

Защитный эффект определяли с помощью прямых коррозионных испытаний в термогидрокамере Г-4 и методом поляризационного сопротивления в 3 %-ном растворе NaCl (без вторичного покрытия): чем больше величина поляризационного сопротивления, тем меньше скорость коррозии.

Как видно из табл. 3, величина поляризационного сопротивления фонового образца существенно меньше, чем на обработанных ПР образцах. После обработки ржавой поверхности таннинным раствором поляризационное сопротивление увеличивается примерно в три раза. Коррозионная стойкость лакокрасочного покрытия "Радуга", нанесенного на обработанную поверхность, также заметно возрастает. Увеличивается время до появления бурых пятен от 5 до 8 сут. Кроме того, отсутствует отслаивание краски, как это наблюдается на фоновом образце. В случае ИФХАН-58ПР происходит значительное увеличение поляризационного сопротивления и защитных свойств лакокрасочных покрытий. Аналогичные результаты ИФХАН-58ПР показывает и с алкидной эмалью "Поли-Р". В этом случае время до появления первых следов коррозии увеличивается до 12 сут.

Коррозионные испытания показали, что применение преобразователя ржавчины ИФХАН-58ПР в качестве подслоя при нанесении ЛКП является

наиболее эффективным способом защиты металлических конструкций, покрытых ржавчиной.

#### Выводы

1. Использование фосфорсодержащей кислоты А в качестве добавки к таннинному ПР позволяет заметно улучшить защитные свойства модифицированной ржавчины в условиях 100 %-ной влажности при периодической конденсации влаги на покрытии.

2. На стали с модифицированной таким ПР ржавчиной коррозия замедляется за счет существенного торможения как анодных, так и катодных реакций.

3. При совместном использовании разных ПР и алкидных лакокрасочных покрытий наиболее эффективным праймером является нейтральный таннинный раствор, включающий в себя фосфорсодержащий ингибитор коррозии (ИФХАН-58ПР).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенфельд И. Л., Рубинштейн Ф. И., Жигалова К. А. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями. М.: Химия, 1987. 224 с.
2. Войтович В. А. Преобразователи ржавчины, их прошлое и настоящее // Коррозия: материалы, защита. 2005. № 10. С. 32–37.
3. Кузнецов Ю. И., Иванов. Е. Об ингибировании коррозии железа в таннинных составах // Защита металлов. 1991. Т. 27. № 3. С. 9.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И КОРРОЗИОННЫЙ МОНИТОРИНГ

УДК 620.193

### Выбор экстраполирующей функции для оценки глубины коррозионных повреждений

К. Р. Таранцева, д-р техн. наук, проф., О. А. Логвина, канд. техн. наук, доц.

Пензенская государственная технологическая академия

E-mail: kr@pgta.ac.ru

Статья поступила в редакцию 13.03.2009.

Для снижения риска принятия необоснованного решения при выборе экстраполирующей функции для оценки глубины коррозионных повреждений предложен критерий, в качестве которого рассмотрена общая допускаемая ошибка, складывающаяся из ошибки, возникающей при описании экспериментальных данных конкретной функцией и ошибки вычисления. Предложенный подход проверен для наиболее часто используемых при оценке глубины питтингов экстраполирующих функций различного типа как для функций одного аргумента, так и для функций многих переменных.

**Ключевые слова:** глубина питтинга, экстраполирующая функция, ошибка вычисления.

**Д**ля оценки ожидаемой глубины коррозионных повреждений через определенный период эксплуатации конструкции на основании имеющихся данных, полученных на меньшем интервале времени, прибегают к экстраполяции.

При этом выбор экстраполирующей функции во многом зависит от интуиции прогнозиста. Для снижения риска принятия необоснованного решения необходимо определить критерии выбора экстраполирующей функции. Одним из таких крите-

риев может стать общая допустимая ошибка, складывающаяся из ошибки, возникающей при описании экспериментальных данных конкретной функцией, и ошибки вычисления.

