

Distributed Metastasis: A Computer Network Pentration Methodology. The Packet Factory. August 12, 1999; **10.** Лукацкий А. А. Отмычки к “поясу невинности”. *Busines Online*, № 5, 2000; **11.** Лукацкий А. В. Информационная безопасность в цифрах и фактах. *PCWeek/RE*. № 1, 1999; **12.** Грэхем Роберт. FAQ по системам обнаружения атак. Версия 0.8.3. 21 марта 2000 г. Перевод с англ. Лукацкого А. В.; **13.** *Real Sequire Getting Started. Version 5.5. Internet Security Systems 2000;* **14.** Pete Tasker, Steve Christey, Dave Mann, Bill Hill, Dave Baker. *Common Vulnarabilites and Exprosures (CVE). MITRE. September 29, 1999;* **15.** David E. Mann, Steven M. Cristey. *Towards a Common Enumeration of Vulnarabilites. January 8, 1999;* **16.** Лукацкий А. В. Взгляните на безопасность своей сети глазами специалистов. *Мир Internet*, № 2, 1999; **17.** Гайкович В. Ю., Еришов Д. В. *Основы безопасности информационных технологий. Б.: МИФИ, 1995;* **18.** Майкл Ббэнкс. *Психи и маньяки в Интернете. Перевод с англ. СПб.: Символ-Плюс, 1998.* **19.** Лукацкий А. В. *Вопросы информационной безопасности при использовании технологий Java и ActiveX. Тематический выпуск № 2, 1998;* **20.** *Matthew Strebe, Charles Perkins. 24seven. Network Press. 1999.*

УДК 621.396.6

ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Лев Сакович, Вениамин Рыжак*, Виталий Павлов

Спецфакультет СБ Украины в составе ВИТИ НТУУ «КПИ»

*Национальная академия обороны Украины

Аннотация: Рассмотрен порядок определения метрологических характеристик средств измерений, используемых для обслуживания и ремонта радиоэлектронных средств систем защиты информации.

Summary: The procedure for determination the metrological characteristics of measuring tools that are used for servicing and repairing of radio electronic devices was considered.

Ключевые слова: Средства измерения, техническое обслуживание, ремонт, условный алгоритм диагностирования, дерево логических возможностей.

I Введение

Основную часть оборудования систем защиты информации составляют радиоэлектронные средства (РЭС), предназначенные для сохранения целостности, обработки и передачи информации.

При техническом обслуживании и ремонте РЭС соответствие качества их функционирования нормам технических условий (ТУ) определяется значениями диагностических параметров в проверочных точках. Вероятность определения истинного технического состояния РЭС, а также стоимость их технического обслуживания и ремонта существенно зависят от метрологических характеристик используемых средств измерений (СИ): повышение точности СИ даже на 5 – 10 % сокращает среднее время восстановления работоспособности РЭС в 1,5 – 2 раза [1 – 3].

II Постановка задачи

В настоящее время ввиду сложности и многообразия решаемых задач единой методики выбора СИ для определения состояния РЭС в процессе диагностирования не существует. Известны подходы к определению допусков на значения параметров РЭС [4 – 6] и исследована взаимосвязь показателей ремонтпригодности РЭС с вероятностью безошибочной оценки результата выполнения проверки с помощью СИ [1 – 3]. Цель данной статьи заключается в формализации и алгоритмизации процесса определения метрологических характеристик СИ по требованиям к ремонтпригодности РЭС.

III Основная часть

Требования к значениям ремонтпригодности РЭС задаются в руководящих нормативно-технических документах (ДСТУ, РТМ, ТУ). Известно, что показатели ремонтпригодности (в частности, среднее время восстановления T_6) являются функцией достоверности диагностирования и определяются метрологическими характеристиками используемых в процессе ремонта СИ [1, 2, 4, 7]:

$$T_{\epsilon} = \frac{kt_n + t_y}{P}, \quad (1)$$

где k – среднее число проверок для локализации дефекта;

t_n – среднее время выполнения проверки;

t_y – среднее время устранения неисправности;

$P = \prod_{i=1}^k p_i$ – вероятность правильной постановки диагноза;

p_i – вероятность правильной оценки результата выполнения проверки i .

При использовании в процессе диагностирования одного СИ $p_i = p$ и выражение (1) преобразуется к виду

$$T_{\epsilon} = \frac{kt_n + t_y}{p^k}. \quad (2)$$

Значение p изменяется в зависимости от используемых СИ от 0,840 (многошкальный аналоговый прибор) до 0,999 (цифровой измерительный прибор) [2, 3, 6 – 11].

Вопросы количественной оценки достоверности диагностирования исследованы в приведенных работах, но не доведены до практических рекомендаций по выбору СИ в зависимости от конкретных условий восстановления работоспособности РЭС. Эта задача решается в настоящей статье поэтапно: сначала определяется минимально допустимое значение вероятности правильной оценки результата выполнения проверки p_{\min} , а затем проверяется возможность реализации ремонта РЭС агрегатным методом и задаются обоснованные требования к метрологическим характеристикам СИ.

