средства федерального бюджета и государственных внебюджетных фондов.

Реформирование системы финансирования здравоохранения связано с отходом от модели Семашко, которая была реализована в здравоохранении СССР и стран социалистического лагеря и предполагала исключительно государственное финансирование отрасли. В мировой практике выделяется в соответствии с классификацией Всемирной организации здравоохранения три основных модели финансирования здравоохранения:

– государственная (система Бевериджа), для которой характерно центральное и региональное планирование; финансирование здравоохранения

путем прямого налогообложения; контроль качества медицинских услуг со стороны государства; охват медицинской помощью всего населения;

– система Бисмарка – система, основанная на всеобъемлющем страховании здоровья;

– рыночная система здравоохранения, основной характеристикой которой является отсутствие общей системы обязательного страхования и значительный удельный вес такого источника финансирования, как добровольное медицинское страхование.

В качестве основных целей действующих систем финансирования здравоохранения выделяются социальная справедливость и экономичность. Социальная справедливость может рассматриваться в таких аспектах, как:

– степень прогрессивности системы финансирования здравоохранения (справедливость в вертикальной плоскости). Данный аспект предполагает, что группы населения с более высоким уровнем доходов должны платить больше, нежели группы населения с более низким уровнем доходов, а следовательно, доля расходов на медицинское обслуживание в бюджете домашних хозяйств, относящихся к группе с низкими доходами, особенно относящихся к социально уязвимым категориям населения, не должна превышать соответствующую долю в бюджете домашних хозяйств с высокими доходами;

– справедливость в горизонтальной плоскости, которая предполагает, что люди с одинаковым уровнем доходов платят одинаково вне зависимости от того, насколько они нуждаются в медицинской помощи;

– наличие перераспределительного эффекта;

– влияние системы финансирования на охват населения медицинской помощью и ее доступность.

Экономичность системы финансирования здравоохранения рассматривается с позиций сдерживания расходов на медицинское обслуживание населения, эффективности распределения средств и технической эффективности предоставления медицинской помощи.

Несмотря на принадлежность системы финансирования здравоохранения к той или иной модели, на сегодняшний день практически в любой стране присутствуют все основные источники финансирования медицинских услуг: государственные (средства государственного бюджета или фондов социального медицинского страхования) и

частные (средства добровольного медицинского страхования и платежи наличными). Различие состоит в соотношении между данными источниками. Так, для государственной системы финансирования здравоохранения преобладающим источником являются средства государственного бюджета (по данным ОЭСР, в 2000 г. его доля в общих расходах на здравоохранение составляла от 64,8 % в Испании до 85,2 % в Норвегии), доля других государственных источников близка к нулю, высокий, в сравнении со страховой моделью, удельный вес платежей наличными и, соответственно, более низкий удельный вес такого источника, как добровольное медицинское страхование. В странах с рыночной моделью финансирования здравоохранения преобладающим источником является добровольное медицинское страхование или платежи наличными, доля государственного сектора ниже 50 % (по данным ОЭСР, в 2000 г. она составила в США 44,2 %, в Корее - 44,4 %). Согласно исследованиям, проводимым в развитых странах, в большей степени обеспечению принципов справедливости и экономичности отвечает государственная система финансирования здравоохранения, тем не менее любой из существующих систем присущи свои достоинства и недостатки (табл. 1). Организация финансирования российской системы здравоохранения близка к страховой модели (введение системы обязательного медицинского страхования, существование страховых медицинских организаций, заключающих договоры на оказание медицинской помощи с поставщиками – лечебно-профилактическими учреждениями), но следует отметить, что не существует единой точки зрения на вопрос о том, должна ли система финансирования здравоохранения России быть страховой или государственной.

Основной проблемой любой системы здравоохранения является рост затрат на оказание медицинских услуг населению, связанный со старением населения, ростом заболеваемости неинфекционными заболеваниями, требующими более дорогостоящего лечения, развитием медицинских технологий, поэтому актуальным является вопрос о размещении средств согласно принципам справедливости и экономичности. Выделяют [1] следующие методы оплаты услуг по оказанию медицинской помощи:

- полная ретроспективная компенсация всех понесенных расходов;
- проспективное финансирование ожидаемых

будущих расходов с использованием фиксированных бюджетов.

Первый метод предполагает, что оплата осуществляется после оказания услуги и охватывает весь фактический набор оказанной медицинской помощи. В данном случае покупатель медицинской помощи не имеет возможности предварительно выбрать целесообразный, по его мнению, объем и качество услуги, а поставщик (медицинское учреждение) может навязать покупателю завышенный объем и стоимость услуг. В наибольшей степени принципам справедливости и экономичности отвечает проспективное финансирование ожидаемых будущих расходов, основанное на независимой оценке потребностей групп населения в медицинской помощи (метод подушевого финансирования). К основным характеристикам данного метода относятся следующие [2]:

- размер оплаты определяется соглашением сторон до момента оказания помощи, то есть оплачивается согласованный объем помощи;
- обязательства финансирующей стороны ограничиваются определенным периодом времени (чаще всего годом);
- медицинское учреждение может самостоятельно использовать экономию, возникающую в результате оптимизации структуры помощи;
- устанавливаются возможные реакции на отклонения фактически оказанных объемов медицинской помощи от определенных соглашениями.

На данный момент метод подушевого финансирования применяется при финансировании конкурирующих страховых медицинских организаций (СМО) Территориальным фондом обязательного медицинского страхования, оплата услуг лечебно-профилактических учреждений может осуществляться на основе метода подушевого финансирования (Кемеровская область) или ретроспективно. Оплата услуг в стационаре на территории Вологодской области согласно Положению об оплате медицинских услуг в системе ОМС граждан на территории Вологодской области на 2006 г. осуществляется за пролеченного больного; оплата услуг в амбулаторно-поликлинических учреждениях – за амбулаторное посещение, амбулаторную операцию или сложную манипуляцию, за посещение на дому, за пролеченного больного (в дневном стационаре) и ряд других. При этом перевыполнение плана госпитализации в целом по учреждению допускается без увеличения финансового плана ЛПУ, невыполнение плана госпитализации вле-

