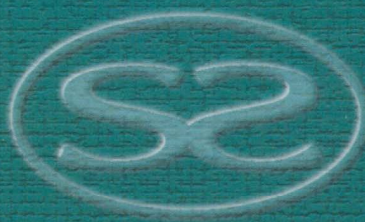


ISSN 1992-7185

ИКА
журнал в журнале

Датчики и Системы

5 • 2013



SENSORS & SYSTEMS

УЧРЕДИТЕЛИ

Институт проблем управления
им. В. А. Трапезникова РАН,
Московский государственный институт
электроники и математики, "МВТК"
(Ассоциация делового и научно-техничес-
кого сотрудничества в области машиностро-
ения, высоких технологий и конверсии.
Национальная технологическая палата),
ООО "СенСидат-Контроль" (редакция)

Гл. редактор **Ф.Ф. Пашенко**
Зам. гл. редактора **Н.Н. Кузнецова**
Зам. гл. редактора **А.Ф. Каперко**
Гл. редактор ИКА **В.Ю. Кнеллер**
Научный редактор **Г.М. Баранова**
Выпускающий редактор **С. В. Суханова**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Р.Р. Бабаян, Г.М. Баранова, Г.И. Джанджгава,
В.Г. Домрачев, А.Н. Житков, Э.Л. Ицкович,
А.Ф. Каперко, В.Ю. Кнеллер, Л.Н. Коломиец,
Н.Н. Кузнецова, В.П. Морозов, Ф.Ф. Пашен-
ко, Г.А. Пикина, Б.И. Подлепский, В.В. Поля-
ков, Н.Л. Прохоров, И.Б. Ядыкин

РЕГИОНАЛЬНЫЕ РЕДСОВЕТЫ

(руководители)

Санкт-Петербург
В.Г. Кнорринг —
(812) 297-60-01

Нижний Новгород
С.М. Никулин —
(831) 436-78-40

Екатеринбург
С.В. Поршнев —
(343) 375-97-79

Челябинск
Л.И. Боришпольский —
(351-2) 41-45-26

Новосибирск
Ю.В. Чугуй —
(383-3) 33-73-60

Красноярск
В.Г. Папоков —
(391-2) 912-279

Бийск
Ю.А. Галенко —
(3854) 43-25-69

Л.С. Звольский
(3854) 30-59-44

Пенза
Е.А. Мокров —
(841-2) 56-55-63

М.А. Шербаков —
(841-2) 56-37-08

Рязань
С.Н. Кириллов —
(491-2) 92-04-55

Ульяновск
Н.Г. Ярушкина —
(842-2) 43-03-22

Уфа
В.Г. Гусев —
(347-2) 23-77-89

Ижевск
В.А. Алексеев —
(341-2) 21-29-33

Оренбург
М.Г. Кучеренко —
(353-2) 77-34-19

Орел
В.И. Гавришук —
(486-2) 41-00-35

Владимир
В.Н. Устюжанинов —
(492-2) 33-59-67

Тула
В.Я. Распопов —
(487-2) 35-19-59

Воронеж
В.К. Битюков —
(473-2) 55-36-94

Курск
В.С. Титов —
(471-2) 58-71-12

Липецк
А.К. Погодаев —
(4742) 32-80-00

Л.А. Кузнецов —
(4742) 32-80-44

Тамбов
С.В. Мищенко —
(475-2) 72-10-19

Астрахань
И.Ю. Петрова —
(851-2) 25-73-11

Минск
И.С. Манак —
(417) 278-13-13

Львов
И.И. Марьямова —
(10-380-322)
72-16-32

Журнал включен в Перечень ведущих
рецензируемых изданий ВАК, публикующих
основные результаты докторских и кандидатских
диссертаций (октябрь 2010 г.)