В процессе технического диагностирования РЭС истинным является не наиболее точный, а правильный результат оценки проверяемого параметра, когда действительное и полученное значения попадают в область допустимых значений (контролируемый параметр в норме) или в область недопустимых значений (контролируемый параметр не в норме) [1, 2, 4, 7].

При локализации дефектов в РЭС по условным алгоритмам диагностирования (УАД) любые ошибки (как первого, так и второго рода) изменяют направление поиска и ведут к постановке ложного диагноза [1, 2, 7]. Из анализа (2) следует, что при заданном допустимом значении T_{ϵ} , известных значениях t_n и t_y , зависящих от конструкции РЭС и используемых СИ, допустимое значение p_{\min} главным образом определяется применяемым диагностическим обеспечением (формой УАД, модулем выбора m , диагностическими процедурами), влияющим на среднее число выполняемых проверок при локализации дефекта [3]

$$p_{\min} = \sqrt[k]{\frac{kt_n + t_y}{T_{\epsilon}}} \leq p < 1. \quad (3)$$

Очевидно, что повышение требований к точности СИ увеличивает их стоимость, поэтому выполнение условия (3) целесообразно за счет уменьшения значения k совершенствованием диагностического обеспечения.

В практике ремонта РЭС наибольшее распространение получили УАД минимальной формы [1, 2, 7 – 10]. При реализации агрегатного метода ремонта повышается влияние диагностических ошибок на среднее время восстановления. В этом случае важно, чтобы дефект содержался среди элементов агрегата (блока, модуля, типового элемента замены) РЭС, признанного в результате диагностирования неисправным. Количественно диагностические ошибки оцениваются отклонением реализованной по УАД траектории поиска x_p от истинного диагноза x_u (неисправного элемента) и обозначаются $\rho = |x_p - x_u|$ [1 – 3, 8 – 10]. Значение ρ зависит от количества проверок, при выполнении которых ошибочно оценены полученные результаты, а также от положения этих проверок в УАД: значение ρ возрастает при увеличении числа ошибок и при их совершении на первых шагах поиска.

Связь между метрологией и технической диагностикой проявляется в том, что необходимо выбирать метрологические характеристики СИ исходя из требования выполнения условия (3) при $\rho < 1$ [1 – 3, 8 – 10]. Зависимость $\rho(p)$ исследована для различных УАД, что позволяет формализовать порядок определения p_{\min} для используемого при ремонте РЭС агрегатным методом диагностического обеспечения. В известных работах зависимость $\rho(p)$ получена в результате аппроксимации экспериментальных данных, что в отдельных случаях приводит к значительным ошибкам [8 – 10], недопустимым при выборе СИ. В табл. 1 приведены аналитические выражения для точной количественной оценки средних ρ_{cp} и максимальных ρ_{\max}

отклонений диагноза при локализации дефектов по УАД в виде бинарных, групповых, однородных и неоднородных деревьев логических возможностей (ДЛВ). Дополнительно введены следующие обозначения: $g = 1 - p$ – вероятность ошибочной оценки результата выполнения проверки; L – глубина поиска дефектов; M – максимальное значение модуля выбора неоднородных УАД, μ – число мастеров в бригаде.

Порядок определения минимально допустимого значения p приведен на рис. 1, где неоднородные ДЛВ с увеличением модуля выбора по мере выполнения проверок не рассматриваются, так как они заведомо хуже УАД с убыванием модуля выбора ($m_j > m_{j+1}, j = \overline{1, k}$).

После вычисления минимально необходимой для обеспечения значения T_g вероятности правильной оценки результата выполнения проверки по табл. 2 [1 – 3, 5 – 11] выбирается вид СИ.

Таблица 1 – Количественная оценка диагностических ошибок

Вид УАД	Модуль выбора УАД, m	Среднее число проверок, k	Глубина поиска дефекта, L	Среднее отклонение диагноза, ρ_{cp}	Максимальное отклонение диагноза, ρ_{max}
Бинарные ДЛВ	2	$\log_2 L$	2^k	$\frac{L+k-1}{2} gp^{k-1}$	$(L-1)gp^{k-1}$
Групповые ДЛВ	2	$\log_{\mu+1} L$	$(\mu+1)^k$	$\frac{\mu}{\mu+1} \left(k + \frac{L-1}{\mu} \right) gp^{\mu k-1}$	$\left(k + \frac{L-1}{\mu} \right) gp^{\mu k-1}$
Однородные ДЛВ	m	$\log_m L$	m^k	$\frac{m-1}{m} \left(k + \frac{L-1}{m-1} \right) gp^{k-1}$	$\left(k + \frac{L-1}{m-1} \right) gp^{k-1}$
Неоднородные ДЛВ	$m_j > m_{j+1}$	$M-1$	$M!$	$gp^{k-1} \sum_{i=1}^k \left(\frac{(M-i)(1+(M-i)!)}{1+(M-i)} \right)$	$gp^{k-1} \left(\sum_{i=1}^k (1+i!) - 1 \right)$
Неоднородные ДЛВ	$m_j < m_{j+1}$	$M-1$	$M!$	$gp^{k-1} \sum_{i=1}^k \frac{i}{i+1} \left(1 + \frac{L}{(i+1)!} \right)$	$gp^{k-1} \left(1 + L \sum_{i=2}^k \frac{1}{i!} \right)$

