

реперным точкам, а специальная система будет изменять скорость вращения вентиляторов в зависимости от показаний системы мониторинга.

Система позволяет с минимальными доработками существующих способов аэрогенного охлаждения уменьшить температуру стабилизации термонагруженных элементов, в результате чего повысить надежность и стабильность работы компьютерных систем, за счет нормализации поступления и отвода теплоносителя от теплоотвода.

ОПЕРАТОР ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ТПК

О.В. Карпов

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

На этапе рабочего прогнозирования показателей качества электrorадиоизделий (ЭРИ) требуются конкретные операторы индивидуального прогнозирования (ИП). Они должны учитывать не только конструктивно-технологические особенности данного типа

ЭРИ, но и назначение аппаратуры в которой они используются, условия ее эксплуатации и ряд других факторов. Несмотря на большое количество работ по ИП, в них почти нет описания операторов прогнозирования и конкретных частных моделей.

Рассмотрим создание операторов прогнозирования для четырех методов прогнозирования (регрессионные модели, экстраполяция, метод дискриминантных функций-МДФ и метод потенциальных функций-МПФ) на примере выборки конденсаторов (см. табл. 1). В качестве параметра качества была использована величина дрейфа емкости $\Delta C/C$ (временная стабильность). Она в дальнейшем использовалась в качестве прогнозируемого параметра. В качестве информативных параметров (признаков) были использованы: величина отклонения тангенса угла диэлектрических потерь $\Delta \text{tg} \delta$ от наименьшего значения, характерного для данной структуры и произведение $\Delta C \cdot \Delta \text{tg} \delta$.

В качестве инструмента для разработки был использован программный комплекс «Прогнозирование», который позволяет проводить обучающий эксперимент, прогнозирование, выбор информативных параметров, создание операторов прогнозирования с использованием четырех методов. Возможность вывода информации в графическом виде позволяет наглядно оценить качество прогнозирования, корреляцию между признаками и принадлежность классов (см. рис. 1). Различные классы выделены двумя областями.

Предварительно выборка была подвергнута нормировке по математическому ожиданию каждого признака и прогнозируемого

параметра. По результатам обучающего эксперимента, обучения и экзамена были отобраны следующие операторы ИП:

Для **МДФ** (рис. 2, а): $P_g = \Delta C/C + 0,417 * \Delta tg\delta + 0,517 * [\Delta \varepsilon * \Delta tg\delta]$
 $P_g(\text{оптим})=17$; $P_{\text{ош}}=0,04$.

Для **МПФ** (рис. 2, б) понятие оператора прогнозирования не имеет смысла, но для сравнения можно привести качественную оценку данного метода для сравнения с другими на примере одной и той же выборки: $P_r(\text{оптим})=0,01$; вероятность ошибки: $P_{\text{ош}}=0,025$.

Для метода **регрессионных моделей** (рис. 2, в):

Модель: $\Delta C/C = 1,98 + 19,75 * \Delta tg\delta + 0,47 * [\Delta \varepsilon * \Delta tg\delta]$; - $P(\text{оптим})=13,2$
 $P_{\text{ош}}=0,06$. Математическое ожидание ошибки: $M_{\text{ош}} = -3,69E-15$. Дисперсия ошибки $D_{\text{ош}} = 10,48319$.

Для **экстраполяции (логарифмическая модель)** (рис. 2, г):

Модель: $\Delta C/C = 0,45 + 0,157 * \ln(t+1)$; $P(\text{оптим})=-0,8$; $P_{\text{ош}}=0,12$.
 Математическое ожидание ошибки: $M_{\text{ош}} = 0,004$. Дисперсия ошибки $D_{\text{ош}} = 0,007$.

Экстраполяция (дробная модель №2) (рис. 2, д):

Модель: $\Delta C/C = t / (-414,61 - 0,9714 * t)$; $P(\text{оптим})=-0,78$; $P_{\text{ош}}=0,08$.
 Математическое ожидание ошибки: $M_{\text{ош}} = 0,006$. Дисперсия ошибки $D_{\text{ош}} = 0,078$.

Следовательно, данные операторы можно использовать для проведения ИП стабильности новых выборок элементов с такими же параметрами конструктивно-технологического варианта исполнения.