Нами предложен такой подход для наиболее часто используемых при оценке глубины питтингов  $h$  экстраполирующих функций типа (1)–(5) [1, 2] как для функции одного аргумента (времени), так и для функции многих переменных:

$$h = ae^{-bt}, \quad (1)$$

$$h = ate^{-bt}, \quad (2)$$

$$h = at^b e^{-ct}, \quad (3)$$

$$h = kt^b, \quad (4)$$

$$h = a_1 t^{b_1} e^{-c_1 t} + a_2 t^{b_2} e^{-c_2 t}. \quad (5)$$

Функции вида (1), (2) и (4), безусловно, менее точно описывают происходящий процесс, однако могут быть применены для описания процесса в течение некоторого промежутка времени, так как питтинги репассивируются. В то же время данные функции гораздо проще для применения, поскольку содержат всего два параметра.

Функция вида (3) представляется оптимальной с точки зрения соотношения сложность/точность. Функция (5) наиболее точно описывает происходящий процесс, однако она и наиболее сложная, поскольку имеет 6 параметров.

В связи с этим в зависимости от поставленных целей при решении конкретной задачи возможен выбор любой из рассматриваемых функций.

Разложение функций в ряд было взято как единственный реальный, на наш взгляд, вариант приведения всех предложенных функций к некоторому единообразию. Для перехода от функции одной переменной к функции нескольких переменных использовали разложение исходных функций (1)–(5) в ряды [3–7].

**Функция вида  $h = ae^{-bt}$ .**

а) Для одного переменного функция  $h = ae^{-bt}$  может быть представлена рядом  $h = a \sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k b^k t^k}{k!}$ , при этом погрешность вычисления по абсолютной величине составит

$$|R_{(1)}| \leq ab^{k+1} \frac{t^{k+1}}{(k+1)!}.$$

б) Если на процесс развития питтинга влияют несколько параметров коррозионной системы, возможно рассмотрение влияния их на погрешность вычисления. Для оценки влияния  $m$  различных (независимых) параметров можно рассматри-

вать  $m$  функций  $h_1 = a_1 e^{-b_1 t_1}, \dots, h_m = a_m e^{-b_m t_m}$  или суммарную функцию

$$h = \sum_{j=1}^m h_j = \sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k}{k!} \left[ \sum_{j=1}^m a_j b_j^k t_j^k \right].$$

В этом случае погрешность вычисления может быть определена как:

$$|R_{m(1)}| \leq \frac{1}{(k+1)!} \sum_{j=1}^m a_j b_j^{k+1} t_j^{k+1}.$$

**Функция вида  $h = ate^{-bt}$ .**

а) Для одного аргумента она представлена рядом:

$$h = a \sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k b^k t^{k+1}}{k!}.$$

Погрешность вычисления составит

$$|R_{(2)}| \leq a \frac{b^{k+1}}{(k+1)!} t^{k+2}.$$

б) Для  $m$  различных (независимых) параметров  $h_1 = a_1 t_1 e^{-b_1 t_1}, \dots, h_m = a_m t_m e^{-b_m t_m}$  суммарная функция будет иметь вид

$$h = \sum_{j=1}^m h_j = \sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k}{k!} \sum_{j=1}^m a_j b_j^k t_j^{k+1},$$

а погрешность

$$|R_{m(2)}| \leq \frac{1}{(k+1)!} \sum_{j=1}^m a_j b_j^{k+1} t_j^{k+2}.$$

**Функция вида  $h = at^b e^{-ct}$ .**

а) Для функции одного аргумента

$$h = a \sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k c^k t^{k+b}}{k!}, \quad t > 0.$$

Погрешность вычисления:

$$|R_{(3)}| \leq a \frac{c^{k+1}}{(k+1)!} t^{k+b+1}.$$

б) Для  $m$  независимых условий можно рассматривать  $m$  различных функций  $h_1 = a_1 t_1^{b_1} e^{-c_1 t_1}, \dots, h_m = a_m t_m^{b_m} e^{-c_m t_m}$  суммарная функция

$$h = \sum_{j=1}^m h_j = \sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k}{k!} \sum_{j=1}^m a_j c_j^k t_j^{k+b_j},$$

а погрешность вычисления:

$$|R_{m(3)}| \leq \frac{1}{(k+1)!} \sum_{j=1}^m a_j c_j^{k+1} t_j^{k+1+b_j}.$$

Функция вида  $h = kt^g$ , где  $t > 0$ ;  $0 < g \ll 1$ .  
Введем аргумент  $\alpha$ , для которого  $g = 1 - \alpha$ , т. е.  
 $0 \ll \alpha < 1$ .