Таблица 2 – Обобщенные сведения о безошибочности выполнения измерительных операций

Выполняемые операции	p
Поиск, восприятие и оценка состояния индикаторов:	
от одного до семи	0,995
от пяти до пятнадцати	0,990
Восприятие и оценка показаний одиночного стрелочного прибора:	
Многошкального	0,840...0,852
Простого	0,944...0,960
с вертикальной линейной шкалой	0,645
с горизонтальной линейной шкалой	0,725
с круговой шкалой	0,891
с полукруглой шкалой	0,834
со шкалой в виде окна	0,995
Восприятие и оценка показаний цифрового прибора с числом разрядов:	
от одного до трех	0,9997
от четырех до шести	0,9993
от семи и более	0,9985
Принятие решения при нескольких логических условиях:	
одно, два	0,995
три, четыре	0,950
пять и более	0,900
Определение значения «норма» по сектору на шкале прибора	0,971

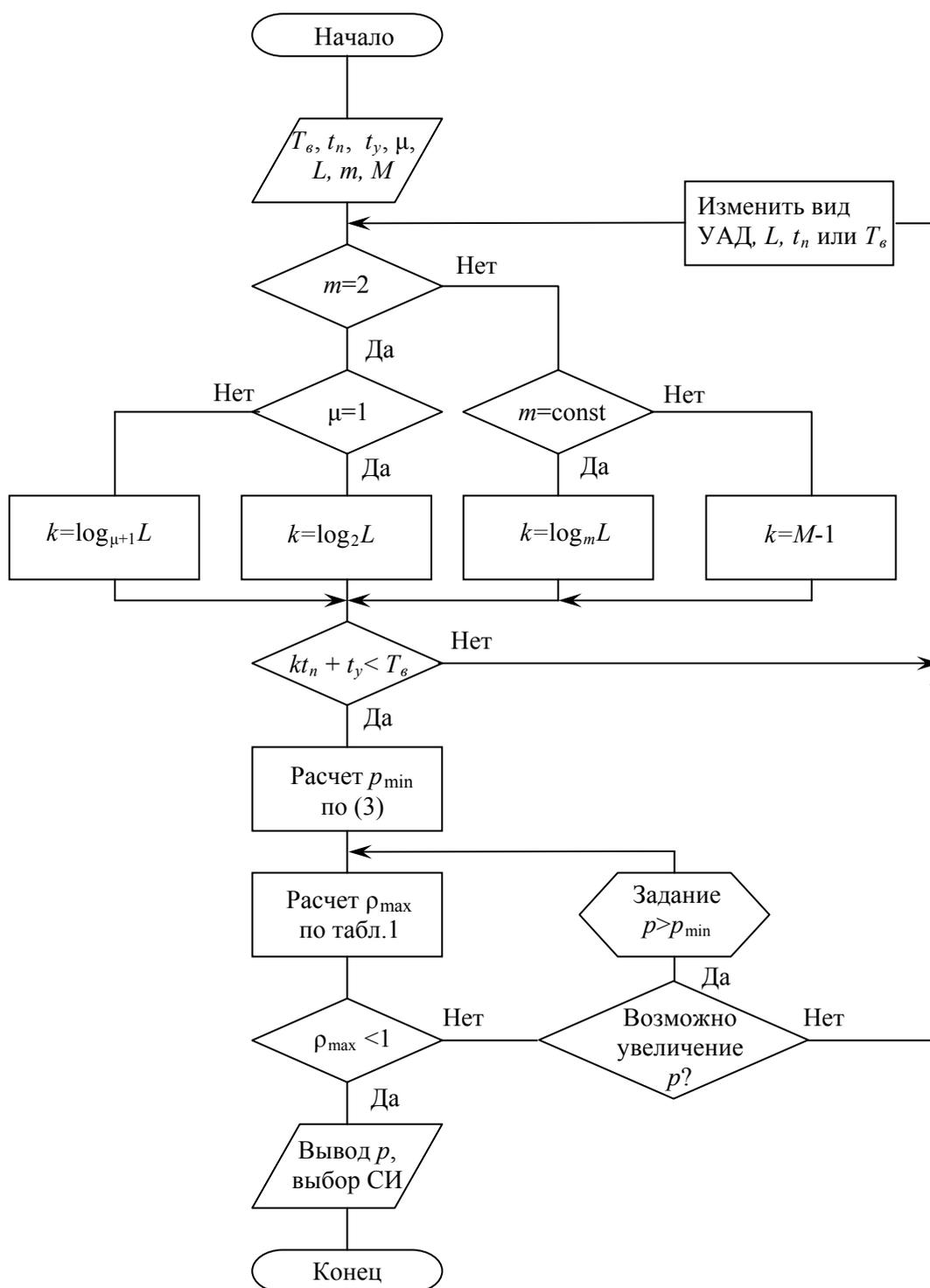


Рисунок 1 – Порядок определения минимально допустимого значения вероятности правильной оценки результатов выполнения проверки

С метрологической точки зрения задача определения реального технического состояния РЭС заключается в нахождении посредством измерений значения диагностического параметра и оценке степени доверия к полученному результату. При ее решении необходимо учитывать, что значение измеряемого параметра чаще всего является случайной величиной с нормальным распределением плотности вероятности (рис. 2) [1, 2, 4, 5, 7, 12], где D_H и D_B – нижняя и верхняя границы допуска СИ, а ϵ – величина поля допуска. Погрешность