Таблица 1. Параметры выборки конденсаторов

N	класс	$\Delta C/C$	$\Delta tg(\sigma)$	$\Delta \varepsilon * \Delta tg(\sigma)$
1	2	18	0,75	13,5
2	2	21	0,61	12,81
3	1	3,6	0,12	0,432
4	1	7,2	0,27	1,944
5	1	10	0,32	3,2
6	2	23	0,61	14,03
7	2	19	0,58	11,02
8	1	8	0,3	2,4
9	1	8,2	0,24	1,968
10	1	4,8	0,18	0,864
11	1	5,6	0,22	1,232
12	1	4,2	0,21	0,882
13	1	6	0,28	1,68
14	1	9	0,36	3,24

Окончание табл. 1

15	2	22,4	0,38	8,512
16	1	8	0,24	1,92
17	2	20	0,62	12,4
18	2	22	0,7	15,4
19	2	21	0,29	6,09
20	1	10	0,27	2,7
21	1	7,3	0,18	1,314
22	1	6	0,15	0,9
23	1	6,4	0,14	0,896
24	1	13	0,41	5,33
25	1	4,1	0,17	0,697
26	1	8,3	0,28	2,324
27	2	19	0,59	11,21
28	2	29	0,73	21,17
29	2	15	0,62	9,3
30	1	11	0,54	5,94
31	2	18,1	0,73	13,213
32	2	19	0,52	9,88
33	2	18,3	0,51	9,333
34	1	11	0,4	4,4
35	2	18,5	0,81	14,985
36	2	20,6	0,53	10,918
37	2	12	0,62	7,44
38	1	8,6	0,22	1,892
39	1	9,9	0,2	1,98
40	1	6,2	0,21	1,302
41	2	20,2	0,48	9,696
42	2	20,8	0,68	14,144
43	1	5,6	0,3	1,68
44	1	6	0,32	1,92
45	1	8,1	0,39	3,159
46	2	10,7	0,34	3,638
47	2	21,2	0,58	12,296
48	2	23	0,47	10,81
49	2	19,4	0,63	12,222
50	1	11	0,35	3,85