Таблица 1

Сравнительная характеристика систем здравоохранения развитых стран

Модель	Страны	Характеристика	Достоинства	Недостатки
Бевриджа (государственная)	Великобритания Ирландия Дания Канада Норвегия	<ul style="list-style-type: none"> – Финансирование здравоохранения путем прямого налогообложения; – центральное и региональное планирование 	<ul style="list-style-type: none"> – Контроль качества медицинских услуг со стороны государства; – охват медицинской помощью всего населения; – централизованное сдерживание государственного роста расходов на здравоохранение 	<ul style="list-style-type: none"> – Бюрократическая, авторитарная система управления здравоохранением; – государственный патернализм в определении приоритетов развития здравоохранения; – недостаточное стимулирование роста эффективности обслуживания населения; – недостаточный учет мнения пациента, ограничение его свободы выбора; – очередь – регулятор обеспечения медицинской помощи; – недостаточный выбор условий госпитализации с точки зрения комфорта; – наличие неравенства в отношении доступности медицинской помощи для отдельных социальных групп или административных территорий
Бисмарка (страховая)	Германия Франция Япония	<ul style="list-style-type: none"> – Децентрализованное финансирование; – разделение функций между государством, финансирующими органами и поставщиками медицинских услуг 	<ul style="list-style-type: none"> – Конкуренция между различными страховыми фондами; – значительная свобода выбора пациентами поставщиков медицинских услуг; – отсутствие длительных очередей на лечение; – стимулирование страховыми организациями заботы граждан о своем здоровье экономическими методами 	<ul style="list-style-type: none"> – Наличие неравенства в отношении доступности медицинской помощи для отдельных социальных групп или административных территорий; – тенденция к неоправданному росту стоимости медицинской помощи; – недостаточный учет интересов пациентов, входящих в группы высокого риска, длительно находящихся в стационаре или оставшихся вне системы социального страхования
Рыночная	США Израиль	<ul style="list-style-type: none"> – Отсутствие системы всеобщего социального страхования; – многоканальная система финансирования 	<ul style="list-style-type: none"> – Свобода выбора пациентами поставщиков медицинских услуг 	<ul style="list-style-type: none"> – Стремительный рост стоимости медицинских услуг; – неравенство доступа к медицинской помощи; – отсутствие страховых полисов у части населения

чет за собой безусловное уменьшение финансирования стационара (п. 11.7 Положения); оплата по амбулаторно-поликлинической, стоматологической помощи и по дневному стационару производится за фактически выполненные объемы по соответствующему виду медицинской помощи в

пределах муниципального заказа; невыполнение объемов амбулаторно-поликлинической помощи не является основанием пересмотра финансового плана и допускается в пределах финансового плана за счет пересмотра внутренних нагрузок, использования резервного фонда ЛПУ и дополни-

тельных источников финансирования (п. 11.8 Положения). Таким образом, оплата поставщикам медицинских услуг осуществляется в пределах установленного финансового плана, но ретроспективным методом. Данная комбинация позволяет избежать проблемы, связанной с возникновением чрезмерного спроса на услуги здравоохранения, инспирированного предложением, но не стимулирует заинтересованности медицинского персонала в профилактике заболеваний, улучшении здоровья пациентов (что является одним из наиболее существенных достоинств подушевого метода финансирования), поскольку финансовый план составляется с учетом предыдущих объемов предоставления медицинских услуг. Применение метода подушевого финансирования требует отбора и учета факторов, определяющих потребность насе-

за оказанные медицинские услуги в системе ОМС и предоставляют СМО персонифицированные реестры медицинских услуг, содержащие информацию о пациентах, следовательно, необходимые для оценки влияния на потребность в медицинской помощи факторы могут быть отобраны. В различных странах при использовании метода подушевого финансирования набор факторов может быть различным: в частности, во Франции используется только возраст, в Швеции – возраст, пол, семейное положение, статус занятости, владение недвижимостью, предыдущие случаи обращения за медицинской помощью. Матрица коэффициентов потребления медицинской помощи, основанная на двух факторах – возрасте и поле, – приведена в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты потребления медицинской помощи [2]

Возрастной интервал	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70 и выше
K_m	1,457	0,579	0,598	0,699	0,872	0,629	0,624	0,720	0,952	1,309	0,887	1,461	1,347	2,514	2,994
$K_{ж}$	1,400	0,603	0,675	0,739	2,020	1,186	0,923	0,810	0,788	1,026	0,715	1,006	0,839	1,293	1,569

ления в медицинской помощи. В первую очередь потребность в медицинской помощи зависит от возраста, состояния здоровья (например, наличия хронических заболеваний). Степень влияния отдельных факторов может быть различной, поэтому необходимо введение соответствующих весовых коэффициентов. Возможны два основных подхода к учету таких факторов: матричный и индексный. Наиболее перспективным является матричный подход, который учитывает только индивидуальные факторы и не испытывает влияния факторов со стороны предложения медицинских услуг. При матричном подходе один или несколько факторов применяются для формирования матрицы распределяемых сумм, в которой каждая ячейка отражает ожидаемые расходы на медицинское обслуживание лица с соответствующими характеристиками. Данный подход требует существования базы данных об отдельных индивидах, отражающей их характеристики с точки зрения всех существенных факторов, определяющих потребность в медицинской помощи. На сегодняшний день лечебно-профилактические учреждения формируют счета

Таким образом, наиболее актуальными вопросами реформирования российского здравоохранения являются изменение его ресурсного потенциала и организация системы финансирования. Система финансирования здравоохранения должна строиться с учетом принципов социальной справедливости и экономичности. Распределение средств на основе этих принципов между различными территориями, между конкурирующими страховыми медицинскими организациями или лечебно-профилактическими учреждениями может строиться на основе метода подушевого финансирования и требует учета факторов, определяющих потребность отдельных граждан или групп населения в медицинской помощи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Финансирование здравоохранения: альтернативы для Европы / Под ред. Э. Моссиалоса и др. – М.: Изд-во «Весь мир», 2002. – С. 352.
2. Фрид Э.А., Окушко Н.Б. Финансирование услуг обязательного медицинского страхования по подушевой формуле. Проект реформирования здравоохранения. – Кайзер Перманентэ Интернэшнл, 2000. – С. 44.

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ РАБОЧИХ СТАНЦИЙ В КОРПОРАТИВНУЮ СЕТЬ ИЗ КАРАНТИННОЙ ЗОНЫ

Известен ряд условий, при соответствии которых рабочая станция попадет из карантинной зоны в КИС. Они классифицированы в 4 основные группы:

1) на рабочей станции должны быть установлены все исправления, обновления для операционной системы и программного обеспечения (ПО), как для системного, так и для прикладного;

2) должно быть установлено необходимое аппаратное обеспечение (АО) и ничего лишнего;

3) должно быть установлено только необходимое ПО, не должно быть конфликтов, несовместимостей в его работе;

4) отсутствие признаков вредоносного кода.

