

УДК 681.327.12.001.362

А. Н. ЧИЧКО, О. А. САЧЕК, С. Г. ЛИХОУЗОВ, В. Ф. СОБОЛЕВ, А. В. ВЕДЕНЕЕВ

## АЛГОРИТМ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ МИКРОСТРУКТУР ПЕРЛИТНЫХ СТАЛЕЙ

*Белорусский национальный технический университет*

*(Поступила в редакцию 18.09.2009)*

**Введение.** Развитие компьютерных технологий, связанных с обработкой изображений микроструктур сплавов, открывает новые возможности для материаловедческих наук. В частности, математическая формализация структур сплавов создает основу для развития количественных методов их анализа [1] вместо традиционно используемых качественных методов анализа [2]. Известно, что изображение микроструктуры сплава характеризует свойства фазовых составляющих в отраженном свете, если микроскоп световой, и во вторичных электронах, если микроскоп электронный. Изображения, полученные с помощью методов световой или электронной микроскопии, по форме представляют собой плоскостные многопиксельные изображения, по которым можно оценивать характеристики и соотношения фазовых составляющих [3]. В настоящей статье описан математический аппарат обработки изображений микроструктур, позволяющий на количественном уровне сравнивать между собой микроструктуры стальной катанки, являющейся продукцией металлургического производства.

Суть развиваемого метода состоит в том, что изображение микроструктуры заменяется множеством характеристик функции плотности распределения межпластиночных расстояний  $d_{пл}$ , которая отражает особенности строения фазовых составляющих микроструктуры. На базе этой функции рассчитываются характеристики микроструктуры, используемые для ее оценки.

Традиционно при определении межпластиночных расстояний не используется функция плотности их распределения по всей микроструктуре [3, 4]. При этом метод включает в себя выбор колоний перлита по фотографиям микроструктур, определение площадей выбранных колоний, определение числа пересечений секущей для каждой колонии, определение среднего видимого межпластиночного расстояния для каждой колонии, определение истинного межпластиночного расстояния по экстраполяционной функции зависимости нарастающей суммы площадей колоний от среднего межпластиночного расстояния. Представленный метод имеет низкий уровень автоматизации и во многом использует субъективные оценки в определении межпластиночных расстояний.

Развитие компьютерных технологий в применении к решению задач анализа микроструктур позволяет снизить роль субъективного фактора за счет увеличения числа анализируемых участков. При этом информативность данного метода существенно повышается. Предлагаемый алгоритм для определения межпластиночных расстояний основан на компьютерной обработке изображения и включает в себя бинаризацию изображений микроструктур исследуемого образца с выбранным порогом, математическую обработку полного изображения микроструктур, определения функции  $H_p(d_{пл})$  плотности распределения доли эвтектоидных колоний по числу межпластиночных расстояний для всех микроструктур образца и значения истинного межпластиночного расстояния  $d_{пл}^{ист}$  на базе значений функции  $H_p(d_{пл})$ .

**Методы исследований.** Для определения функции плотности распределения микроструктуры предлагается следующий математический аппарат. Первоначально изображение представляется в виде множества пикселей  $p_{ij}$ , имеющих различные значения уровней цвета:

$$N_{ij}^0 = 255^2 r + 255g + b,$$

где  $r, g, b \in [0; 255]$  – уровни соответственно красного, зеленого и синего цвета в палитре  $RGB$ ;  $i, j$  – индексы двумерного пространства в интервалах  $1 \leq i \leq L_x, 1 \leq j \leq L_y$ ;  $L_x, L_y$  – размеры изображения в пикселях по осям координат  $X$  и  $Y$  соответственно.

На первом этапе из исходного изображения микроструктуры (множество  $\Omega^0 = \{N_{ij}^0 \in N \mid 0 \leq N_{ij}^0 \leq 16646655\}$ ) при помощи функций пороговой обработки создается полутоновое изображение микроструктуры (множество  $\Omega^1 = \{N_{ij}^1 \in R \mid 0 \leq N_{ij}^1 \leq 1\}$ ) с использованием следующей формулы:

$$N_{ij}^1 = \frac{N_{ij}^0}{\max\{N_{ij}^0\}}. \quad (1)$$

Далее с помощью преобразования изображение трансформируется в вектор длиной  $m$  бинаризованных изображений  $\Omega^2 = \{\Omega_1^2, \Omega_2^2, \dots, \Omega_m^2\}$ , где  $\Omega_k^2 = \{N_{ijk}^2 \mid N_{ijk}^2 = -1 \text{ или } N_{ijk}^2 = 1\}$ :

$$N_{ijk}^2 = \begin{cases} -1, & \text{если } N_{ij}^1 \leq \beta_k, \\ 1, & \text{если } N_{ij}^1 > \beta_k, \end{cases}$$