Подписные индексы:
79363 в каталоге Роспечати; 40874 в каталоге
"Пресса России"

АДРЕС РЕДАКЦИИ:
117997, ГСП-7, Москва, ул. Профсоюзная, 65, к. 383
Тел./факс: (495) 330-42-66
www.datsys.ru
E-mail: datchik@ipu.rssi.ru

Оригинал-макет и электронная версия
подготовлены ИП Прохоров О. В.
Отпечатано в типографии "ЭЛИТ-ЮТЕРНА"
Заказ 62/05
Подписано в печать 4.05.2013.
Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати.
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-24419 от 18 мая 2006 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРИЯ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ДАТЧИКОВ, ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

Вишнеков А. В., Сафонова И. Е. Функциональные датчики в структуре специализированной телекоммуникационной сети. 2

Ионов Б. П., Ионов А. Б., Мирная А. И. Разработка лабораторного образца спектрального пирометра на основе интерферометра Майкельсона 7

Кострин Д. К., Ухов А. А. Интерференция в поверхностном слое и метрологические параметры спектрометров с ПЗС фотоприемниками 13

Холомина Т. А., Кострюков С. А., Литвинов В. Г., Ермачихин А. В. Спектроскопия низкочастотных шумов полупроводниковых приборов. 15

Еськов А. В., Маецкий А. В., Сагалаков А. М. Оптический метод исследования процесса распыления рапсового и дизельного топлива. 21

Карцев Е. А., Климантович А. А., Юрин А. И. Методика выбора оптимального средства измерений из числа альтернативных 24

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ДАТЧИКОВ, ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

Дмитриенко А. Г., Блинов А. В., Трофимов А. Н., Трофимов А. А. Опережающее проектирование при разработке датчиков для перспективных изделий ракетно-космической техники. 30

Дмитриев А. В., Красивская М. И., Юрин А. И. Исследование волоконно-оптических датчиков с внешней модуляцией. 34

Лашков А. В., Анашкин Ан. Ал., Анашкин Ал. Ан. и др. Оценка возможности применения термokatалитических сенсоров для формирования газоаналитических мультисенсорных систем 38

Касаткин С. И., Муравьев А. М., Плотникова Н. В. и др. АМР головка-градиометр для контроля изделий по создаваемому ими магнитному полю 43

Ясовеев В. Х., Коровин В. М., Атауллин Ф. Р., Шарипов М. М. Система дистанционного тестирования приборов акустического каротажа. 46

ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ (журнал в журнале)

Автоматизация технологических процессов — взгляд в будущее. Реферат 51

Новости 54

ХРОНИКА

Международный МЭМС-Форум 2013. "МЭМС-датчики и малогабаритные системы. Сферы применения" 57

* * *

Contents and abstracts 60

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ИЗ ЧИСЛА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ

Е. А. Карцев, А. А. Климантович, А. И. Юрин

Предложена методика выбора оптимального средства измерений из числа альтернативных, базирующаяся на использовании частных и интегральных критериях качества, имеющих численные значения и исключающих необходимость использования механизмов экспертных оценок.

Ключевые слова: средства измерений; частные и интегральные критерии качества, численные значения критериев качества.

ВВЕДЕНИЕ

Метрологическое обеспечение является одной из центральных составляющих системы качества [1]. Схематично ее состав представлен на рис. 1.

Поскольку в процессе производства на каждой измерительной позиции производится измерение

одного параметра, которое может осуществляться не одним типом средств измерений, а рядом альтернативных, то одной из важнейших составляющих метрологического обеспечения является выбор средства измерений (СИ), обеспечивающего максимальную точность измерений при миниму-



Рис. 1. Метрологическое обеспечение систем качества

ме затрат на его приобретение, установку и эксплуатацию в процессе производства.

Основной предмет данного исследования — рабочие СИ и оптимальный выбор их типов применительно к каждой конкретной измерительной позиции на производственном участке. Очевидно, что для измерений на любой измерительной позиции можно применить различные СИ, обладающие метрологическими, техническими и эксплуатационными параметрами, удовлетворяющими требованиям заказчика (технолога).

Рассмотрим последовательно этапы выбора оптимального средства измерения.

ЭТАП I. ПОСТРОЕНИЕ ШКАЛЫ ПРИОРИТЕТОВ ПАРАМЕТРОВ СИ

На этом этапе исследования проводятся на основе применения статистических методов. Существует множество баз данных по СИ, однако последовательность и форма представления параметров в различных базах данных отличается.