Объединим условия первой группы в матрицу $A = (a_1, a_2, \dots, a_k)$, где:

a_1 – версия комплексного исправления (service-pack) для операционной системы;

a_i ($i = 2, 3, \dots$) – это наличие необходимого исправления (условный номер однозначно соответствует какому-либо исправлению) ($a_i = 1$ – есть, 0 – нет);

матрица A – бинарная матрица-строка.

Характеристики второй группы объединим в матрицу $B = (b_1, b_2, \dots, b_m)$, где b_j – это наличие конкретного вида аппаратного обеспечения ($b_j = 1$ – есть, 0 – нет).

Характеристики третьей группы объединим в двумерную бинарную матрицу $C[n \times t]$, где в первой строке c_{1i} задается наличие позволенного к использованию ПО (1 – если есть, 0 – нет), по вертикали в столбцах – настройки ПО, – c_{ni} ($n \neq 1$) – это значение настройки данного программного обеспечения. Например, второй столбец:

c_{12} – версия АВПО,

c_{22} – версия антивирусных баз данных,

c_{32} – права пользователя по работе с антивирусной программой (администратор, пользователь, опытный пользователь) и т.д.

Характеристики четвертой группы объединим в матрицу $D = (d_1, d_2, \dots, d_s)$, где d_r – это признак присутствия вредоносного кода ($d_r = 1$ – есть, 0 – нет).

Все рассмотренные элементы a_i, b_j, c_{it}, d_r матриц A, B, C, D представляются в бинарной системе счисления, что позволяет выявить закономерности между матрицами, опираясь на существующий математический аппарат.

Анализ допустимости включения рабочей станции в КИС зависит от того, является ли рабочая станция собственностью предприятия или временно работает. В первом случае применимы жесткие условия (ограниченный список аппаратного, программного обеспечения и др.), при несоблюдении которых рабочая станция не включается в КИС, но рекомендуется привести ее к заданному стандарту работы. Алгоритм проверки представляет собой однозначную последовательность действий: если – то. Например, если на рабочей станции установлен дисковод для дискет, то пока он не будет изъят с рабочей станции, она не переводится в КИС. Такая политика применима в основном для рядовых пользователей.

Во втором случае жесткие условия неприменимы и анализ необходимо основывать иными методами (теория множеств, теория матриц).

Матрицы взаимосвязаны некоторыми закономерностями:

- Размер матрицы A зависит от размера матрицы C : k пропорционально n – чем больше видов программного обеспечения установлено на рабочей станции, тем больше требуется исправлений для такого ПО.

- В случае, если для имеющегося аппаратного устройства (ему соответствует значение элементов матрицы B) отсутствуют драйверы (значение элементов матрицы C) или отсутствует устройство, но есть программа для работы с ним (есть драйверы для принтера, но нет самого принтера), это может как не являться угрозой для КИС, так и наоборот (например, мобильный телефон при наличии драйвера можно оперативно подключить, создав угрозу заражения КИС вирусом).

- Для корректной работы новых аппаратных устройств могут требоваться исправления ОС, т.е. матрицы A и B также могут быть взаимосвязаны.

- Корректная конфигурация настроек ПО и несовместимость ПО: элементы матрицы C (заданные значения настроек) могут быть взаимосвязаны друг с другом. В этом случае можно записать математическое выражение $C_{hk} \times C_{gf}$, причем, если настройки корректны, то произведение двух элементов (чи бинарные значения грамотно выбраны) не равно $1_{(2)}$, например. Это означает: настройка C_{hk} одного вида ПО не конфликтует с настройкой C_{gf} другого вида ПО, значит, по данному признаку угрозы для КИС нет.

- Пропускную способность сетевой карты и сетевой трафик также необходимо анализировать

(значения элементов матриц B и D), так как при одинаковом объеме сетевого трафика пропускная способность карты является показателем: объем, подозрительный для рабочей станции, для сервера с большей пропускной способностью является нормой.

Таким образом, необходимо анализировать не только отдельно значения матриц A, B, C, D , но и их функционалы – для выявления возможных угроз КИС. При изменении некоторых параметров матриц анализ на допустимость функционирования рабочей станции в КИС может быть повторен.

УДК 316.3

О.Е. Воробьев
Кафедра ММИТЭ

ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕПЕЙ МАРКОВА ДЛЯ АНАЛИЗА ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ

Управление персоналом современного предприятия немислимо без наличия адекватной информации о кадровом составе, его движении и характеристиках. Классические показатели движения персонала обычно включают в себя текучесть по приему и по увольнению [1]. К сожалению, они не дают информации о передвижениях внутри компании. В то же время такие процедуры управления персоналом, как карьерное планирование, работа с кадровым резервом и адаптация молодых специалистов нуждаются в более точной оценке и прогнозировании перемещения сотрудников.

Для предложения решения описанной проблемы рассмотрим более подробно процессы перемещения сотрудников. В наиболее общем виде движение персонала может быть представлено в виде потока принимаемых и увольняемых сотрудников. Данная ситуация проиллюстрирована на рис. 1, показано, что на предприятии имеется входной поток принимаемых сотрудников, выходной поток увольняемых сотрудников и внутренний поток перемещаемых сотрудников (переводы, понижения и повышения по служебной лестнице). Коэффициенты текучести по приему и увольнению учитывают только входной и выходной потоки, но не дают информацию о внутреннем потоке перемещений сотрудников.

Для исследования характеристик перемещае-

мого персонала необходимо в большей степени углубиться в структуру изучаемой организации. Данная ситуация проиллюстрирована на рис. 2.

При более подробном анализе можно рассмотреть перемещение сотрудников внутри компании. В данной ситуации необходимо применение специализированного математического аппарата, позволяющего численно оценить потоки перемещаемых внутри предприятия сотрудников. Для вышеописанной задачи применимой является теория цепей Маркова [2]. В этом случае каждая должность (или группа должностей) будет отображаться в узел графа состояний, а перевод сотрудника с должности на должность будет ото-

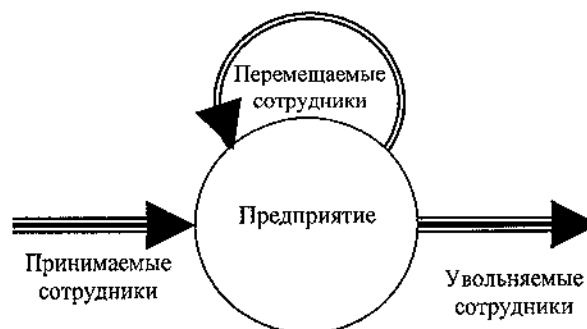


Рис. 1. Движение персонала предприятия (укрупненная схема)