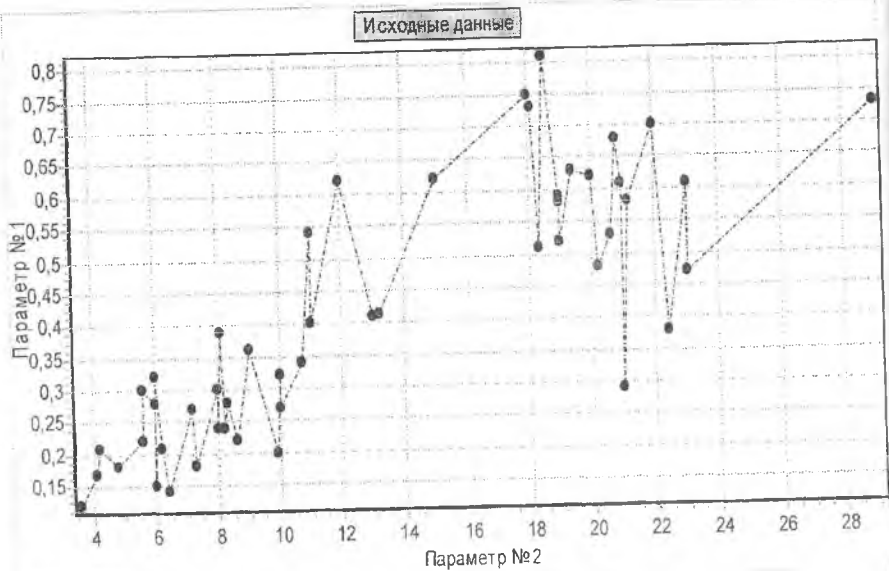


Рис. 1, а. Распределение $\Delta Ig\delta(\Delta C/C)$

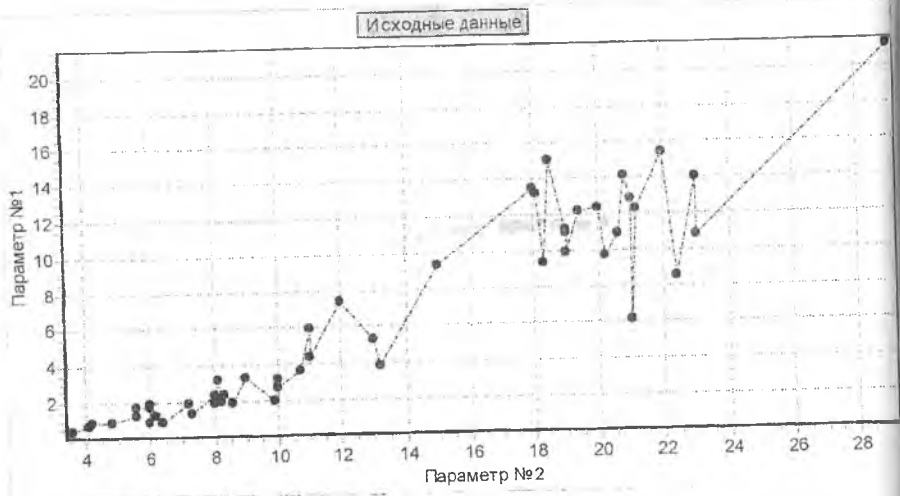
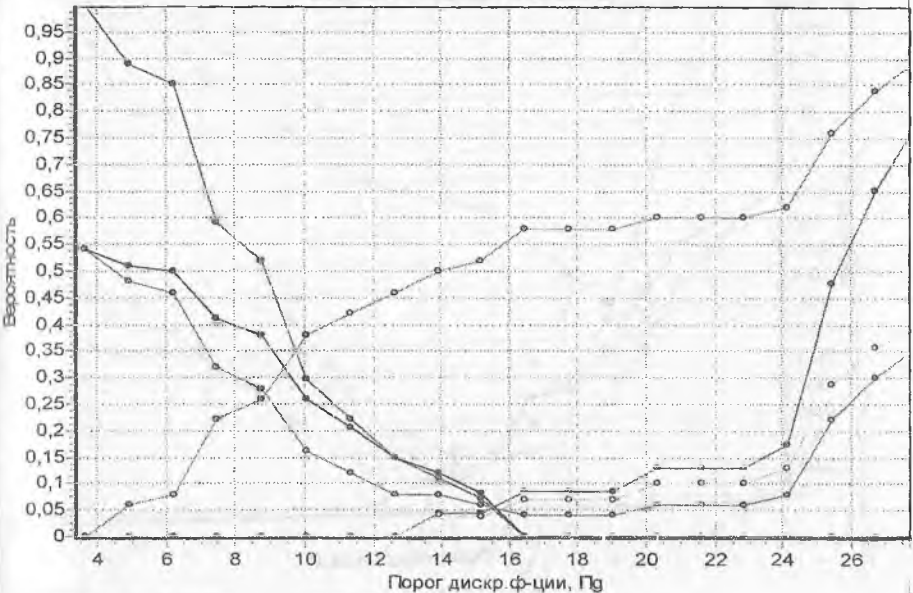


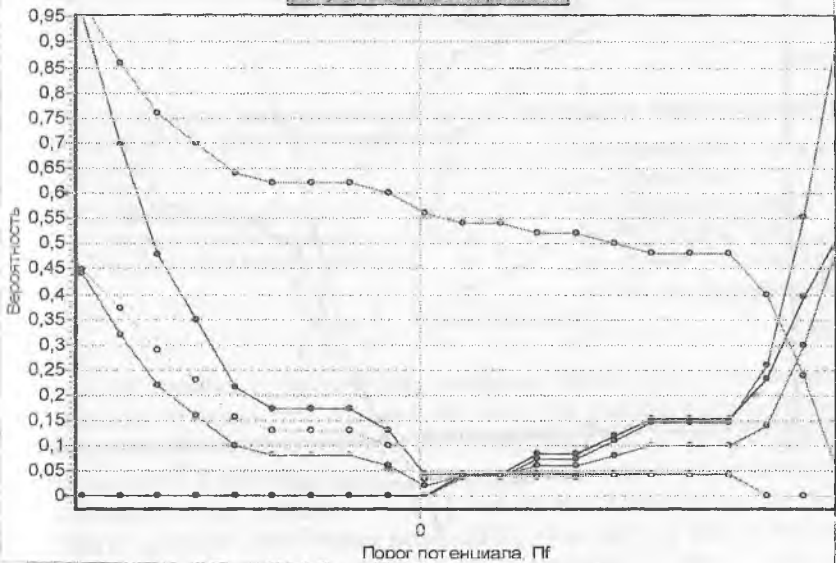
Рис. 1, б. Распределение $\Delta \varepsilon \cdot \Delta Ig\delta(\Delta C/C)$