Для решения задачи необходимо трансформировать последовательность представления параметров СИ в определенную, удобную для наших исследований форму, в порядке убывания их значимости. Такой порядок будем называть шкалой приоритетов параметров СИ. Для построения шкалы приоритетов параметров СИ проведено исследование, заключающееся в статистическом анализе ряда паспортов СИ одной и той же физической величины (например давления), взятых с сайтов заводов изготовителей, их каталогов и других спра-

вочных источников. Данные, полученные из источников, заносятся в табл. 1.

Обработка данных, помещенных в табл. 1, проводилась по следующим формулам:

$$\sum_{i=1}^N (X_1)_{ij}, \text{ при } j = 1,$$

$$\sum_{i=1}^N (X_1)_{ij}, \text{ при } j = 2,$$

$$\dots$$

$$\sum_{i=1}^N (X_1)_{ij}, \text{ при } 2 < j < M,$$

$$\dots$$

где i — номер СИ; j — параметр СИ, выраженный в числовом виде; N — число типов СИ, равное 100; M — число параметров, равное 20.

Условие первого приоритета параметров из числа M определяется выражениями:

$$\sum_{i=1}^N (X_1)_j > N/2, \quad \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N (X_1)_j = N, \quad (1)$$

где j принимает последовательно значения от 1 до M .

Таким образом, один из параметров получает наивысший приоритет в том случае, если соблюдаются оба условия (1).

Для построения гистограмм берутся отношения:

$$\frac{\sum_{i=1}^N (X_1)_{ij}}{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N (X_1)_i} = N$$

где j в числителе принимает последовательно значения $j = 1, 2, \dots, M - 1, M$.

Из приведенной гистограммы (рис. 2) следует, что параметр $X1$ (диапазон измерений) в 91 % слу-

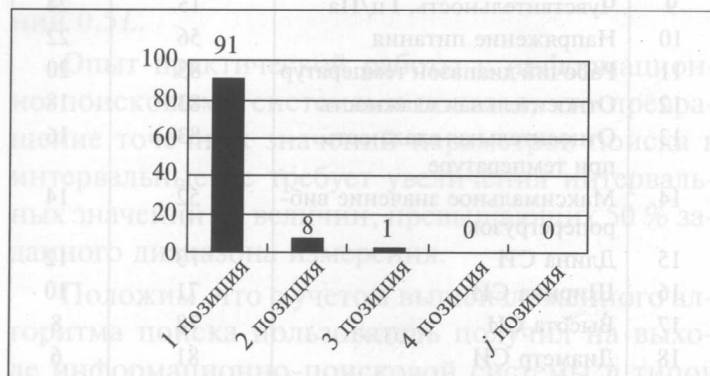


Рис. 2. Гистограмма распределения параметра (диапазона измерений) по позициям в паспортах СИ

чаев в паспортах занимает первую позицию. Получив все данные статистического анализа, была составлена вторая таблица (табл. 2), в которой указывается порядковый номер параметра, его частота повторяемости на той позиции, где он указан в таблице. Таким образом, была построена шкала приоритетов. Коэффициент веса вводится для его последующего использования при создании частных критериев качества каждого из параметров всей группы рассматриваемых альтернативных

Таблица 1

Выборка из источников заводов изготовителей

Параметр	№ СИ						
	1	2	...	<i>i</i>	...	<i>N</i> - 1	<i>N</i>
1							
2							
...							
<i>j</i>							
...							
<i>M</i> - 1							
<i>M</i>							

Таблица 2

Шкала приоритетов

Номер позиции	Параметр	Сколько раз встретился на этой позиции, %	Коэффициент веса
1	Диапазон измерений	91	40
2	Основная приведенная погрешность	90	38
3	Дополнительная погрешность	50	36
4	Максимальный выходной сигнал, мА	48	34
5	Максимальный выходной сигнал, мВ	37	32
6	Максимальный выходной сигнал, Гц	15	30
7	Чувствительность, мА/Па	48	28
8	Чувствительность, мВ/Па	37	26
9	Чувствительность, Гц/Па	15	24
10	Напряжение питания	56	22
11	Рабочий диапазон температур	83	20
12	Относительная влажность	83	18
13	Относительная влажность при температуре	83	16
14	Максимальное значение виброперегрузок	52	14
15	Длина СИ	73	12
16	Ширина СИ	71	10
17	Высота СИ	78	8
18	Диаметр СИ	81	6
19	Масса СИ	85	4
20	Время наработки на отказ	51	2