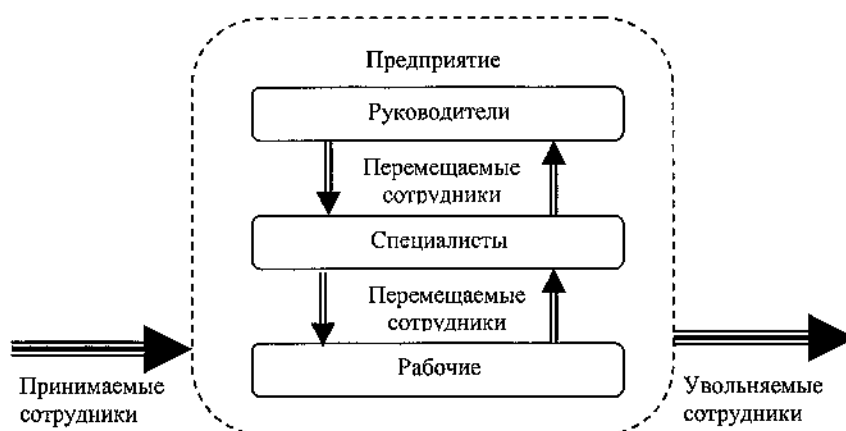


Рис. 2. Движение персонала предприятия (уточненная схема)

бразжаться в отрезок, соединяющий вершины графа. Каждому такому отрезку сопоставляется числовая величина, представляющая собой вероятность перехода сотрудника из одного состояния (должности) в другое состояние (должность).

Для создания цепи Маркова, иллюстрирующей перемещение персонала внутри организации, необходимо выполнить следующие действия.

1. Выделить вершины графа, т.е. те должности (или группы должностей), перемещения между которыми будут учитываться. В случае крупной организации задача кластеризации должностей должна решаться с учетом той цели, для которой создается цепь Маркова. В общем случае можно выделить группы рабочих, специалистов и руководителей. В случае необходимости можно осуществить дальнейшее дробление групп.

2. На основе имеющейся информации о переводах сотрудников создать отрезки графа, присво-

ить им вероятность перехода с должности на должность.

3. Проинтерпретировать полученный граф и вероятности перехода с точки зрения управления персоналом:

- анализировать характеристики движения кадров внутри компании;
- прогнозировать динамику карьерных продвижений на следующий период и определять потребность в кадровом резерве;
- выделять траектории движения, наилучшим образом ведущие к карьерному росту;

- сравнивать траектории движения успешных сотрудников и всего остального персонала;
- выявлять потенциально успешных сотрудников на основании траекторий их карьерного продвижения.

Таким образом, можно говорить о том, что для решения определенных задач управления персоналом целесообразно проводить анализ перемещений персонала с использованием аппарата цепей Маркова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологии управления персоналом в России. Опыт профессионалов. – М.: «HRC. Кадровый клуб», «Книжный мир», 2001. – 240 с.
2. *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.* Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М.: Высш. шк., 2000. – 383 с.

УДК 338.4

В.В. Плащенко
Кафедра ММИИТЭ
Р.А. Жуков
Кафедры экономики
Е.В. Сиротина
Студентка группы 5 ММЭ-51

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДОХОДА БАНКА ОТ КРЕДИТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ РИСКА

В настоящее время российская экономика вступает в новую эпоху своего развития, которую

принято называть информационной. Ее сложный характер и современный уровень предъявляемых

к ней требований стимулируют предприятия, функционирующие в данной среде, использовать все более сложные методы управления бизнесом. Банковский сектор является важнейшей и неотъемлемой частью экономики. Банкам, как и другим коммерческим организациям, приходится функционировать в достаточно сложных условиях рыночной конкуренции. Данное обстоятельство накладывает на них большую ответственность, поскольку внутренняя банковская структура вынуждена быстрее реагировать на изменения внешней среды, чем другие формы организаций. Такая изменчивость порождает большое количество различных рисков, которые оказывают опасное влияние на все производимые финансовые операции. В связи с этим для повышения устойчивости функционирования банкам в своей деятельности необходимо учитывать данные риски, а также внедрять и использовать новые механизмы по их управлению.

В последние десятилетия значительный вес в экономических исследованиях приобретают методы математического моделирования. Банковские операции как сфера кредитной деятельности предполагают использование моделирования с целью количественных оценок риска, ибо чтобы получить высокую прибыль, нужно рисковать. Управление риском — ключевой фактор, определяющий деятельность банка, при этом главная задача заключается в том, как оценить риск невозврата кредита клиентом. На вербальном уровне — кредитный риск определяется как «риск того, что партнер по финансовой сделке окажется неспособным выполнить условия контракта и держатель актива понесет финансовые потери». Данное предположение и положено в основу предлагаемой методики расчета дохода банка от кредитной деятельности с учетом рисков составляющей.

Основным источником кредитного дохода банка является сумма начисленных по всем кредитам процентов. Для расчета полученной от кредита выручки воспользуемся формулой расчета простых процентов (данное соотношение определяется кредитной политикой банка):

$$SR = IS(1 + rt), \quad (1)$$

где SR (the sum to return) — сумма к возврату; IS

(the initial sum) — первоначальная сумма; r (the rate of percent) — ставка процента (в долевом выражении); t — количество лет, на которое выдается кредит (может быть дробным).

Данная формула позволяет рассчитать сумму выручки, которую банк получит от одного клиента после истечения срока кредита. Однако для оптимизации необходимо знать валовую выручку (TP , the total proceeds), для чего введем показатель (n), отражающий количество клиентов, воспользовавшихся услугами банка по кредитованию. Тогда выражение (1) можно представить в виде:

$$TP = \sum_{j=1}^n IS_j \cdot (1 + rt_j). \quad (2)$$

Введем понятие «фактор риска». Пусть PR (PR, probability of return) — это вероятность события A , заключающегося в том, что клиент в установленный срок вернет первоначально взятую сумму кредитных средств и начисленную за данный срок сумму процентов. Тогда $PD = 1 - PR$, где PD (probability of a delay) — это вероятность события, заключающегося в том, что клиент в установленный срок не сможет по каким-либо причинам вернуть первоначально взятую сумму кредитных средств и начисленную за данный срок сумму процентов.