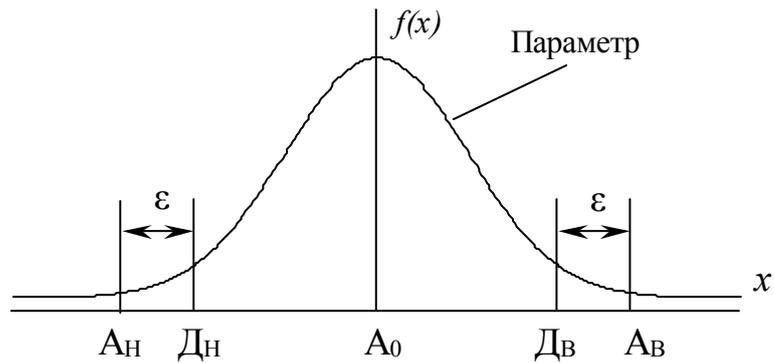


Рисунок 2 – Изменение функции распределения плотности вероятности значений контролируемого параметра x

измерения при использовании аналоговых и цифровых СИ может принимать любые значения в ограниченном интервале (D_H, D_B). Равномерный закон распределения плотности вероятности характерен для случайных погрешностей при измерении непрерывных физических величин методом дискретного счета, при преобразовании таких величин в аналого-цифровых преобразователях (погрешности дискретности, квантования), а также для погрешностей отсчета показаний со шкал СИ [12 – 15].

Формализуем постановку задачи: по заданному значению параметра (A_0), допустимых значениях его изменения (A_H, A_B) и определенному по рис. 1 требуемому значению вероятности правильной оценки результата выполнения проверки (p) в зависимости от заданного времени восстановления работоспособности РЭС (T_e) определить класс точности СИ (K_T) и величину поля допуска (ϵ).

Задача решается в следующей последовательности. Задается значение доверительной вероятности (P_d) попадания результата измерения параметра в интервал $[A_H, A_B]$ и по рис. 3 [5, 12] определяется значение коэффициента k для вычисления среднеквадратического отклонения (СКО) значения параметра от A_0 :

$$\sigma_{\pi} = \frac{s}{k}, \quad (4)$$

где $s = 0,5(A_B - A_H)$.

Определяется предел допустимого значения погрешности измерения параметра [6]