а) Для функции одного аргумента

$$h = kt^{1-\alpha}$$

получаем разложение функции в виде:

$$h = \sum_{i=0}^n (-1)^i \frac{k}{i!} (\alpha - 1) \cdot \alpha \cdot \dots \cdot (\alpha + i - 2) (t - 1)^i$$

Погрешность вычисления по этой формуле:

$$|R_{(4)}| \leq \frac{k}{(i+1)!} \cdot (\alpha - 1) \cdot \alpha \cdot \dots \cdot (\alpha + i - 1) \cdot |t - 1|^{i+1}$$

б) Для  $m$  различных функций:  $h_1 = k_1 t_1^{g_1} \dots$

$h_m = k_m t_m^{g_m}$ , суммарная функция:

$$h = \sum_{j=1}^m k_j \sum_{i=0}^n \frac{(-1)^i}{i!} (\alpha_j - 1) \cdot \alpha_j \cdot (\alpha_j + 1) \cdot \dots \cdot (\alpha_j + i - 2) (t_j - 1)^i$$

Погрешность вычислений:

$$|R_{m(4)}| \leq \frac{1}{(i+1)!} \sum_{j=1}^m k_j (\alpha_j - 1) \cdot \alpha_j \cdot (\alpha_j + 1) \cdot \dots \cdot (\alpha_j + i - 1) |t_j - 1|^{i+1}$$

$$\text{Функция вида } h = a_1 t^{b_1} e^{-c_1 t} + a_2 t^{b_2} e^{-c_2 t}$$

Для  $m$  функциональных зависимостей вида (5):

$$h_1 = a_{11} t_{11}^{b_{11}} e^{-c_{11} t_{11}} + a_{12} t_{12}^{b_{12}} e^{-c_{12} t_{12}}; \dots;$$

$$h_m = a_{m1} t_{m1}^{b_{m1}} e^{-c_{m1} t_{m1}} + a_{m2} t_{m2}^{b_{m2}} e^{-c_{m2} t_{m2}}$$

суммарная функция будет иметь вид

$$h = \sum_{j=1}^m h_j = \sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k}{k!} \sum_{j=1}^m [a_{j1} b_{j1}^k t_{j1}^k + a_{j2} b_{j2}^k t_{j2}^k],$$

где погрешность

$$|R_{(5)}| \leq \frac{1}{(k+1)!} \sum_{j=1}^n [a_{j1} c_{j1}^{k+1} t_{j1}^{k+1+b_{j1}} + a_{j2} c_{j2}^{k+1} t_{j2}^{k+1+b_{j2}}]$$

Из приведенных зависимостей видно, что при вычислении по формулам вида (3) и (5) получаемая ошибка имеет один порядок величины, более того, можно считать, что  $|R_{(3)}| = C|R_{(5)}|$ , где  $1 \leq C \leq 2$ .  
Формулы (1) и (2) и (4) дают значительно меньшую точность вычисления.

С точки зрения погрешности прогнозирования развития питтинга, рассматриваемая погрешность — только одна из составляющих, тем не менее, имеющая определенное значение, которое

1. Ошибка, возникающая из-за неадекватности моделей (1) — (4) при описании средней глубины питтинга на различных нержавеющих сталях в электролите 2 %  $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4) \cdot 12\text{H}_2\text{O} + 3\% \text{NH}_4\text{Cl}$