Результаты прогнозирования



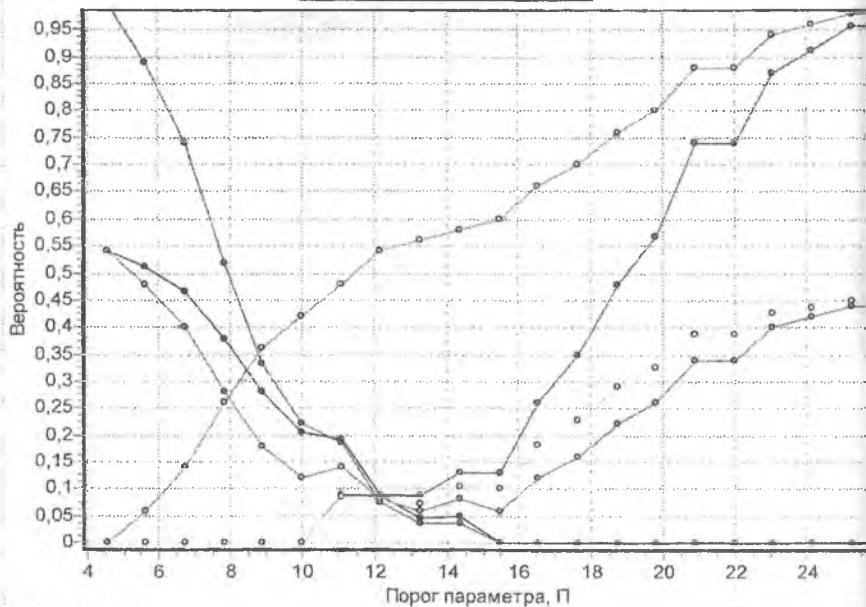
а)

Результаты прогнозирования



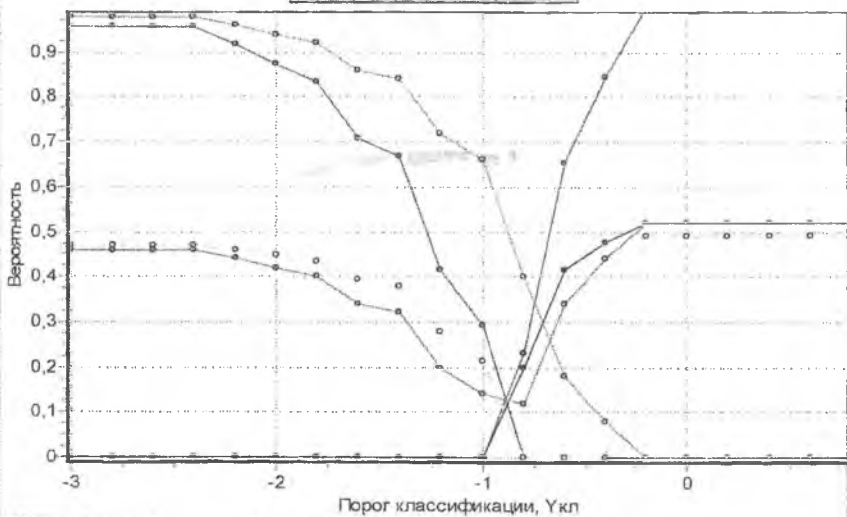
б)

Результаты прогнозирования



в)

Результаты прогнозирования



г)