СИ. Наибольшее значение коэффициента веса K_B присваивается параметру высшего приоритета. Далее значение K_B уменьшается для каждого нижестоящего параметра по линейному закону.

ЭТАП II. ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СИ СО СТОРОНЫ ЗАКАЗЧИКА (ТЕХНОЛОГА ПРОИЗВОДСТВА)

Эти требования должны быть представлены в последовательности, соответствующей разработанной шкале приоритетов параметров СИ.

На основе разработанной системы требований к средству измерения осуществляется поиск альтернативных типов средств измерения. Поиск осуществляется с применением информации, содержащейся на сайтах различных отечественных и зарубежных приборостроительных фирм, в сводных каталогах фирм-изготовителей, в научно-технических журналах. Но обычно основным источником информации являются специализированные базы данных, содержащие новейшие сведения о большинстве типов средств измерения, предназначенных для измерения какой-либо физической величины, выпускаемых в нашей стране и за рубежом на момент проведения поиска.

Таким образом, в результате поиска пользователь получает информацию о том, что его требованиям удовлетворяют *n* типов СИ и для окончательного решения задачи выбора необходимо из *n* альтернативных типов СИ выбрать тип, обладающий наивысшим уровнем качества.

ЭТАП III. РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА СИ

Требования к критериям качества СИ выражаются следующими пунктами.

1. Критерий должен отражать степень близости реального параметра СИ к заданному заказчиком (технологом). Например, чем ближе диапазон измерения СИ, найденного информационно-поисковой системой в базе данных (ДБД), к заданному заказчиком (D_3), тем больше отношение $D_{ДБ}$ к D_3 стремится к единице.

2. Критерий качества должен быть безразмерной величиной.

3. Интегральный критерий качества должен определяться как свертка частных критериев качества и также быть безразмерной величиной.

4. Наибольшее численное значение интегрального критерия должно быть основанием для вы-

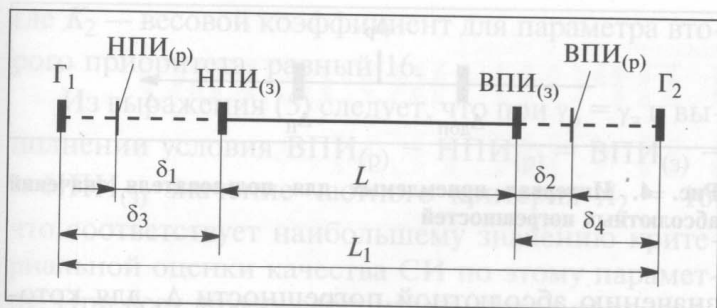


Рис. 3 Диапазон измерения:

НПИ_(з) и ВПИ_(з) — заданные нижний и верхний пределы измерения; ВПИ_(р) и НПИ_(р) — верхний и нижний пределы измерения реального типа СИ; L — диапазон измерения, задаваемый пользователем; Γ_1 и Γ_2 — нижняя и верхняя допустимые границы предела измерения, которые еще могут удовлетворить пользователя

бора оптимального типа СИ из числа альтернативных.

Рассмотрим методический подход к разработке частных критериев качества (ЧКК) для сравнительной оценки различных типов средств измерения по каждому из параметров, характеризующихся числовой оценкой (но не символом или словом) [2].

Одним из важнейших параметров любого средства измерения является диапазон измерения, представляющий собой разность между верхним и нижним пределами измерения. Ниже приведен пример разработки ЧКК для диапазона измерений (рис. 3).