Марка стали	Вид функции			
	$h = ae^{-bt}$	$h = ate^{-bt}$	$h = at^p e^{-ct}$	$h = kt^g$
X18H12M3T	$h = 0,4596e^{-0,0587t}$ 0,127*	$h = 0,1630te^{-0,0431t}$ 0,00875	$h = 0,2206t^{0,7741} e^{-0,0238t}$ 0,00451	$h = 0,1010t^{0,5283}$ 0,0122
X28	$h = 0,4405e^{-0,0375t}$ 0,0842	$h = 0,2311te^{-0,0827t}$ 0,0211	$h = 0,3250t^{0,6262} e^{-0,0429t}$ 0,00128	$h = 0,3757t^{0,3088}$ 0,0236
X18H12M2T	$h = 0,3975e^{-0,0384t}$ 0,052	$h = 0,1819te^{-0,0786t}$ 0,0255	$h = 0,2947t^{0,5327} e^{-0,0300t}$ 0,0000553	$h = 0,3267t^{0,3177}$ 0,00939
X18H9T	$h = 0,3505e^{-0,0443t}$ 0,0272	$h = 0,1630te^{-0,0735t}$ 0,0231	$h = 0,2809t^{0,4399} e^{-0,0136t}$ 0,00000159	$h = 0,2936t^{0,3418}$ 0,00132
X18H11B	$h = 0,3441e^{-0,0442t}$ 0,0254	$h = 0,1526te^{-0,0706t}$ 0,0220	$h = 0,2751t^{0,4284} e^{-0,0117t}$ 0,000199	$h = 0,2865t^{0,3431}$ 0,00117
X18H12M2B	$h = 0,3451e^{-0,0303t}$ 0,0231	$h = 0,1661te^{-0,0907t}$ 0,0241	$h = 0,2893t^{0,4188} e^{-0,0274t}$ 0,000833	$h = 0,3058t^{0,2358}$ 0,00539
X17	$h = 0,3199e^{-0,0317t}$ 0,0185	$h = 0,1218te^{-0,0765t}$ 0,00894	$h = 0,2062t^{0,5482} e^{-0,0326t}$ 0,000118	$h = 0,2459t^{0,2923}$ 0,00445
1X13	$h = 0,2755e^{-0,0314t}$ 0,00243	$h = 0,1117te^{-0,0795t}$ 0,0329	$h = 0,2592t^{0,1658} e^{-0,0084t}$ 0,00000614	$h = 0,2543t^{0,2207}$ 0,000298

\* В нижнем ряду приведено значение ошибки.

желательно учитывать при выборе конкретной формулы.

Рассмотрим ошибки, возникающие при использовании экстраполяционных функций (1)–(4) для оценки глубины питтингов на нержавеющей стали в хлоридных растворах. В табл. 1 показана среднеквадратическая ошибка, возникающая при описании экспериментальных данных [2] функциями вида (1)–(4) для восьми нержавеющей сталей. Из приведенных в таблице данных видно, что функции вида (1)–(3) достаточно адекватно описывают процесс роста питтингов.

В табл. 2 показана ошибка вычислений средней глубины питтинга на стали 08X18H9T при исполь-

зовании различных функций. Видно, что точность для функции вида (4) на несколько порядков ниже, чем для функций (1)–(3), причем функция (3) отличается наибольшей точностью.

В то же время из приведенных в табл. 3 данных хорошо видно, что для простых экспериментальных зависимостей ошибки одинаковы, а для более сложных зависимостей точность применения формулы вида (5) может быть существенно выше.

Таким образом, при выборе экстраполирующей функции необходимо производить оценку общей допустимой ошибки с целью получения максимальной точности при переходе к использованию обобщающей функции нескольких переменных.

2. Погрешность вычисления по функциональным зависимостям (1)–(4) средней глубины питтинга на стали X18H9T в электролите 2 % FeNH<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 12H<sub>2</sub>O + 3 % NH<sub>4</sub>Cl

Используемая функциональная зависимость	Ошибка вычисления	
	k слагаемых	5 слагаемых
$h = 0,3505e^{-0,0443t}$	$R_{(1)} \leq 0,3505 \cdot (0,0443)^{k+1} \frac{t^{k+1}}{(k+1)!}$	$R_{(1)} \leq 2,12 \cdot 10^{-11} \cdot t^6$
$h = 0,163te^{-0,0735t}$	$R_{(2)} \leq 0,163 \cdot (0,0735)^{k+1} \frac{t^{k+2}}{(k+1)!}$	$R_{(2)} \leq 2,056 \cdot 10^{-9} \cdot t^7$
$h = 0,2809t^{0,4399}e^{-0,0136t}$	$R_{(3)} \leq 0,2809 \cdot (0,0136)^{k+1} \frac{t^{k+1+0,4399}}{(k+1)!}$	$R_{(3)} \leq 1,18 \cdot 10^{-14} \cdot t^{6,4379}$
$h = 0,2936t^{0,3418}$	$R_{(4)} \leq \frac{0,2936}{(k+1)!} \cdot 0,3418 \cdot 0,6582 \cdot \dots \cdot 5,6582 \cdot (t-1)^{k+1}$	$R_{(4)} \leq 0,28 \cdot 10^{-1} \cdot (t-1)^6$