С учетом того, что показатели риска различны для каждого конкретного клиента, выражение (2) можно представить в следующем виде:

$$TPR = \sum_{j=1}^n PR_j \cdot IS_j \cdot (1 + rt_j) - \sum_{j=1}^n PD_j \cdot IS_j, \quad (3)$$

где TPR (TPR , the total proceeds in view of risk) — валовая выручка по кредиту, скорректированная фактором риска; j — номер клиента.

В правой части соотношения (3) уменьшаемое означает предполагаемую сумму выручки, представляющую собой первоначально выданные денежные средства и начисленные за период проценты, которую банк получит с вероятностью PR , а вычитаемое — предполагаемую сумму потерь, представляющую собой только первоначально выданные денежные средства, которые банк понесет с вероятностью PD .

Для того чтобы отразить общую валовую выручку (*GTP*, the general total proceeds), полученную банком от всех видов кредитования, необходимо просуммировать выручки по всем видам операций. Тогда выражение (3) можно представить в следующем виде:

$$GTP = \sum_{i=1}^m TPR_i = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PR_{ij} \cdot IS_{ij} \cdot (1+r_i t_{ij}) - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PD_{ij} \cdot IS_{ij}, \quad (4)$$

где m – вид кредита.

Данная модель позволяет рассчитать кредитную прибыль банка, скорректированную на возможные потери, возникающие в связи с наличием факторов риска.

Несомненным преимуществом данной модели является возможность ее быстрой трансформации в модель с управлением. Для этого необходимо составить целевой функционал следующего вида:

$$J = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PR_{ij} \cdot IS_{ij} \cdot (1+r_i t_{ij}) - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PD_{ij} \cdot IS_{ij} \rightarrow \sup. \quad (5)$$

Далее выделяются фазовые и управляющие переменные. Данный выбор производится исходя из первоначальных данных и конечных целей построения модели. В последующем на модель накладываются ограничения. Необходимыми ограничениями модели являются: 1) $r \geq k$ (k – ставка рефинансирования, при заемном банковском капитале; либо инфляция – при собственных средствах); 2) $n \geq 0$; 3) $m \geq 1$. Остальные ограничения вводятся по мере необходимости для конкретной ситуации.

Реализация данной модели может производиться:

- аналитическим путем, через построение функции Гамильтона;
- путем реализации программного модуля методом Рунге-Кутты;
- методами теории оптимального управления;
- численными методами оптимизации.

Данная модель позволяет осуществлять оптимизацию:

- количества обслуживаемых клиентов;
- ставок процента по кредитам;
- срока выдачи кредита, в зависимости от требуемого конечного результата.

Одним из основных финансовых источников банка являются денежные средства вкладчиков. Однако на данные вложения банк должен начислять определенную сумму процентов. Таким образом, обязательства банка складываются из двух частей: первоначальной суммы вложения и суммы начисленных за период процентов. Для расчета банковских обязательств воспользуемся формулой расчета простых процентов (данное соотношение определяется кредитной политикой банка):

$$BO = ES(1 + ct), \quad (6)$$

где *BO* (the bank obligation) – банковские обязательства; *ES* (the enclosed sum) – вложенная сумма; *c* (the charged percent) – начисляемый процент (в долевым выражении); *t* – количество лет, на которое выдается кредит (может быть дробным).

Данная формула позволяет рассчитать сумму обязательства банка перед одним клиентом. Далее рассчитаем валовые обязательства (*TO*, the total obligations), для чего введем показатель (*k*), отражающий количество клиентов, воспользовавшихся услугами банка по сбережению и/или накоплению средств. Тогда выражение (6) можно представить в виде:

$$TO = \sum_{i=1}^k ES_i \cdot (1 + c_i t_i). \quad (7)$$

Соотношение (7) позволяет производить расчет суммы общих обязательств банка перед своими вкладчиками, которую он обязан вернуть в установленный период времени.

Возникает вопрос – как оценить количественно вероятности *PR* и *PD*. Данные показатели представляют собой полную группу событий, одно из которых предполагает положительную динамику, а второе, соответственно, отрицательную. В связи с этим можно выделить две крайние ситуации: *PR* = 0, *PD* = 1 – наихудшая; и *PR* = 1, *PD* = 0 – наилучшая (рис. 1).

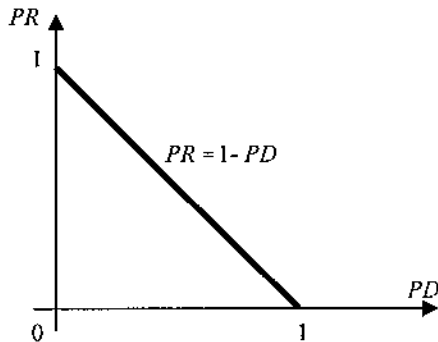


Рис. 1. Долевое распределение вероятностей

Данные показатели имеют долевое распределение $PD = 1 - PR$. Отсюда схема распределения вероятности PR будет выглядеть следующим образом (рис. 2).



Рис. 2. Распределение вероятности возврата средств

Геометрическая интерпретация распределения вероятности неразорения отображает следующие ситуации:

1) точка «0» отражает ситуацию, при которой банк полностью теряет средства, вложенные в кредитование;

2) точка «1» отражает ситуацию, при которой банк возвращает вложенные в кредиты средства в полном объеме;

3) точка « ls » (level of safety) – это так называемый уровень безопасности, т.е. минимально возможный объем «возвращаемости» кредитных средств, который банк может себе позволить без потери финансовой устойчивости;

4) точка « A_m » (Actual meaning) – это фактическое значение вероятности неразорения банка. Данная точка может располагаться в любой части отрезка $[0; 1]$.

При расчете « ls – уровня» будем исходить из соображений финансовой устойчивости банка. Финансовая устойчивость предполагает оправдан-

ность (окупаемость) деятельности, т.е. накладывает условие непревышения расходов над доходами. Отсюда формализованное представление финансовой устойчивости будет иметь следующий вид:

$$TO \leq GTP.$$

С учетом выражений (4), (7):

$$\sum_{i=1}^k ES_i \cdot (1 + c_i t_i) \leq$$

$$\leq \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PR_{ij} \cdot IS_{ij} \cdot (1 + r_i t_{ij}) - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PD_{ij} \cdot IS_{ij}.$$