Положим, что потребитель намерен использовать средство измерения с диапазоном измерения

$$L = \text{ВПИ}_{(з)} - \text{НПИ}_{(з)}$$

и с помощью информационно-поисковой системы осуществляет поиск типов искомого СИ, удовлетворяющих этому условию. При этом может оказаться, что несмотря на большой объем типов СИ, содержащихся в базе данных, ни одно из них по диапазону измерения не будет удовлетворять условию, заданному в виде двух строгих числовых значений НПИ_(з) и ВПИ_(з). В итоге поиска ЭВМ дает ответ, что база данных не содержит ни одного типа СИ, удовлетворяющего заданному условию. Чтобы избежать такой тупиковой ситуации, целесообразно перед началом поиска расширить диапазон измерения L до значений Γ_1 и Γ_2 (см. рис. 3). В этом случае расширенный диапазон измерения равен:

$$L_1 = (\text{ВПИ}_{(з)} + \delta_4) - (\text{НПИ}_{(з)} + \delta_3).$$

Тогда программное обеспечение информационно-поисковой системы обеспечит выбор только

тех типов СИ, верхний и нижний пределы которых укладываются в диапазоны:

$$\left. \begin{aligned} \Gamma_1 &\leq \text{НПИ}_{(р)} \leq \text{НПИ}_{(з)} \\ \Gamma_2 &\geq \text{ВПИ}_{(р)} \geq \text{ВПИ}_{(з)} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где ВПИ_(р) и НПИ_(р) — верхний и нижний пределы измерения одного из реальных типов средств измерения, содержащегося в базе данных.

В принципе, в процессе поиска можно и не ограничивать верхнюю Γ_2 и нижнюю Γ_1 границы диапазона измерения, задавая только условие:

$$\left. \begin{aligned} \text{НПИ}_{(р)} &\leq \text{НПИ}_{(з)} \\ \text{ВПИ}_{(р)} &\geq \text{ВПИ}_{(з)} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

но в этом случае результатом поиска будут все типы СИ, удовлетворяющие условию (3), что будет заведомо неприемлемо для пользователя по той причине, что большинство из выбранных типов СИ будут иметь весьма широкий диапазон измерения и в связи с этим большое значение абсолютной погрешности измерения, неприемлемое для пользователя.

Исходя из этих соображений алгоритм работы программы должен предусматривать поиск средств измерения не по точечным значениям НПИ_(з) и ВПИ_(з), а по интервальным значениям, определяемым уравнением (2). При этом после ввода в ЭВМ пользователем значений НПИ_(з) и ВПИ_(з) программа сама определяет интервалы значений поиска δ_3 и δ_4 , на первом этапе принимая их равными $0,25L$.

Если по результатам поиска ЭВМ определяет, что в этой зоне обнаружено один или два типа СИ, что недостаточно для реализации оптимального выбора, то в этом случае осуществляется второй цикл поиска. При этом автоматически значения интервалов δ_3 и δ_4 расширяются до значений $0,5L$.

Опыт практической работы с информационно-поисковыми системами показал, что превращение точечных значений параметров поиска в интервальные не требует увеличения интервальных значений до величин, превышающих 50 % заданного диапазона измерения.

Положим, что с учетом вышеизложенного алгоритма поиска пользователь получил на выходе информационно-поисковой системы n типов средств измерений, каждое из которых удовлетворяет условиям поиска по диапазону измерения.

Теперь необходимо сформулировать частный критерий, с помощью которого можно было бы произвести оценку качества каждого из n типов средств измерения и выбрать оптимальный тип.

В основу создания критерия положим *степень близости реального диапазона измерения к заданному*. Для этого критерий оценки качества можно представить в виде

$$A_1 = K_1 \frac{L}{L + \delta_1 + \delta_2}, \quad (4)$$

где K_1 — весовой коэффициент, численное значение которого зависит от приоритета (уровня ранжирования) рассматриваемого параметра в сравнении с другими анализируемыми параметрами рассматриваемого средства измерения; δ_1 — расстояние от заданного значения нижнего предела измерения (НПИ₍₃₎) до нижнего предела измерения рассматриваемого средства измерения (НПИ_(р)); δ_2 — расстояние от заданного значения верхнего предела измерения (ВПИ₍₃₎) до верхнего предела измерения рассматриваемого средства измерения (ВПИ_(р)); $L = \text{ВПИ}_{(3)} - \text{НПИ}_{(3)}$ — заданный пользователем (номинальный) диапазон измерения.