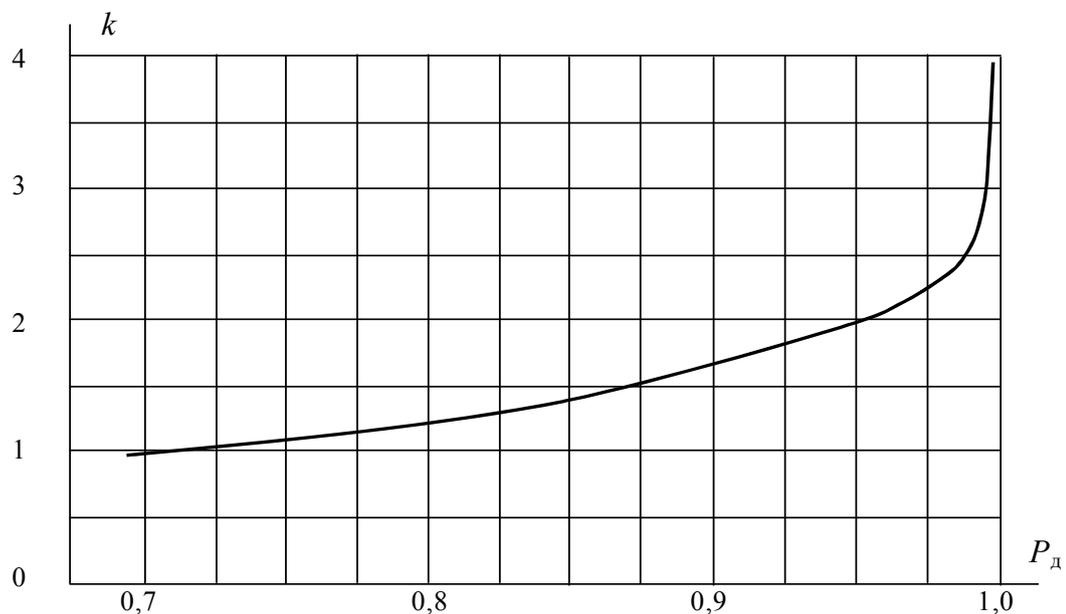


Рисунок 3 – Зависимость среднего числа проверок для локализации дефекта от значения доверительной вероятности попадания результата измерения параметра в заданный интервал

$$\Delta_T \leq 0,33s, \quad (5)$$

СКО результата измерения [12, 15]

$$\sigma_{\Pi} = \frac{\Delta_T}{\sqrt{3}} \quad (6)$$

и вычисляется отношение $r_1 = \frac{\sigma_{\Pi}}{\sigma_{\Pi}}$.

Поскольку любые ошибки (признание выхода значения параметра за допустимые пределы при его соответствии норме и признание параметра соответствующим допустимым пределам изменения при выходе из них) приводят к отклонению траектории поиска дефектов от истинной (при отсутствии ошибок) по условному алгоритму диагностирования, то вероятности их возникновения (α , β) можно считать равными [1, 2] и вычислять по выражению [12]

$$\alpha = \beta = 0,5(1 - p). \quad (7)$$

По известным функциональным зависимостям для симметричных (рис. 4) и односторонних (рис. 5) допусках на контролируемый параметр [6] определяется значение $r_2(\alpha, k)$.

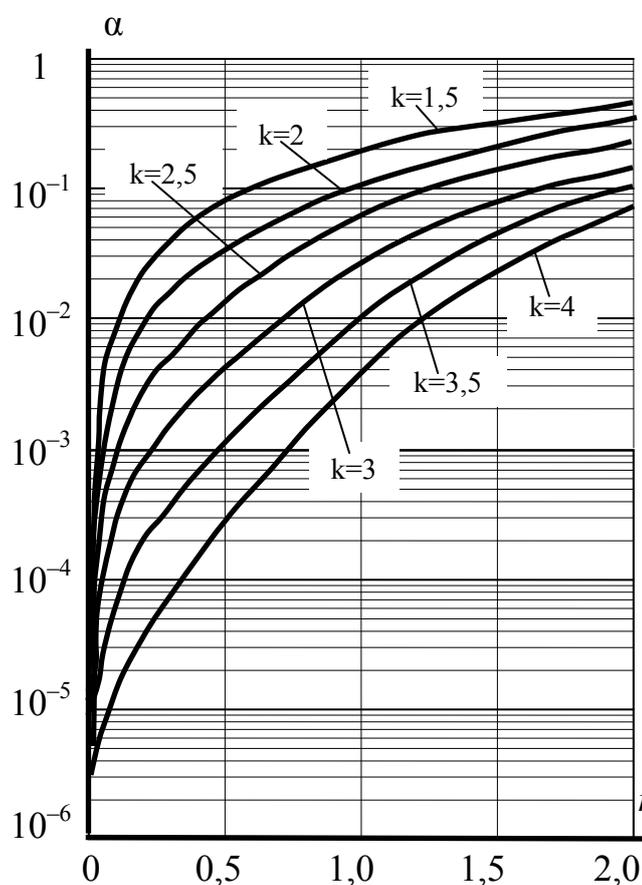


Рисунок 4 – Значения условных вероятностей ложного отказа при симметричных допусках на контролируемый параметр