3. Погрешность вычисления по функциональным зависимостям (3) и (5) средней глубины питтинга на различных нержавеющей сталей в электролите 2 % FeNH<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 12H<sub>2</sub>O + 3 % NH<sub>4</sub>Cl

Марка стали	Функция	Ошибка вычисления σ	Функция	Ошибка вычисления σ
	$h = at^b e^{-ct}$		$h = a_1 t^{b_1 - c_1 t} + a_2 t^{b_2} e^{-c_2 t}$	
X18H12M3T	$h = 0,2206t^{0,7741}e^{-0,0238t}$	$4,51 \cdot 10^{-3}$	$h = 0,2756t^{0,9532}e^{-0,2078t} + 0,0765t^{0,7948}e^{-0,0002t}$	$3,88 \cdot 10^{-17}$
X28	$h = 0,3250t^{0,6262}e^{-0,0429t}$	$1,28 \cdot 10^{-5}$	$h = 0,2756t^{0,9532}e^{-0,2078t} + 0,0765t^{0,7948}e^{-0,0002t}$	$3,88 \cdot 10^{-17}$
X18H12M2T	$h = 0,2947t^{0,5327}e^{-0,03t}$	$5,53 \cdot 10^{-6}$	$h = 0,1451t^{0,57}e^{-0,0142t} + 0,1513t^{0,5748}e^{-0,0729t}$	$5,89 \cdot 10^{-19}$
X18H9T	$h = 0,2809t^{0,4399}e^{-0,0136t}$	$1,59 \cdot 10^{-6}$	$h = 0,1407t^{0,4447}e^{-0,0262t} + 0,1405t^{0,4453}e^{-0,0049t}$	$3,32 \cdot 10^{-17}$
X18H11Б	$h = 0,2751t^{0,4284}e^{-0,0117t}$	$1,99 \cdot 10^{-4}$	$h = 0,1375t^{0,4281}e^{-0,0116t} + 0,1376t^{0,4284}e^{-0,0116t}$	$1,99 \cdot 10^{-4}$
X18H15M2Б	$h = 0,2893t^{0,4188}e^{-0,0274t}$	$8,33 \cdot 10^{-4}$	$h = 0,1001t^{0,4976}e^{-0,0061t} + 0,2024t^{0,5718}e^{-0,1219t}$	$6,86 \cdot 10^{-16}$
X17	$h = 0,2062t^{0,5482}e^{-0,0326t}$	$1,18 \cdot 10^{-4}$	$h = 0,1289t^{0,1658}e^{-0,0084t} + 0,1289t^{0,1658}e^{-0,0084t}$	$8,70 \cdot 10^{-17}$
1X13	$h = 0,2579t^{0,1658}e^{-0,0084t}$	$6,14 \cdot 10^{-6}$	$h = 0,2579t^{0,1658}e^{-0,0084t}$	$6,14 \cdot 10^{-6}$

Для описания зависимости глубины питтингов от времени более точными являются функции вида (5), которые дают столь малую ошибку при сложных экспериментальных зависимостях, что ею во многих случаях можно пренебречь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фрейман Л. И. О кинетике развития питтингов // Итоги науки и техники. Сер. Коррозия и защита от коррозии. Т. 11. М.: ВИНТИ, 1985. С. 3—71.
2. Розенфельд И. Л. Коррозия и защита металлов (локальные коррозионные процессы). М.: Металлургия, 1970. 448 с.
3. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Под ред. Г. Корн. М.: Наука, 1978. 832 с.
4. Таранцева К. Р., Логвина О. А. Методика комплексной оценки глубины коррозионных повреждений оборудования и со-

оружений // Сб. тр. Четвертой Всерос. науч. Интернет-конф. Компьютерные технологии и моделирование в естественных науках и гуманитарной сфере. Вып. 22. Тамбов: ТГУ, 2002. С. 12—14.