где  $\beta_k \in \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$  – порог бинаризации,  $k$  – индекс вектора параметров  $\alpha$ , полученных с помощью формулы (2), для которой выполняется условие (3):

$$\alpha_k = \frac{a_k^{-1}}{a_k^1}, \quad (2)$$

$$a_k^{-1} = \sum_{i=1}^{L_x} \sum_{j=1}^{L_y} t_{ijk}, \quad \begin{cases} t_{ijk} = 1, & \text{если } N_{ij}^3 = -1, \\ t_{ijk} = 0, & \text{если } N_{ij}^3 = 1, \end{cases}$$

$$a_k^1 = \sum_{i=1}^{L_x} \sum_{j=1}^{L_y} t_{ijk}, \quad \begin{cases} t_{ijk} = 1, & \text{если } N_{ij}^3 = 1, \\ t_{ijk} = 0, & \text{если } N_{ij}^3 = -1, \end{cases}$$

$$\alpha_k - \frac{\varepsilon}{2} < \alpha^P < \alpha_k + \frac{\varepsilon}{2}. \quad (3)$$

где  $\alpha^P$  – заданное значение,  $\varepsilon$  – отклонение  $\alpha^P$ .

Полученный вектор изображений преобразуется в модифицированное бинаризованное изображение микроструктуры  $\Omega^3 = \{N_{ij}^3 \mid N_{ij}^3 = 0 \text{ или } N_{ij}^3 = 1\}$  таким образом:

$$N_{ij}^3 = \begin{cases} 0, & \text{если } N_{ijk}^2 = -1, \\ 1, & \text{если } N_{ijk}^2 = 1. \end{cases}$$

Затем производится сканирование изображения с целью определения межпластиночных расстояний микроструктуры, которое состоит из нескольких этапов.

1) Поиск базового пикселя  $p_{ij}$ , удовлетворяющего условию  $N_{ij}^3 = 1$ .

2) Вычисление межпластиночного расстояния  $d_{ij}^{пл}$ , содержащего базовый пиксель  $p_{ij}$ :

$$d_{ij}^{пл} = \frac{(d_1 + d_2)(d_3 + d_4)}{\sqrt{(d_1 + d_2)^2 + (d_3 + d_4)^2}},$$

где  $d_1$  – значение, удовлетворяющее следующему условию:

$$\begin{cases} N_{ij+d_1+1} = 0, \\ N_{y+w} = 1, \quad w = \overline{1, d_1}, \end{cases} \quad (4)$$

$d_2$  – значение, удовлетворяющее следующему условию:

$$\begin{cases} N_{(i+d_2+1)j} = 0, \\ N_{(i+w)j} = 1, \quad w = \overline{1, d_2}, \end{cases} \quad (5)$$

$d_3$  – значение, удовлетворяющее следующему условию:

$$\begin{cases} N_{y-d_3-1} = 1, \\ N_{ij-v} = 1, \quad v = \overline{1, a}, \\ N_{y-w} = 0, \quad w = \overline{a+1, d_3}, \end{cases} \quad (6)$$

$d_4$  – значение, удовлетворяющее следующему условию:

$$\begin{cases} N_{(i-d_4-1)j} = 1, \\ N_{(i-v)j} = 0, \quad w = \overline{1, a}, \\ N_{(i-w)j} = 0, \quad w = \overline{a+1, d_4}. \end{cases} \quad (7)$$

Таким образом, вычисление видимого межпластиночного расстояния  $d_{ij}^{\text{пл}}$  базируется на определении четырех расстояний:

расстояние  $d_1$  вниз от базового пикселя  $p_{ij}$  до первого пикселя феррита с условием, что до него все пиксели принадлежат одной цементитной пластине – формула (4);

расстояние  $d_2$  вправо от базового пикселя до первого пикселя феррита с условием, что до него все пиксели принадлежат одной цементитной пластине – формула (5);

расстояние  $d_3$  вверх от базового пикселя до первого пикселя следующей цементитной пластины с условием, что до нее имеется пластина феррита – формула (6);

расстояние  $d_4$  влево от базового пикселя до первого пикселя следующей цементитной пластины с условием, что до нее имеется пластина феррита – формула (7).