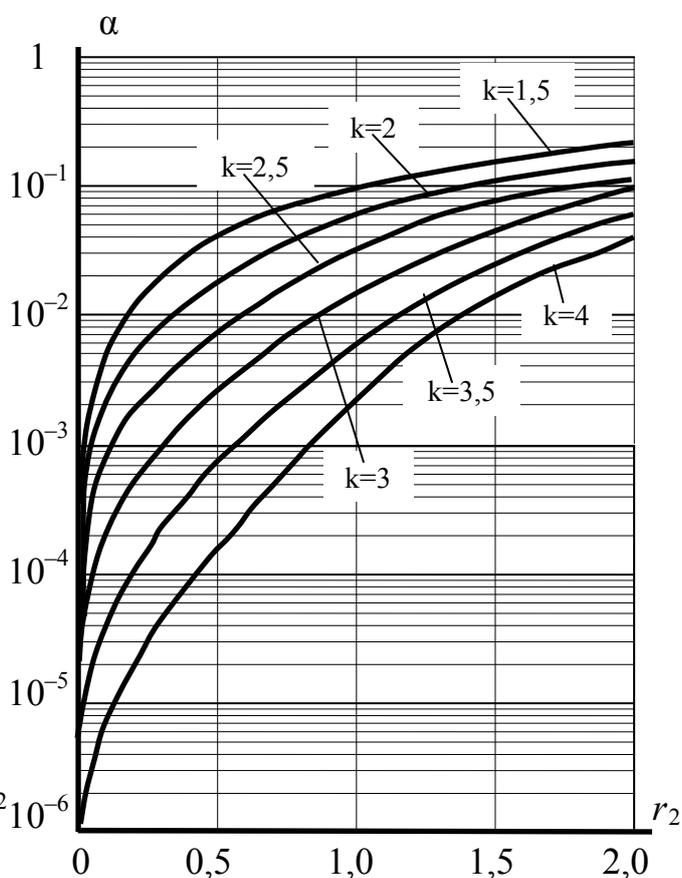


Рисунок 5 – Значения условных вероятностей ложного отказа при одностороннем допуске на контролируемый параметр

Из полученных значений коэффициентов r_1 и r_2 выбирается меньшее (обозначается r), которое используется для уточнения допустимого СКО результата измерения контролируемого параметра

$$\sigma_{\Pi} = r\sigma_{\Pi}. \quad (8)$$

В таком случае требуемое значение предела допустимой погрешности измерения параметра принимает значение

$$\Delta_T = k\sigma_n. \quad (9)$$

По номинальному значению параметра (A_0) или верхнему пределу ϵ_7 го изменения (A_B) выбирается длина шкалы или предел измерения СИ, что позволяет определить его класс точности (K_T). Поскольку максимальная относительная погрешность измерений δ_{\max} пропорциональна отношению длины шкалы (A_N) к измеренному значению, математическое ожидание которого равно A_0 ,

$$\delta_{\max} = \pm \frac{K_T A_N}{100 A_0}, \quad (10)$$

то СИ необходимо выбирать так, чтобы его показания при измерениях были в последней трети шкалы [13]:

$$A_0 \approx \frac{5 A_N}{6}, \quad (11)$$

откуда получаем $A_N \geq 1,2 A_0 \geq A_B$.

Класс точности – обобщенная характеристика СИ, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей [16], выражается числом из следующего ряда:

$$K_T = 1 \cdot 10^n; 1,5 \cdot 10^n; 2 \cdot 10^n; 2,5 \cdot 10^n; 4 \cdot 10^n; 5 \cdot 10^n; 6 \cdot 10^n,$$

где $n = 1, 0, -1, -2$ и т.д. [12, 15].

С учетом влияния дополнительных погрешностей от изменения температуры и внешних магнитных полей фактическая погрешность измерения составит [6]

$$\Delta_\Phi = 0,0105 K_T A_N. \quad (12)$$

Если не соблюдается условие $\Delta_\Phi \leq \Delta_T$, то необходимо увеличить значение P_D и повторить решение. При соблюдении условия вычисляются величина поля допуска

$$\epsilon = s - \Delta_\Phi \quad (13)$$

и границы допуска на измерение параметра [4]

$$D_H = A_H + \epsilon, D_B = A_B - \epsilon. \quad (14)$$

Характерно, что изменение поля допусков существенно влияет на значение β , а изменение погрешностей измерений – на α : при изменении поля допусков от 0 до 3σ параметр β уменьшается в 1000 раз, а α увеличивается в 10 раз; при уменьшении погрешности измерений в 15 раз значение α уменьшается в 400 раз [2, 4].

Порядок определения метрологических характеристик СИ для обслуживания и ремонта РЭС обобщен в виде алгоритма на рис. 6. Рассмотрим его использование на конкретном примере: выборе СИ для текущего ремонта подсистемы управления функционированием радиопередатчика большой мощности, бинарный алгоритм диагностирования которого приведен в [17].

Объект состоит из $L = 25$ элементов; среднее число проверок для локализации одного дефекта $k_{cp} = 5,44$; среднее время выполнения проверки $t_n = 3,5$ мин; среднее время устранения неисправности $t_y = 5$ мин; допустимое время текущего ремонта $T_e = 30$ мин, $m = 2$, $\mu = 1$.

По рис. 1 получаем, что для приведенных исходных данных

$$p \geq k \sqrt{\frac{kt_n + t_y}{T_e}} = 0,97; \rho_{\max} = \frac{25 + 5,44 - 1}{2} \cdot 0,03 \cdot 0,97^{5,44-1} = 0,38 < 1.$$

В качестве диагностических параметров используются постоянные напряжения: $A_0 = 24$ В, $A_H = 22$ В, $A_B = 26$ В.