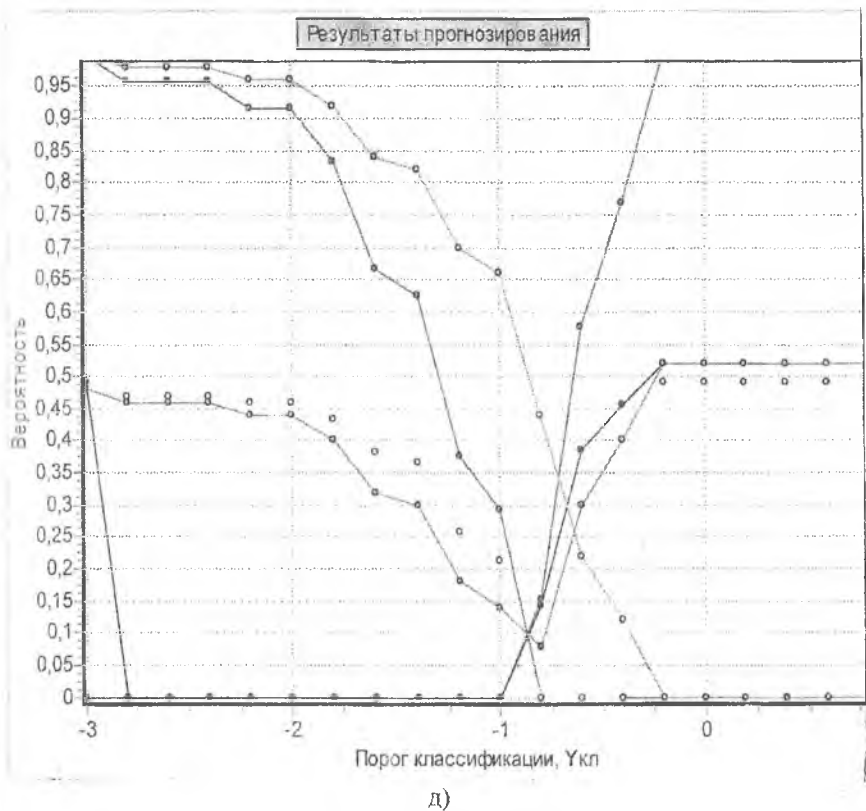


Рис. 2. Результаты прогнозирования различными методами для выборки конденсаторов (графики получены в программе «Прогнозирование»):

- | | |
|---|---------------------------------------|
| а — МДФ; | —●— $P(\text{реш}K2/K1)$ |
| б — МПФ; | —○— $P(\text{реш}K1/K2)$ |
| в — регрессионные модели; | ○ $P(K2/\text{реш}K1)$ р.потр. |
| г — экстраполяция (логарифмическая модель); | —■— $P(K1/\text{реш}K2)$ р.изг. |
| д — экстраполяция (дробная модель); | —○— $P(\text{реш}K1)$ годн.по прог. |
| | —○— $P(\text{принятия ошибок. реш.})$ |

Анализ моделей и выводы

Если подойти к рассмотрению используемых методов с точки зрения трудоемкости, то получится, что все они являются равноценными. Поэтому негдет вопрос о точности и качестве прогнозирования. Оценить качество прогнозирования и сравнить несколько методов позволяют такие показатели как: математическое ожидание $M_{\text{ош}}$ и дисперсия ошибки $D_{\text{ош}}$, а также вероятность принятия ошибочных решений $P_{\text{ош}}$ (см. табл. 2). Из проведенных экспериментов видно, какой из методов дает меньшую

вероятность принятия ошибочных решений в зависимости от типа нормирования. Наиболее оптимальным видом первоначального преобразования является нормирование по матожиданию с последующим центрированием.

Таблица 2. Параметры качества прогнозирования

Характеристика (при оптимальном пороге)	Метод прогнозирования								
	Регрессионные модели			МДФ			МДФ		
	тип преобразования								
	норм. по МО	норм. по D	норм. и центр.	норм. по МО	норм. по D	норм. и центр.	норм. по МО	норм. по D	норм. и центр.
$P_{ош}$	0,04	0,03	0,025	0,01	0,03	0,02	0,025	0,08	0,02
$P_{и}$	0,3	0,25	0,24	0,1	0,15	0,16	0,3	0,25	0,24
$P_{н}$	0,09	0,1	0,08	0,06	0,08	0,1	0,09	0,1	0,08
$M_{ош}$	$3,7 \cdot 10^{-15}$	$1,7 \cdot 10^{-13}$	$2,1 \cdot 10^{-10}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$3,1 \cdot 10^{-7}$	$2,6 \cdot 10^{-7}$	$4,8 \cdot 10^{-12}$	$5,1 \cdot 10^{-11}$	$3,5 \cdot 10^{-10}$
$D_{ош}$	10,33	14,3	12,05	8,7	7,3	6,05	9,7	5,3	7,05

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ УРОВНЯ НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫХ КОМБИНАЦИОННЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ ИНФРАДИННОГО ТИПА

А.П. Сонин
ФГУП НИИ «Экран», г. Самара

Блоки и узлы преобразования частоты (переноса спектра преобразовываемого сигнала на другую частоту) являются неотъемлемой частью практически всех современных радиоэлектронных средств (РЭС) поэтому проблемы, связанные с их проектированием достижимыми характеристиками, оценкой качества, являются весьма актуальными. Обязательной частью преобразователя частоты является смеситель, представляющий собой нелинейный элемент, на который подаются входной