В результате будет получено множество расстояний для всех базовых пикселей  $p_{ij}$  изображения  $\Omega^4 = \{d_{ij}^{\text{пл}} \in R\}$ .

Затем производится вычисление функции распределения межпластиночных расстояний микроструктуры  $H(d_{\text{пл}})$ :

$$H(d_{\text{пл}}) = H(d_{\text{пл}}^1) \cup H(d_{\text{пл}}^2) \cup \dots \cup H(d_{\text{пл}}^q),$$

где  $H(d_{\text{пл}}^k) = \sum_{i=1}^{L_1} \sum_{j=1}^{L_2} t_{ij}$ ,

$$\begin{cases} t_{ij} = 1, \text{ если } d_{ij}^{\text{пл}} \in \left[ (k-1) \frac{\max\{d_{ij}^{\text{пл}}\}}{q}, k \frac{\max\{d_{ij}^{\text{пл}}\}}{q} \right], \\ t_{ij} = 0, \text{ если } d_{ij}^{\text{пл}} \notin \left[ (k-1) \frac{\max\{d_{ij}^{\text{пл}}\}}{q}, k \frac{\max\{d_{ij}^{\text{пл}}\}}{q} \right]. \end{cases}$$

где  $q$  – заданное число интервалов,  $k = 1, q$ .

На базе значений функции  $H(d_{\text{пл}})$  производится вычисление нормированной функции распределения межпластиночных расстояний микроструктуры  $H_p(d_{\text{пл}})$ :

$$H_p(d_{\text{пл}}) = H_p(d_{\text{пл}}^1) \cup H_p(d_{\text{пл}}^2) \cup \dots \cup H_p(d_{\text{пл}}^q),$$

где  $H_p(d_{\text{пл}}^k) = H(d_{\text{пл}}^k)/n$ ,  $n = \sum_{l=1}^q H(d_{\text{пл}}^l)$  – число всех видимых межпластиночных расстояний микроструктуры.

Таким образом, используя представленный математический аппарат, можно построить функцию плотности распределения видимых межпластиночных расстояний  $H_p(d_{пл})$ , по которой предлагается рассчитывать истинное межпластиночное расстояние микроструктур образца  $d_{пл}^{ист}$ :

$$d_{пл}^{ист} = \begin{cases} \frac{d_{пл}^k - d_{пл}^1}{n} s_1, & \text{если } H(d_{пл}^{k-1}) > H(d_{пл}^{k+1}), \\ \frac{d_{пл}^k - d_{пл}^1}{n} s_2, & \text{если } H(d_{пл}^{k-1}) \leq H(d_{пл}^{k+1}), \end{cases} \quad (8)$$

где  $H(d_{пл}^k) = \max\{H(d_{пл})\}$ ;  $s_1 = \frac{H(d_{пл}^{k-1}) - H(d_{пл}^{k-1})}{2(H(d_{пл}^k) - H(d_{пл}^{k-1}))}$ ;  $s_2 = \frac{H(d_{пл}^{k-1}) - H(d_{пл}^{k-1})}{2(H(d_{пл}^k) - H(d_{пл}^{k-1}))}$