Далее по алгоритму рис. 6 находим $s = 2$ В; выбираем $P_D = 0,95$; $k = 2$; $\sigma_n = 1$; $\Delta_T = 0,66$ В; $\sigma_n = 0,381$; $r_1 = 0,381$; $\alpha = 0,015$; $r_2 = 0,3$; $r = r_2$; $\sigma_n = 0,3$; $\Delta_T = 0,6$ В; $A_N = 30$ В $>$ $A_B = 26$ В; $K_T = 2$; $\Delta_\Phi = 0,63$ В $>$ $\Delta_T = 0,6$ В.

Увеличиваем значение P_D до 0,987, тогда $k = 2,5$; $\sigma_n = 0,8$; $\Delta_T = 0,66$ В; $\sigma_n = 0,381$; $r_1 = 0,476$; $\alpha = 0,015$; $r_2 = 0,5$; $r = r_1$; $\sigma_n = 0,38$; $\Delta_T = 0,95$ В; $K_T = [3,17] = 2,5$; $\Delta_\Phi = 0,79$ В $<$ Δ_T ; $\epsilon = 1,21$ В.

В качестве СИ выбираем вольтметр В7-36 ($p = 0,999$) или комбинированный прибор Ц-4315 с классом точности $K_T = 2,5$, длиной шкалы 30 В и ценой деления 1 В, тогда $D_H = 22,8$ В и $D_B = 25,2$ В.

Следовательно, при диагностировании необходимо задавать пределы изменения напряжения в проверочных точках от D_H до D_B , а при попадании результатов в области значений от A_H до D_H и от D_B до A_B выполнять повторные измерения или считать, что значение параметра не в норме.

Рассмотрим использование алгоритма рис. 1 также на конкретном примере – выборе СИ для диагностирования блока группового оборудования аппаратуры передачи с частотным разделением каналов. Блок состоит из $L = 32$ типовых элементов замены, необходимо обеспечить $T_B \leq 20$ мин при $t_p = 2$ мин и $t_y = 5$ мин.