Из выражения (4) следует, что в случае идеального совпадения диапазона измерения рассматриваемого средства измерения с заданным пользователем $\delta_1 = 0$, $\delta_2 = 0$ и критериальная оценка равна $A_1 = K_1$.

Если предположить, что для пользователя диапазон измерения при выборе СИ является приоритетом № 1, то числовое значение весового коэффициента должно быть максимальным и его величина будет зависеть от числа параметров, по которым производится выбор искомого типа СИ. Например, если таких параметров пять и пользователь задает следующие приоритеты: диапазон измерения, абсолютная погрешность, диапазон рабочих температур, габаритные размеры и масса, то коэффициент K_1 может быть принят равным 20, весовой коэффициент следующего частного критерия 16, далее 12, 8 и 4.

Выбор максимального значения и шага уменьшения весового коэффициента не имеет принципиального значения и в известной мере носит произвольный характер.

Положим, что приняли $K_1 = 20$, тогда частная критериальная оценка анализируемого СИ может находиться в диапазоне от $A_1 = 20$ ($\delta_1 = \delta_2 = 0$) до $A_1 = 0$ ($\delta_1 + \delta_2 = L$).

Переходим к конструированию частного критерия для оценки качества анализируемого СИ по

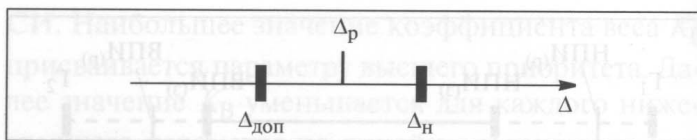


Рис. 4. Интервал приемлемых для пользователя значений абсолютных погрешностей

значению абсолютной погрешности Δ , для которой пользователем установлен приоритет № 2.

Чем шире диапазон измерения СИ, тем больше величина абсолютной погрешности Δ при фиксированном значении основной приведенной или относительной погрешности средства измерения.

Для краткости и простоты изложения будем использовать понятие основной приведенной погрешности. В этом случае максимально допустимое значение абсолютной погрешности анализируемого средства измерения определяется выражением

$$\Delta_n = L\gamma, \quad (5)$$

где L — заданный пользователем диапазон измерения искомого типа измерения; γ — заданное пользователем значение основной приведенной погрешности.

Выше указывалось, что поиск конкурирующих типов СИ по точечной оценке любого параметра может не дать положительного результата. В связи с этим необходим переход к интервальному заданию приемлемых для пользователя значений абсолютных погрешностей. Очевидно, что правая граница этого интервала Δ_n (рис. 4) не может быть превышена, поскольку в этом случае погрешность результатов измерений будет выше максимально допустимого значения Δ_n , заданного пользователем. Значительно расширять диапазон измерения влево, в сторону уменьшения значения Δ неприемлемо с экономических позиций. Поэтому целесообразно ограничить диапазон допустимых погрешностей искомого СИ значением $\Delta_{доп}$, при котором стоимость СИ возрастет не более чем на 10...15 % в сравнении с СИ, имеющим абсолютное значение погрешности Δ_n .

Положим, что в результате использования информационно-поисковой системы абсолютная погрешность Δ_p одного из конкурирующих типов СИ попала в заданный интервал $\Delta_{доп} \dots \Delta_n$, тогда частная критериальная оценка качества СИ по параметру точности будет иметь вид

$$A_2 = K_2 \frac{\Delta_n}{\Delta_p} = K_2 \frac{\gamma_3 (\text{ВПИ}_{(3)} - \text{НПИ}_{(3)})}{\gamma_p (\text{ВПИ}_{(р)} - \text{НПИ}_{(р)})},$$

где K_2 — весовой коэффициент для параметра второго приоритета, равный 16.