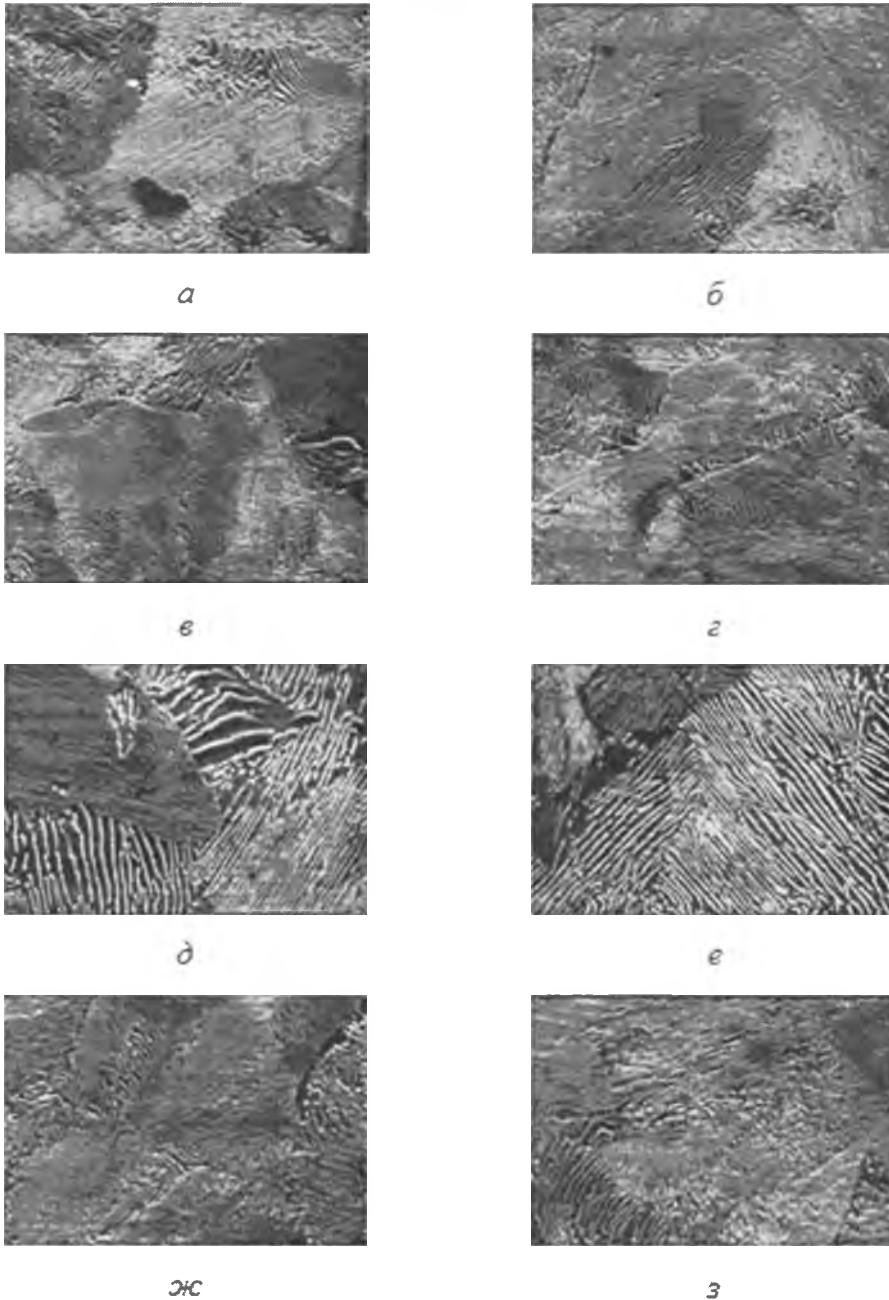


Рис. 1. Микроструктуры перлитной стали для различных участков образцов № 1 (а, б), № 2 (в, г), № 3 (д, е), № 4 (ж, з)

Таким образом, алгоритм обработки микроструктур перлитной стали включает следующие этапы.

Шаг 1. Анализ цветного изображения микроструктуры ( $\Omega^0 = \{N_{ij}^0 \in N \mid 0 \leq N_{ij}^0 \leq 16646655\}$ ).

Шаг 2. Получение полутонового изображения микроструктуры ( $\Omega^1 = \{N_{ij}^1 \in R \mid 0 \leq N_{ij}^1 \leq 1\}$ ).

Шаг 3. Получение  $m$ -мерного вектора бинаризованных изображений микроструктуры ( $\Omega^2 = \{\Omega_1^2, \Omega_2^2, \dots, \Omega_m^2\}$ ).

Шаг 4. Вычисление модифицированного бинаризованного изображения микроструктуры ( $\Omega^3 = \{N_{ij}^3 \mid N_{ij}^3 = 0 \text{ или } N_{ij}^3 = 1\}$ ).

Шаг 5. Определение видимых межпластиночных расстояний микроструктуры ( $\Omega^4 = \{d_{ij}^{пл} \in R\}$ ).

Шаг 6. Расчет функции распределения видимых межпластиночных расстояний микроструктуры  $H(d_{пл})$ .

Шаг 7. Расчет нормированной функции распределения видимых межпластиночных расстояний микроструктуры  $H_p(d_{пл})$ .

Шаг 8. Расчет истинного межпластиночного расстояния микроструктуры  $d_{пл}^{ист}$ .