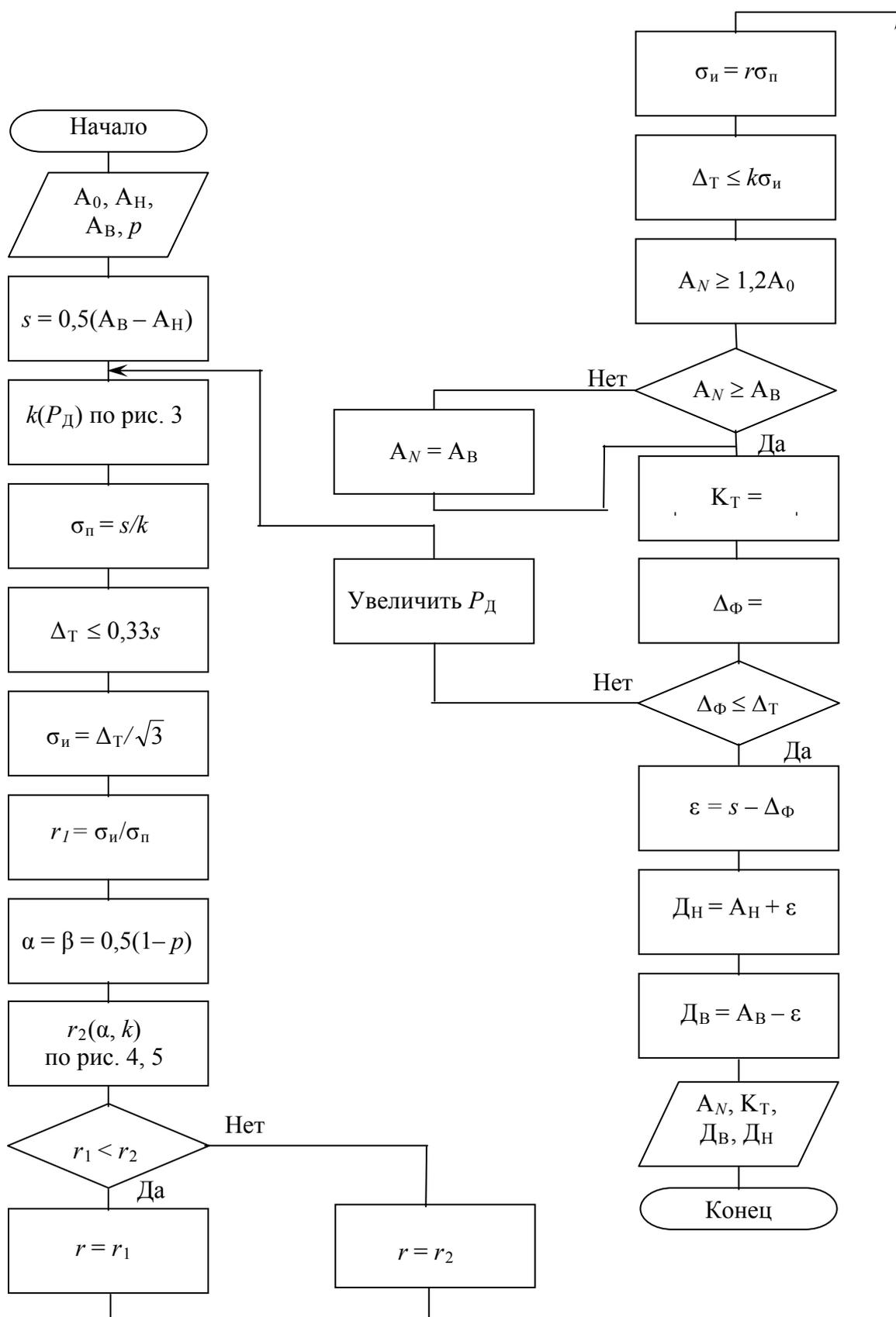


Рисунок 6 – Порядок определения метрологических характеристик СИ

Поиск дефекта выполняется по бинарному УАД из работы [18], у которого $k = \lceil 5,47 \rceil = 6$, тогда по алгоритму рис. 1 получаем: $p_{\min} = 0,973$ и $p_{\max} = 0,427 < 1$. Для диагностирования можно использовать аналоговый измерительный комплект П-322, тогда $p = 0,995$ и $p_{\max} = 0,089$, или цифровой измерительный комплект П-326, тогда $p = 0,999$ и $p_{\max} = 0,018$, что лучше.

IV Выводы

1. В результате анализа литературы по метрологическому и диагностическому обеспечению РЭС исследован и формализован порядок определения метрологических характеристик СИ, используемых для обслуживания и ремонта РЭС.

2. Полученные результаты целесообразно использовать при комплектовании ремонтных органов СИ, разработке метрологического обеспечения существующих и перспективных РЭС.

В дальнейшем необходимо исследовать процесс выбора метрологических характеристик СИ для реализации группового поиска кратных дефектов в РЭС.

Литература: 1. Ксенз С. П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств. – М.: Радио и связь, 1989. – 248 с. 2. Теоретические и прикладные задачи диагностирования средств связи и автоматизации. – Л.: ВАС, 1990. – 336 с. 3. Сакович Л. Н., Дзюба В. Н., Павлов В. П. Выбор средств измерения согласно требованиям к ремонтпригодности средств связи // Зв'язок. – 2003. – № 2. – С. 23 – 25. 4. Автоматизация радиоизмерений / Под ред. В. П. Балашова. – М.: Сов. радио, 1966. – 528 с. 5. Метрология, стандартизация и измерения в технике связи / Под ред. Б.П. Хромого. – М.: Радио и связь, 1986. – 424 с. 6. Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники / Под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с. 7. Володарський Є. Т., Кухарчук В. В., Поджаренко В. О., Сердюк Г. Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. – Вінниця: Велес, 2001. – 219 с. 8. Сакович Л., Мервінський О., Курченко О. Помилки діагностування засобів ТЗІ загального призначення при агрегатному методі ремонту // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. – 2001. – № 2. – С. 79 – 85. 9. Сакович Л. Н., Курченко О. А., Леценко Ю. Н. Оценка диагностических ошибок с применением бинарных условных алгоритмов // Зв'язок. – 2002. – № 2. – С. 30 – 33. 10. Сакович Л. Н., Курченко О. А., Леценко Ю. Н. Оценка диагностических ошибок с использованием цифровых средств измерений // Зв'язок. – 2002. – № 3. – С. 25 – 27. 11. Бычков А. А. Методы учета эргономических требований при проектировании и эксплуатации средств связи. – К.: КВИУС, 1976. – 56 с. 12. Тартаковский Д. Ф., Ястребов А. С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. – М.: Высш. шк., 2001. – 205 с. 13. Жих Л. В. Измерения в технике связи. – К.: КВВИУС, 1984. – 446 с. 14. Чепиль А. М. Теория вероятностей. – К.: КВИРТУ, 1981. – 188 с. 15. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах / Под ред. В.И. Нефедова. – М.: Высш. шк., 2001. – 383 с. 16. ДСТУ 2681–94. Метрологія. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 68 с. 17. Сакович Л. Н., Рыжак В. А. Автоматизация диагностирования средств связи с кратными дефектами // Зв'язок. – 1997. – № 2. – С. 44 – 46. 18. Сакович Л. Н., Курченко О. А. Диагностирование многовыходных аналоговых объектов // Зв'язок. – 2001. – С. 52 – 54.