

ОПС, значения параметров. При этом процедура верификации потребует проведения тестов до получения наилучшего результата. В настоящей работе были исследованы тесты только для различных реализаций ЦВЗ, полученных в виде линейной или нелинейной функции некоторого секретного ключа.

Литература 1. Малахов В. П., Маракова И. И. Исследование секретных систем с цифровыми водяными знаками // Труды Одесск. нац. политех. ун-та. — 2004. — вып. 1, С. 123 — 131. 2. Coppersmith D., Mintzer E., Tresser C., Wu C. W., Yung M. M. Fragile Imperceptible Digital Watermark with Privacy Control // Security and Watermarking of Multimedia Contents. — SPIE-3657. — 1999. — P. 79 — 84. 3. Schneier B. Applied Cryptography. Protocols, Algorithms and Source Code. — J. Wiley & Sons — N. Y. — 1994. — 618 p. 4. C. Schlegel, Trellis Coding, — IEEE Press, — 1997. — 340 p. 5. Pratt W. K. Digital Image Processing. — J. Wiley & Sons. — N. Y. — 2001. — 734 p.

УДК 621.396.6

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ И ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДЕФЕКТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ С АВАРИЙНЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ

Лев Сакович, Виталий Павлов

Спецфакультет СБ Украины в составе ВИТИ НТУУ «КПИ»

Аннотация: Встановлено порядок перевірки конструктивних елементів пошкоджених засобів зв'язку систем захисту інформації, обґрунтовано критерій визначення мінімального числа перевірених конструктивних одиниць виробів за заданою ймовірністю оцінки реального технічного стану, формалізовано процес визначення ступеня пошкодження обладнання засобів захисту інформації з апіорно невідомим ступенем пошкодження.

Summary: The certain order of the check constructive element damaged meanses of protection information, is motivated criterion of the determination of the minimum number checked constructive units of the product on given probability of the estimation of the real technical condition, formalized process of the determination degree damages of the equipping the meanses of protection information with a priori unknown degree of the damage.

Ключевые слова: Радиоэлектронные средства, аварийные повреждения, ремонт, дефектация.

I Введение

Под дефектацией понимается процесс определения степени повреждения объекта, выявления явных дефектов и устранения вызванных ими неисправностей при восстановлении работоспособности оборудования систем защиты информации (СЗИ) после получения аварийных повреждений. Дефектация проводится для установления реального технического состояния поврежденного объекта и завершается выводом о целесообразности ремонта, его виде и месте проведения [1, 2].

II Постановка задачи

Анализ известных публикаций по дефектации [1 – 3] позволяет сформулировать постановку научной задачи исследований: при повреждении СЗИ известной конструкции необходимо установить за минимальное время с заданной вероятностью степень ее разрушения для принятия обоснованного решения о целесообразности и месте выполнения ремонта или списании и утилизации. С этой целью необходимо решить ряд частных задач:

1. установить порядок проверки технического состояния конструктивных единиц СЗИ;
2. сформировать комплексную оценку технического состояния СЗИ;
3. определить критерий завершения процесса дефектации.

Дефектация СЗИ является составной частью процесса ремонта, существенно влияющей на общее время восстановления их работоспособности. Технология дефектации исследована и разработана не в достаточной мере, что затрудняет работу персонала ремонтных органов по определению степени повреждения СЗИ и принятию обоснованного решения о целесообразности и месте проведения ремонта. Цель настоящей работы – исследование процесса дефектации для алгоритмизации и формализации действий персонала ремонтных органов при определении степени повреждения СЗИ.

III Основная часть

Наиболее подвержена аварийным повреждениям мобильная компонента СЗИ, основную часть оборудования которой составляют радиоэлектронные средства (РЭС).

III. 1 Алгоритмизация дефектации оборудования мобильной компоненты системы защиты информации

Дефектация СЗИ с аварийными повреждениями осуществляется группой специалистов поэтапно по совокупности признаков, которые можно разделить на группы. Например, для определения степени повреждения станций связи целесообразно выделить следующие этапы:

- оценка состояния кузова и внешнего оборудования станции;
- оценка состояния стоек и корпусов РЭС в кузове;
- оценка состояния электрорадиоэлементов (ЭРЭ) в блоках РЭС.

Каждый этап дефектации имеет несколько несовместимых исходов, что позволяет представлять процесс экспертной оценки состояния и формирования обоснованного вывода о степени повреждения объекта в виде алгоритма, приведенного на рис. 1.