**Исходные данные.** В качестве объектов обработки изображений для определения межпластиночного расстояния использованы микроструктуры катанки перлитной стали диаметром 5,5 мм, получаемой на РУП «Белорусский металлургический завод». Всего исследовано четыре образца по двум плавкам, для каждого образца имелось по 9-10 фотографий, сделанных на микроскопе с увеличением 4000. Каждый из образцов соответствовал своим технологическим условиям и номеру плавки. На рис. 1 приведены микроструктуры перлитной стали для четырех исследованных образцов.

**Результаты исследования.** Анализ всех представленных микроструктур показывает, что можно выделить несколько групп колоний с различным уровнем дисперсности межпластиночного перлита. С технологической точки зрения это может быть связано с тем, что образцы на различных участках в процессе прохождения металлом технологической цепочки охлаждаются с разной скоростью. Как известно, в зависимости от скорости охлаждения эвтектоидное превращение аустенит→перлит (феррит+цементит) может иметь и другие продукты распада, приводящие к образованию троостита, сорбита и бейнита, которые фактически являются одной из форм эвтектоидного превращения для разных скоростей охлаждения аустенита. На микроструктурах можно выделить различные участки в зависимости от степени осветленности, что связано со сложным пространственным распределением феррита и цементита. Следует отметить, что микроструктуры на рис. 1 различаются между собой, что свидетельствует о статистическом характере распределения параметров микроструктуры, подчиняющегося недетерминированным законам охлаждения заготовки. Образцы катанки изготавливаются из литой заготовки, при этом свойства заготовки и ее структура трансформируются под действием обжатий различного уровня.

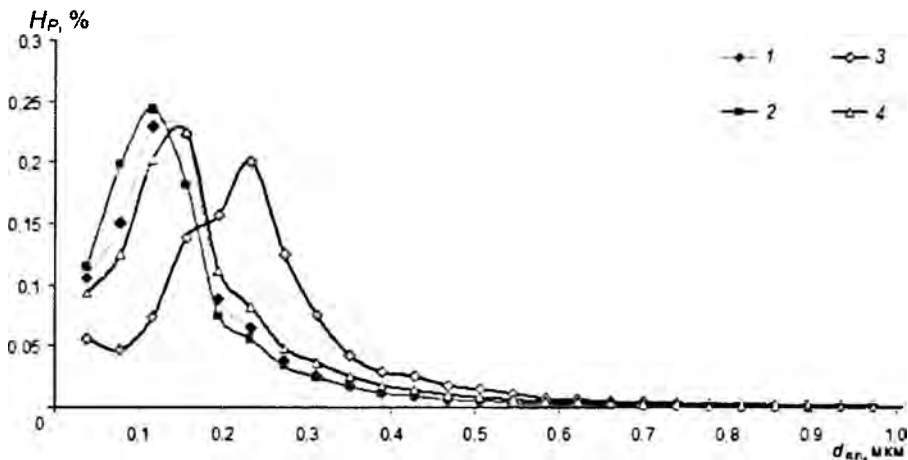


Рис. 2. Функции плотности распределения межпластиночных расстояний эвтектоидных колоний для различных образцов: 1, 2, 3, 4 – образцы № 1, 2, 3, 4 соответственно

Для каждой из этих микроструктур при использовании представленного математического аппарата с помощью специально разработанной программы автоматизированной обработки микроструктур АОМ-1 (разработка Белорусского национального технического университета) [5] рассчитаны функции плотности распределения  $H_P(d_{пл})$ , графики которых приведены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, функции плотности распределения для всех образцов сдвинуты по оси межпластиночных расстояний относительно друг друга, что свидетельствует о различии микроструктур. Так, пики функций распределения расстояний для образцов № 1, 2, 4 с большей дисперсностью перлита находятся левее, т. е. в области меньших расстояний, по сравнению с функциями распределения для образца № 3 с меньшей дисперсностью перлита. Максимум на кривой распределения свидетельствует о преобладании данного межпластиночного расстояния в микроструктуре.

Для исследуемых образцов микроструктур на базе значений полученных функций  $H_P(d_{пл})$  по формуле (8) были определены значения истинного межпластиночного расстояния  $d_{пл}^{ист}$ . В табл. 1 представлены сравнительные значения истинных межпластиночных расстояний, полученных с использованием традиционного и предлагаемого методов. Как видно из таблицы, предлагаемый и традиционный методы позволяют получить достаточно близкие значения по межпластиночным расстояниям в перлите. Следует отметить, что традиционная методика требует для обработки одного образца (микроструктура обрабатывается частично) порядка 2–4 ч работы металловеда, в то время как при использовании предлагаемого метода все фотографии микроструктур обрабатываются за секунды. Ввиду этого преимущество разрабатываемой методики очевидно.