Преобразуем правую часть:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PR_{ij} \cdot IS_{ij} \cdot (1 + r_i t_{ij}) - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PD_{ij} \cdot IS_{ij} = \\ & = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PR_{ij} \cdot IS_{ij} \cdot (1 + r_i t_{ij}) - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n IS_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PR_{ij} \cdot IS_{ij} = \\ & = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PR_{ij} \cdot \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n IS_{ij} \cdot (1 + r_i t_{ij}) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n IS_{ij} \right) - \\ & - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n IS_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PR_{ij} \cdot \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n IS_{ij} \cdot (1 + r_i t_{ij} + 1) \right) - \\ & - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n IS_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PR_{ij} \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n IS_{ij} \cdot (2 + r_i t_{ij}) - \\ & - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n IS_{ij}. \end{aligned}$$

С учетом преобразований получим следующее соотношение:

$$\sum_{i=1}^k ES_i \cdot (1 + c_i t_i) \leq$$

$$\leq \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PR_{ij} \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \cdot IS_{ij} \cdot (2+r_i t_{ij}) - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \cdot IS_{ij} \cdot$$

Тогда искомый уровень вероятности неразорения банка составит:

$$PR_{ts} \geq \frac{\sum_{i=1}^k ES_i \cdot (1+c_i t_i) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \cdot IS_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \cdot IS_{ij} \cdot (2+r_i t_{ij})}$$

Банку для безопасного функционирования необходимо придерживаться вероятностного интервала $[Is; 1]$, поскольку после выхода за его нижнюю границу потери могут стать невозможными и привести к финансовому кризису либо банкротству самого кредитора (банка).

С учетом определенного вероятностного интервала научный и прагматический интерес представляет величина доходности кредитной деятельности банка и ее относительное распределение в пределах данного интервала. В связи с этим введем новый показатель I (The income), который будет отражать доходность кредитной деятельности. Расчет данного показателя проведем на основе преобразования выражения (4):

$$I = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PR_{ij} \cdot IS_{ij} \cdot (1+r_i t_{ij})}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PR_{ij} \cdot IS_{ij} \cdot (1+r_i t_{ij}) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PD_{ij} \cdot IS_{ij}} = PR \frac{(1+r \cdot \bar{t})}{(1+r \cdot \bar{t} \cdot PR)}$$

где \bar{r} – среднее значение ставки процента по всем видам кредита (в долевого выражении); \bar{t} – среднее количество лет, на которое выдается кредит (может быть дробным).

Числитель данного выражения отражает величину получаемого дохода с учетом прогнозируемого уровня расходов, а знаменатель – общую суммарную величину прибыли и потерь, которая представляет собой величину дохода в условиях отсутствия невозвратов.

Так, например, для $\bar{r} = 0,21$, $\bar{t} = 4,3$ показатель доходности может быть представлен следующим распределением (рис. 3).

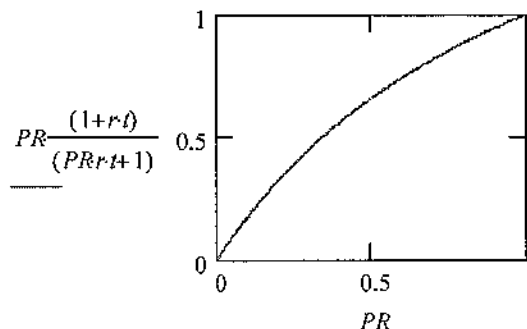


Рис. 3. Распределение доходности

На основе полученного графа, можно рассчитать значение данного показателя в любой точке прямой PR .

С учетом выше рассмотренных положений можно провести перекрестный анализ, под которым будем понимать совместный одновременный анализ двух показателей. Он предполагает выполнение следующих шагов.

- Определение точки (A) на кривой доходности, в которой находится предприятие на данный момент (промежуток) времени (рис. 4).
- Анализ структуры риска. Сделать это можно путем использования механизма факторного анализа. Он предполагает выявление релевантных факторов, которые максимально коррелируют с искомой вероятностью. Результаты данного анализа позволят ответить на вопрос, есть ли возможность снизить риск и каким образом это можно сделать.

• На основе полученного возможного уровня вероятности, путем построения перпендикуляров сначала на график доходности, а затем на ось ординат, получаем новую точку (B). Данная точка отражает новый желаемый уровень доходности.

• Следующим шагом анализа является расчет денежных средств, которые банку необходимо вложить для снижения риска. Другими словами, необходимо рассчитать затраты, с которыми будут связаны мероприятия по повышению вероятности неразорения.

- Сопоставление приростов вероятности и до-

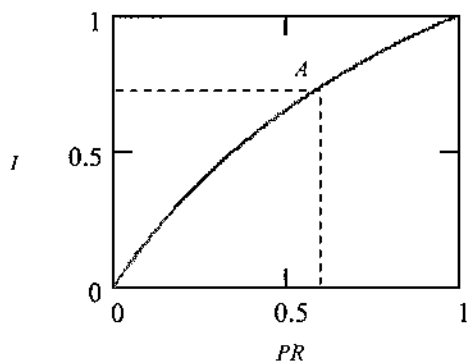


Рис. 4. Определение фактического положения

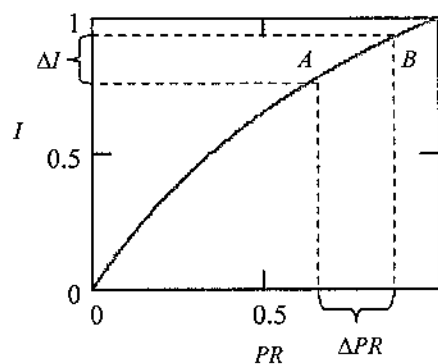


Рис. 5. Определение желаемого положения

ходности. Исходя из рис. 5, можно сделать вывод о том, что для данного предприятия больший прирост вероятности неразорения приводит к меньшему приросту показателя доходности ($\Delta PR/\Delta I \geq 1$).

- Принятие решения о целесообразности проведения мероприятий по снижению рисков. Дан-

ное решение принимается исходя из соотношения затрат и получаемого эффекта, т.е. прироста доходности. Если затраты на снижение риска не превысят размер предполагаемого прироста дохода, то принимается положительное решение, в противном случае от проведения мероприятий по снижению риска отказываются.

УДК 515+681.3

Н.С. Григорьев, Н.В. Дорофеев, И.В. Дунаева
Кафедра инженерной и машинной графики

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ МОДУЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ В КУРСЕ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»

«Начертательная геометрия» и «Инженерная графика» входят в число дисциплин, составляющих основу инженерного образования. Предметом начертательной геометрии является изложение и обоснование способов построения изображений пространственных форм на плоскости и способов решения задач геометрического характера по заданным изображениям этих форм. Начертательная геометрия, вызывая усиленную работу пространственного воображения, развивает его. Развитие пространственного воображения и мышления студентов является основной целью работы преподавателя инженерной графики, т.к. от этого зависит дальнейшая практическая работа студентов при выполнении технических чертежей. В процессе

достижения данной цели необходимо развивать познавательную самостоятельность студентов, умело и творчески управлять познавательной деятельностью при самостоятельной работе, обеспечив контроль и самоконтроль проделанной работы.