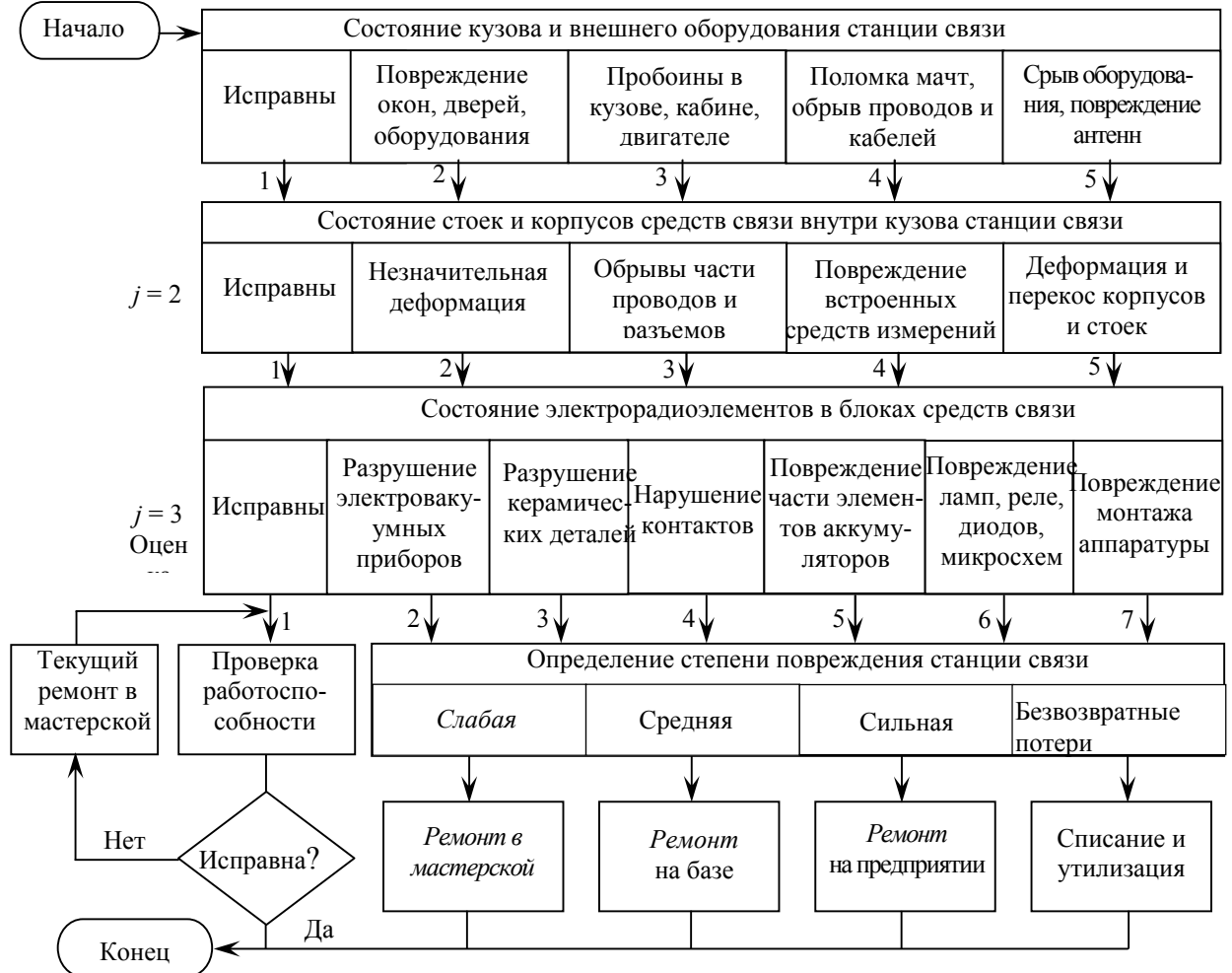


Рисунок 1 – Алгоритм оценки степени повреждения станций связи

В данном случае на первом этапе оценки возможно $m_1 = 5$ исходов, на втором – $m_2 = 5$ исходов, а на третьем – $m_3 = 7$ исходов. Таким образом, общее число возможных исходов классификации Γ составляет

$$\Gamma = \prod_{i=1}^k m_i, \quad (1)$$

где k – число этапов дефектации.