Т а б л и ц а 1. Результаты сравнения значений истинных межпластиночных расстояний для образцов № 1–4

Метод	Значения истинных межпластиночных расстояний образцов $d_{пл}^{ист}$ , мкм			
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Традиционный	0,128	0,130	0,233	0,150
Предлагаемый	0,128	0,131	0,235	0,150

В качестве дополнительных характеристик для микроструктуры на базе рассчитываемой функции распределения  $H_P(d_{пл})$  предлагаются параметры, представленные ниже.

Параметр  $P_2$ , характеризующий видимое межпластиночное расстояние, соответствующее максимуму функции плотности распределения  $H_P(d_{пл})$ .

Параметр  $P_3$ , характеризующий долю цементитных пластин микроструктуры:

$$P_3 = \frac{\sum_{i=1}^{L_x} \sum_{j=1}^{L_y} N_{ij}}{L_x L_y}.$$

Группа параметров  $P_4 - P_{13}$ , характеризующих доли видимых межпластиночных расстояний различного диапазона:

$$P_i = \int_{d_{мин}}^{d_j} H_P(d_{пл}) dd_{пл},$$

где  $d_j = (d_{макс} - d_{мин})j/10$ ,  $i = 4; 13$ ,  $j = i - 3$ ,  $d_{макс}$  и  $d_{мин}$  – максимальное и минимальное межпластиночные расстояния микроструктуры.

Параметр  $P_{14}$ , характеризующий площадь окрестности максимума функции плотности распределения межпластиночных расстояний  $H_P(d_{пл})$ :

$$P_{14} = \int_{P_2-0,1}^{P_2+0,1} H_P(d_{пл}) dd_{пл}.$$

Вышеперечисленные параметры были рассчитаны для тридцати образцов микроструктур с помощью алгоритмов, изложенных выше, каждому образцу были поставлены в соответствие

значения параметров свойств проволоки и катанки. В табл. 2, 3 приведены матрицы коэффициентов корреляций между параметрами микроструктур и свойствами проволоки и катанки.

Т а б л и ц а 2. Матрица корреляций между характеристиками микроструктуры и свойствами проволоки

Характеристика проволоки	Параметр микроструктуры													
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$	$P_8$	$P_9$	$P_{10}$	$P_{11}$	$P_{12}$	$P_{13}$	$P_{14}$
Разрывное усилие	0,12	0,17	0,23	-0,23	0,16	-0,21	-0,15	0,09	0,24	0,23	0,21	0,19	-0,20	-0,10
Относительное удлинение	-0,11	-0,48	-0,66	0,55	-0,46	0,51	0,44	0,04	-0,43	-0,50	-0,51	-0,49	0,53	0,45
Число скручиваний	0,34	0,70	0,29	-0,66	0,69	-0,69	-0,62	-0,16	0,50	0,63	0,67	0,69	-0,66	-0,63
Степень расслоя	-0,39	-0,63	-0,22	0,58	-0,61	0,63	0,51	0,05	-0,51	-0,60	-0,62	-0,63	0,61	0,56

Т а б л и ц а 3. Матрица корреляций между характеристиками микроструктуры и свойствами катанки