5. Таранцева К. Р. Комплексная оценка питтингостойкости оборудования и сооружений // Мат. 7 Всерос. практ. конф. Техносферная безопасность. Ростов-на-Дону: РГСУ, 2002. С. 119—122.
6. Таранцева К. Р., Логвина О. А. Методика оценивания многопараметрических зависимостей при исследовании коррозионных процессов // Мат. Междунар. науч. конф. Динамика процессов в природе, обществе и технике — информационные аспекты. Т. 2. Таганрог: ТРТУ, 2003. С. 66—71.
7. Таранцева К. Р., Логвина О. А. Определение многопараметрических зависимостей при исследовании питтинговой коррозии // Мат. XVI Междунар. науч. конф. Математические методы в технике и технологиях. Т. 8. Ростов-на-Дону: РГАСХМ, 2003. С. 126—127.

ИНФОРМАЦИЯ

7-я Международная специализированная выставка "АНТИКОР И ГАЛЬВАНОСЕРВИС"

С 13 по 15 мая 2009 года во Всероссийском Выставочном Центре состоялась 7-я Международная специализированная выставка "АНТИКОР И ГАЛЬВАНОСЕРВИС".

Выставка является самым представительным форумом в России по противокоррозионной защите, гальванотехнике и обработке поверхности. В работе выставки ежегодно принимают участие ведущие научно-производственные компании и организации, специализирующиеся в этой области.

Организаторы выставки: ВНИИКоррозии, ГНЦ РФ ЦНИИЧермет им. И. П. Бардина, НКП "ЦРЦ", НПО "Рокор", ФГУП НИЦ "Строительство" — НИИЖБ, Институт физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН, ВПО "Государственный технологический университет "Московский институт стали и сплавов", НПП "ЭКОМЕТ" "НИФХИ им. Л. Я. Карпова", "Ассоциация КАРТЭК", ОАО "ВНИИСТ", ГАО ВВЦ, "РВК "ЭКСПО-ДИЗАЙН".

В выставке принимали участие ведущие предприятия в области защиты от коррозии и гальванотехники, представившие широкий спектр научно-технической продукции: от лабораторных исследований до промышленных технологий защиты, приборов, оборудования, коммуникаций, зданий и сооружений. Представлены новейшие методы гальванической и противокоррозионной обработки в нефтегазодобывающей, нефтехимической и химической промышленности, энергетике, строительстве, машиностроительных отраслях.

Основные тематические разделы выставки:

- методы коррозионного мониторинга и диагностики;
- коррозионно-стойкие стали и сплавы, биметаллы;
- полимерные и лакокрасочные покрытия;
- коррозионно-стойкие неметаллические материалы, гуммировки и футеровки;
- электрохимическая защита;
- ингибиторы коррозии;
- современные технологические процессы электроосаждения металлов;
- оборудование, приборы и материалы для гальванических производств;
- защита от коррозии строительных конструкций;
- защита от коррозии энергетического оборудования и трубопроводов;
- защита от коррозии авиационно-космической техники;
- современные технологии оборудования для цинкования.

В рамках выставки прошла Международная научно-практическая конференция "Современные методы и технологии защиты от коррозии" с выдачей свидетельств о повышении квалификации.

Журнал "Коррозия: материалы, защита", как и ранее, обеспечивал информационную поддержку выставки.

А. А. Чиркунов —  
Институт физической химии и электрохимии  
им. А. Н. Фрумкина РАН, Москва

Учредитель журнала ООО "Наука и технологии". Журнал зарегистрирован Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № 77-14180 от 20 декабря 2002 г. Редактор <i>Творогов А. Н.</i> Оригинал-макет и электронная версия изготовлены в ООО "Авансд Солюзнз".
Слано в набор 20.04.2009. Подписано в печать 26.05.2009. Формат 60×88 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> . Печать цифровая. Усл.-печ. л. 5,88. Уч.-изд. л. 6,83. Тираж 200 экз.
Отпечатано в ООО "Сид"