Эти требования способна провести в жизнь теория модульного обучения, т.к. она базируется на позициях деятельного, активного, гибкого подхода к построению педагогического процесса.

Модульное обучение возникло как альтернатива традиционному обучению. Именно оно интегрирует в себе все то прогрессивное, что накоплено в педагогической теории и практике. Так, из программированного обучения заимствуется идея

активности обучаемого в процессе его четких действий в определенной логике, постоянное подкрепление своих действий на основе самоконтроля, индивидуализированный темп учебно-познавательной деятельности. Из теории поэтапного формирования умственных действий используется самая ее суть – ориентировочная основа деятельности.

Кибернетический подход обогатил модульное обучение идеей гибкого управления деятельностью обучаемых, переходящего в самоуправление. Из психологии используется также рефлексивный подход. Сущность модульного обучения состоит в том, что студент полностью самостоятельно достигает конкретных целей учебно-познавательной деятельности в процессе работы с модулем. Модуль – это целевой функциональный узел, в котором объединено учебное содержание и технология овладения им, а именно: целевой план действий, банк информации, методическое руководство по достижению дидактических целей. Именно модуль может выступать как программа обучения, индивидуализированная по содержанию, методам учения, уровню самостоятельности, темпу учебно-познавательной деятельности студента.

В сущностных характеристиках модульного обучения заложено его отличие от других систем обучения. Во-первых, содержание обучения представляется в законченных самостоятельных комплексах (информационных блоках), усвоение которых осуществляется в соответствии с целью. Дидактическая цель формулируется для обучающегося и содержит в себе не только указание на объем изучаемого содержания, но и на уровень его усвоения. Кроме того, каждый студент получает от преподавателя советы в письменной форме, как рационально действовать, где найти нужный учебный материал и т.д.

Во-вторых, студент работает максимум времени самостоятельно, учится целеполаганию, самопланированию, самоорганизации, самоконтролю и самооценке. Это дает возможность ему осознавать себя в деятельности, самому определить уровень освоения знаний, видеть пробелы в своих знаниях и умениях.

Несомненно, что преподаватель управляет учебно-познавательной деятельностью студентов через модули и непосредственно, но это более

мягкое, а главное сугубо целенаправленное управление.

В-третьих, наличие модулей с печатной основой позволяет преподавателю индивидуализировать работу с отдельными студентами. Для перехода на модульное обучение следует разработать модульную программу и определить совокупность модулей. Основой разбивки курса на модули могут стать дидактические единицы курса. Так, например, для курса «Начертательная геометрия» можно выделить такие модули:

- комплексный чертеж точки, прямой, плоскости;
- метрические и позиционные задачи;
- поверхности, многогранники.

По «Инженерной графике» на базе дидактических единиц курса можно выделить такие модули:

- рабочие чертежи и эскизы деталей;
- разъемные и неразъемные соединения;
- сборочный чертеж;
- схемы.

Каждый модуль содержит конкретные задания по темам модуля (причем разного уровня), методические указания и литературу, рекомендуемую для освоения модуля, разработки по использованию компьютерной техники при выполнении заданий, перечень контрольных вопросов для самоконтроля с возможностью тестирования с применением ЭВМ.

В настоящее время на кафедре ИиМГ проводится подготовительная работа по созданию модулей по курсам «Начертательная геометрия» и «Инженерная графика». Изданы сборники задач обычной и повышенной сложности; подготовлен сборник заданий по «Начертательной геометрии» и «Инженерной графике»; подготовлены методические указания по темам курса. Компьютерный класс из 13 ПЭВМ позволяет для большинства модулей использовать современные программы AutoCAD и КОМПАС. Подготовлены тесты по некоторым модулям, которые позволяют осуществлять контроль и самоконтроль за усвоением знаний в пределах модуля.

После завершения подготовительной работы кафедра планирует приступить к опробованию модульной системы по дисциплинам «Начертательная геометрия» и «Инженерная графика».

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Математика

<i>В.В. Мухин, Д.В. Сергеева.</i> Теорема двойственности для локально компактных абелевых n -групп	3
<i>А.И. Данилов.</i> Система дивизоров поля алгебраических чисел. II	8
<i>В.П. Егоров.</i> Об обратной спектральной задаче для стохастических матриц	14
<i>В.В. Мухин, И.Э. Утцаль.</i> Об одном обобщении нечетких множеств	16

Раздел 2. Физика

<i>Е.Б. Оситов, Н.А. Оситова, С.Н. Цветкова, С.Д. Канглиев.</i> Энергетические состояния и оптические переходы в полупроводниковых квантовых ямах	20
<i>Т.А. Окунева, З.К. Кабаков, Н.И. Шестаков.</i> Экспериментальное исследование процесса плакирования металла намораживанием	24

Раздел 3. Биология

<i>Н.А. Пахляшова.</i> Дополнения к списку флоры рыбинского водохранилища	28
<i>Т.Ф. Сизова, Д.А. Давыдов, Н.Б. Афанасьева.</i> Видовой состав наземных цианобактерий западной части Хибин	32
<i>М.С. Трифонова.</i> Анализ фауны комаров семейства Culicidae Череповецкого района	34

Раздел 4. Химия и химическая технология

<i>А.С. Андреев.</i> Термодинамический анализ циклических сернокислотных схем	40
<i>О.А. Калько, Ю.С. Кузнецова, Н.В. Кунина.</i> Изучение влияния степени измельчения активной массы лома свинцовых аккумуляторов на процесс десульфатации раствором карбоната натрия	42
<i>В.А. Котенко, Г.А. Котенко.</i> Синтез и исследование соединений редкоземельных элементов с каприловой кислотой	44
<i>Г.А. Котенко, С.А. Щелкунов.</i> Синтез и восстановление 3-[(1,1-диалкил-4-оксо-2-бутинил)окси]-пропаннитрилов изопропилатом алюминия	47