Характеристика катанки	Параметр микроструктуры													
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$	$P_8$	$P_9$	$P_{10}$	$P_{11}$	$P_{12}$	$P_{13}$	$P_{14}$
Предел прочности	0,25	-0,03	0,09	-0,03	-0,06	-0,03	0,11	0,34	0,22	0,11	0,04	0,00	0,01	0,15
Относительное сужение	0,15	0,08	0,01	-0,07	0,10	-0,06	-0,07	-0,08	-0,02	0,01	0,04	0,06	0,00	-0,10
Относительное удлинение	-0,26	-0,31	-0,03	0,30	-0,31	0,32	0,23	-0,01	-0,26	-0,30	-0,31	-0,31	0,26	0,20
Минимальное содержание углерода	-0,01	-0,63	-0,45	0,62	-0,64	0,59	0,65	0,37	-0,30	-0,49	-0,57	-0,61	0,58	0,67
Максимальное содержание углерода	-0,25	-0,67	-0,36	0,64	-0,66	0,65	0,61	0,20	-0,44	-0,58	-0,64	-0,66	0,64	0,65
Содержание кремния	0,08	0,28	0,38	-0,28	0,25	-0,31	-0,21	0,06	0,30	0,32	0,30	0,29	-0,34	-0,20
Содержание марганца	-0,01	-0,70	-0,63	0,77	-0,72	0,68	0,76	0,38	-0,38	-0,58	-0,65	-0,68	0,68	0,78
Содержание фосфора	0,12	-0,08	-0,43	0,11	-0,06	0,11	0,06	-0,02	-0,11	-0,12	-0,11	-0,10	0,16	0,15
Содержание серы	0,10	-0,01	0,00	-0,01	-0,01	0,02	0,01	0,04	0,00	-0,02	-0,02	-0,02	0,06	0,05
Содержание хрома	0,06	0,73	0,66	-0,78	0,74	-0,71	-0,77	-0,36	0,42	0,61	0,68	0,71	-0,70	-0,75
Содержание никеля	-0,03	0,51	0,63	-0,56	0,51	-0,50	-0,54	-0,26	0,30	0,44	0,49	0,50	-0,53	-0,59
Содержание меди	0,08	0,24	0,30	-0,22	0,23	-0,22	-0,22	-0,06	0,17	0,21	0,22	0,23	-0,19	-0,13
Содержание алюминия	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Содержание азота	-0,21	0,13	0,00	-0,15	0,17	-0,08	-0,25	-0,36	-0,14	-0,02	0,06	0,10	-0,07	-0,24

Как видно из табл. 2, наиболее сильную взаимосвязь с параметрами микроструктур имеют такие характеристики проволоки, как число ее скручиваний и степень расслоя.

Как видно из табл. 3, характеристики металлургической катанки, которые вносят наибольший вклад в формирование ее микроструктуры, – данные по химическому составу (содержание хрома, содержание марганца, максимальное и минимальное содержание углерода, содержание никеля). Эти характеристики микроструктуры могут быть использованы для исследования свойств металлургических объектов (катанка, проволока). Взаимосвязи между характеристиками микроструктуры и свойствами проволоки (катанки) могут быть использованы для контроля механических свойств, что имеет важное практическое значение в металлургическом производстве.

**Заключение.** Разработаны алгоритмы и программное обеспечение АОМ-1 (автоматизированная обработка микроструктуры) для расчета функций распределения межпластиночных расстояний эвтектоидных колоний перлитной стали, позволяющие автоматизировать процесс обработки микроструктур. Метод позволяет сократить время, автоматизировать процесс определения межпластиночного расстояния, повысить точность в определении наименьшего межпластиночного расстояния. Предложены формулы для количественного описания микроструктур, использующие интегральные зависимости для различных интервалов изменения межпластиночных расстояний, которые могут быть положены в основу исследования взаимосвязей между характеристиками микроструктуры и свойствами сталей в промышленных изделиях (катанка, проволока).

## Литература

1. Чичко А. Н., Сачек О. А., Веденеев А. В., Соболев В. Ф. // Литье и металлургия. 2008. № 4. С. 104–112.
2. Гуляев А. П. Металловедение. М., 1986.
3. Салтыков С. А. Стереометрическая металлография. М., 1970.
4. Ивандитов А. Н., Горбанев А. А. Разработка и освоение технологии производства высококачественной ка-  
танки. М., 1989.
5. АОМ-1: а. с. 085 / А. Н. Чичко, О. А. Сачек, С. Г. Лихоузов, А. В. Веденеев, Е. П. Барадын-  
цева, В. Ф. Соболев / № С20090028, зарег. 16.06.09.

*A. N. CHICHKO, O. A. SACHEK, S. G. LIKHOUZOV, W. F. SOBOLEV, A. W. WEDENEEV*

### **ALGORITHM AND SOFTWARE FOR PROCESSING OF IMAGES OF PEARLITIC STEELS MICROSTRUCTURES**

#### **Summary**

The technique of the computer analysis for calculation of distance between pearlite colonies in the pearlitic steel eutectoid colonies is offered, allowing to automate processing of microstructures. Formulas for a quantitative estimation of the microstructures, using integrated dependences for various intervals of change of distance between pearlite colonies are offered.