В рассматриваемом примере $k = 3$ и $\Gamma = 175$, но полностью однозначное заключение возможно только в 21 случае, из них: текущий ремонт – 1; слабые повреждения – 8; средние повреждения – 12. Следовательно, в остальных 154 случаях, что составляет 88 % от общего числа возможных исходов, имеет место неопределенность. Обозначим через r результат классификации этапа дефектации. Например, при результатах оценки выполнения этапов дефектации $r_1 = 3, r_2 = 4, r_3 = 7$ получаем средние повреждения объекта, а при результатах $r_1 = 2, r_2 = 5, r_3 = 3$ степень повреждения не определена (табл. 1), поскольку оценки выполнения этапов противоречивы.

Таблица 1 – Определение степени повреждения объекта по оценке результатов этапов дефектации

Этап дефектации	Результаты оценки этапов дефектации		
	Текущий ремонт	Слабые повреждения	Средние повреждения
1	1	2	3, 4, 5
2	1	2, 3	4, 5
3	1	2, 3, 4, 5	6, 7

Полученные результаты подтверждают возможность и целесообразность алгоритмизации процесса дефектации РЭС. В то же время они убедительно доказывают, что для получения объективной оценки технического состояния РЭС необходимо использовать математический аппарат теории нечетких множеств [4] – в силу возникающей неопределенности степени повреждения РЭС. Алгоритм дефектации и реализации её результатов приведен на рис. 2.