Раздел 5. Металлургия

<i>Н.Е. Хисамутдинов, Г.С. Козлов, С.В. Шаталов.</i> Влияние летучих веществ восстановителя на процессы восстановления оксидов марганца	50
<i>Э.А. Гарбер, С.Н. Самарин, М.А. Тимофеева, В.В. Ермилов.</i> Определение коэффициентов трения качения в межвалковом контакте дрессировочного стана	52
<i>О.А. Кашинцева.</i> Модель теплового состояния двухфазной зоны слитка при «мягком» обжатии	56
<i>З.К. Кабаков, М.А. Пахолкова, Д.Н. Горюнов.</i> Математическая модель плавления алюминиевого прутка при внепечной обработке жидкой стали в ковше	59
<i>С.В. Лукин, П.В. Куликов.</i> Теплообмен сляба с рабочей стенкой кристаллизатора машины непрерывного литья заготовок	61
<i>Н. Е. Хисамутдинов, Г.С. Козлов, Н.М. Федорчук, С.В. Шаталов.</i> Исследование механизма бесконтактного переноса углерода при восстановлении марганцевых руд	65
<i>Д.С. Киркин, Ю.А. Калягин.</i> Совершенствование тепловой работы участка ускоренного охлаждения сортового проката на основе математического моделирования	68
<i>А.Л. Смыслова, К.А. Харахнин.</i> Скоростные режимы процесса движения полосы в петлевом устройстве непрерывного агрегата	70

<i>М.А. Тимофеева, Э.А. Гарбер, И.А. Кожевникова.</i> Моделирование энергосиловых параметров процесса дрессировки для совершенствования оборудования дрессировочных станов	74
<i>З.К. Кабаков, Л.Н. Дронова.</i> Математическое моделирование тепломассообменных процессов в агрегате ковш – печь	79
<i>Ю.В. Грибкова, З.К. Кабаков, К.Е. Голубенков, С.А. Антонов.</i> Математическая модель охлаждения стопы слябов на воздухе	82

Раздел 6. Промышленная теплоэнергетика

<i>Н.В. Кочнев, О.Л. Сорокина.</i> Использование резистивных моделей температурных полей в теплотехнических расчетах	85
<i>Т.В. Гордобаева, Н.Н. Сеницын.</i> Исследование прогрева слоя угольного шлама	88
<i>Ю.А. Калягин, С.В. Лукин, Н.В. Запатрина, Г.Н. Шестаков.</i> Теплообмен в слое защитного шлака кристаллизатора МНЛЗ	91
<i>Н.В. Телин.</i> Термическое сопротивление зоны контакта ролика со слитком	94
<i>З.К. Кабаков, А.В. Смирнов.</i> Угловой коэффициент излучения в системе «купол воздухонагревателя доменной печи – термопара»	97
<i>Д.В. Головкин, В.Н. Мочалин, С.А. Пойгина.</i> Метод измерения температуры металла перед смоткой на стане горячей прокатки с коррекцией коэффициента излучения	99

Раздел 7. Строительство

<i>Е.В. Белановская.</i> Варианты реконструкции зданий города Череповца	102
<i>Р.Ш. Адигамов, В.Н. Ворожбянов.</i> Некоторые уроки аварий на объектах ОАО «Северсталь»	105
<i>В.А. Неробова, Е.Н. Яковлева.</i> Особенности управленческого учета в строительстве	108
<i>А.Ю. Пама.</i> Методика оценки и стимулирования развития управленческого персонала	110

Раздел 8. Информатика, вычислительная техника и системы управления

<i>А.В. Полянский.</i> Моделирование статистической динамики систем с радиационными датчиками и позиционным управлением	114
<i>Н.С. Маконкова.</i> Преимущества электронных тахеометров при решении инженерно – геодезических задач	118

Раздел 9. Экономика и управление

<i>З.М. Магруппова, Е.В. Баранова.</i> Моделирование оптимальной стратегии обновления парка автотранспортных средств	120
<i>З.М. Магруппова.</i> Повышение эффективности обновления автотранспорта автотранспортного цеха ОАО «Северсталь»	124
<i>А.С. Андреев.</i> Общие вопросы изучения эконометрических моделей	128
<i>К.Г. Стафеев, В.С. Васильцов.</i> Система сбалансированных показателей как элемент эффективного управления стоимостью компании	129
<i>С.В. Перерва, В.М. Васильцова.</i> Перспективы консолидации металлургической отрасли для российских компаний	132
<i>Т.Б. Воробьева.</i> Механизмы финансирования научно-исследовательской деятельности в Российской Федерации в современных условиях	134
<i>Е.А. Марков.</i> Россия поднимается с колен?	137
<i>Л.М. Голубева, А.П. Голубева.</i> Специфика российской инновационной политики	141
<i>В.В. Плащенко.</i> Содержание методик технико-экономических расчетов по производственной логистике промышленных предприятий	143
<i>М.И. Летавин.</i> О задаче оптимального роста в однопродуктовой модели экономики	146
<i>Е.П. Фет, А.Т. Степанов.</i> Оценка затрат на качество в соответствии с Международным стандартом ИСО 9000	149
<i>Д.В. Ковряков, Г.М. Тюлю.</i> Методические особенности моделирования системы мотивации	151

<i>И.В. Ветер.</i> Холдинг как форма эффективного управления экономикой	153
<i>Г.С. Дресвянникова, Н.П. Ульянова.</i> Совершенствование системы управления промышленной безопасностью в коксохимическом производстве ОАО «Северсталь»	156
<i>Н.А. Туркин, А.Н. Зуев.</i> Идентификация пользователя по распечатанному документу	159
<i>Н.В. Ручкин.</i> Моделирование систем инженерных коммуникаций с применением графовой грамматики	160
<i>А.Н. Зуев, А.С. Русак.</i> Защищенные системы электронного документооборота по открытым каналам связи	164
<i>Ю.В. Кудряшова.</i> Методика финансирования здравоохранения в России	166
<i>А.Е. Белозерова, А.Н. Зуев.</i> Перемещение рабочих станций в корпоративную сеть из карантинной зоны .	171
<i>О.Е. Воробьев.</i> Применение цепей Маркова для анализа траекторий движения персонала предприятия .	172
<i>В.В. Плащенков, Р.А. Жуков, Е.В. Сиротина.</i> Методика расчета дохода банка от кредитной деятельности в условиях риска	173
<i>Н.С. Григорьев, Н.В. Дорофеев, И.В. Дунаева.</i> О возможности использования принципов модульного обучения в курсе «Инженерная графика»	178

Лицензия А № 165724 от 11 апреля 2006 г.

Сдано в набор 01.10.06. Подписано в печать 08.11.06.
Тираж 300 экз. Уч.-изд. л. 17,63. Усл. печ. л. 21,39.
Формат 60×84¹/₈. Гарнитура Таймс.



Череповецкий
государственный
университет