Из выражения (5) следует, что при $\gamma_p = \gamma_3$ и выполнении условия $ВПИ_{(p)} - НПИ_{(p)} = ВПИ_{(3)} - НПИ_{(3)}$ значение частного критерия $A_2 \doteq 16$, что соответствует наибольшему значению критериальной оценки качества СИ по этому параметру. При всех других вариантах Δ_p будет меньше Δ_n и тогда A_2 будет меньше 16. Если условие $\gamma_p < \gamma_3$ не выполняется, то такой тип датчика на попадает в число n средств измерения, удовлетворяющих поиску.

Суммарная количественная оценка качества анализируемого датчика конкретного типа определяется численной оценкой, состоящей из суммы частных критериальных оценок каждого из его параметров, вошедших в число приоритетных. В нашем случае:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N A_i,$$

где A_i — частная критериальная оценка качества СИ по i -му параметру, общее число которых равно N .

Оптимальным из числа конкурирующих будет являться то средство измерения, у которого величина A_{Σ} будет иметь максимальное значение.

ЭТАП IV. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАТРАТ

В число параметров при определении интегральных критериев не была включена стоимость единицы измерения, поскольку в условиях рыночной экономики эта цифра в значительной мере является неопределенной. В связи с этим наряду с интегральным критерием качества СИ предлагается еще один интегральный критерий, характеризующий стоимость единицы качества. Он представляет собой отношение:

$$И_{НК2} = C_T / \lambda_{СИ},$$

где C_T — текущая рыночная стоимость СИ, $\lambda_{СИ}$ — интегральный критерий качества, определенный для этого конкретного СИ по вышеизложенной методике.

В том случае, если известны стоимости каждого из анализируемых средств измерения, то целесообразно использовать более высокий интегральный критерий качества, который условно можно назвать “стоимость единицы качества”. Обозначим его через C_T . Для каждого из N альтернативных средств измерения определяется сто-

имостной критерий C_T с использованием выражений:

$C_{T1} = C_1/A_{\Sigma 1}, \dots, C_{Ti} = C_i/A_{\Sigma i}, \dots, C_{TN} = C_N/A_{\Sigma N}$,
где $C_1 - C_N$ — стоимость каждого из средств измерений, которые вошли в число анализируемых (конкурирующих); $\lambda_{\Sigma 1} - \lambda_{\Sigma N}$ — интегральные критериальные оценки каждого из N средств измерения.

Очевидно, что с позиции “стоимость — качество” оптимальным из числа N будет то средство измерения, которое имеет минимальное значение критерия C_T .

ВЫВОДЫ

Предложена методика выбора оптимального средства измерений из числа альтернативных, базирующаяся на использовании частных и интегральных критериев качества, дающая возможность оценить качество СИ в количественной форме.

Интегральный критерий первого типа выражается безразмерной величиной и является сверткой частных критериев, характеризующих каждый из параметров альтернативных типов СИ.

Интегральный критерий второго типа дает возможность количественно оценить стоимость единицы качества каждого из альтернативных СИ при известной стоимости СИ. Предложенная методика не требует применения дорогостоящих и не всегда объективных методов экспертного определения оптимального СИ из числа альтернативных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Храменков А. В. Мониторинг метрологического обеспечения в системе менеджмента качества предприятия // Измерительная техника. — 2007. — № 8. — С. 13.
2. Карцев Е. А. Общие принципы количественной оценки качества изделий одного функционального назначения // Матер. Междунар. конференции “Качество, образование, CALS-технологии”, Хорватия, май 2005 г.

Работа выполнена на кафедре “Микросистемная техника, материаловедение и технологии” Московского института электроники и математики Национального исследовательского университета “Высшая школа экономики”.

Евгений Александрович Карцев — д-р техн., наук, профессор кафедры;

☎ (916) 206-77-24

E-mail: karcev@miem.edu.ru

Александр Александрович Климантович — аспирант;

☎ (916) 504-02-21

E-mail: kZaevv@yandex.ru

Александр Игоревич Юрин — канд. техн. наук, доцент кафедры.

☎ (499) 235-97-37

E-mail: Alexander.yurin@gmail.com □