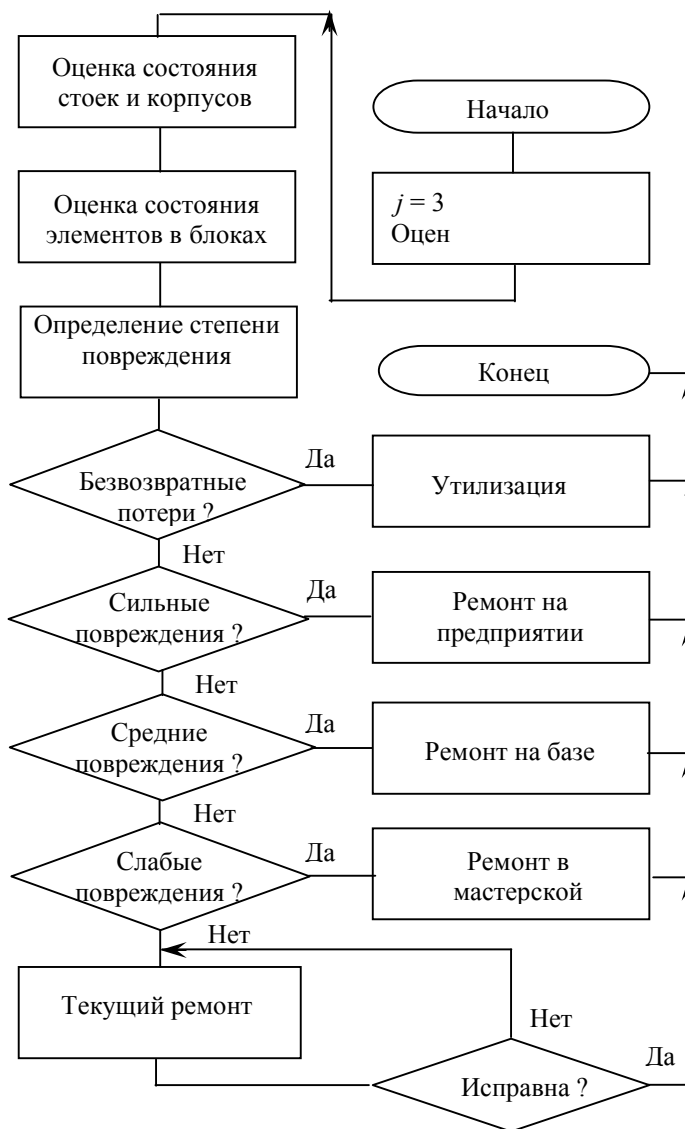


Рисунок 2 – Алгоритм дефектации и реализации её результатов

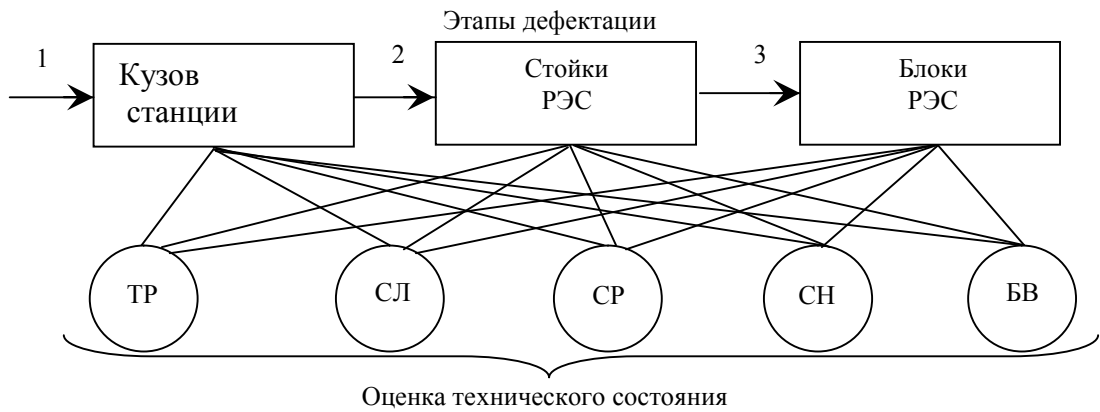


Рисунок 3 – Сетевая модель оценки технического состояния РЭС

Дальнейшая модификация исходного алгоритма вида рис. 3 приводит к сетевой модели, представленной на рис. 4.

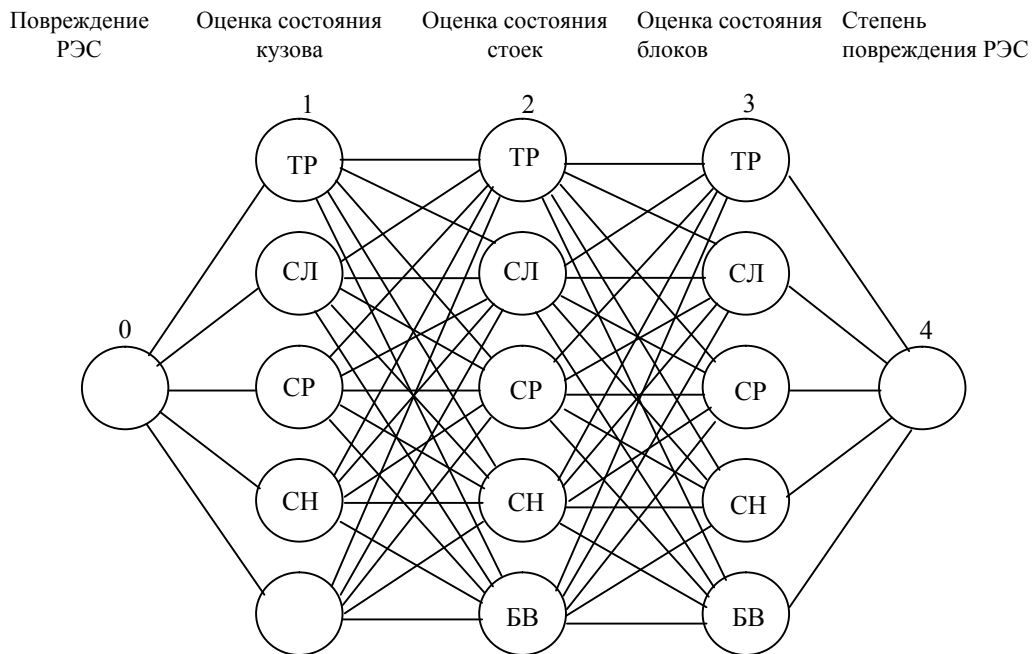


Рисунок 4 – Обобщенная сетевая модель оценки технического состояния РЭС

Оценка состояния кузова, стоек и элементов в блоках осуществляется бригадой ремонтников (группой экспертов) по известным симптомам внешним осмотром с частичной разборкой аппаратуры. Очевидно, что влияние степени повреждения кузова, стоек и элементов в блоках на работоспособность РЭС различно: например, при сильных повреждениях кузова в результате механических воздействий (падение дерева, опрокидывание в кювет) и исправных РЭС станция в экстремальных условиях может использоваться по назначению (после текущего ремонта). Следовательно, при формировании комплексной оценки состояния станции наиболее важно состояние элементов в блоках, межблочных соединений и наименее важно состояние кузова и дополнительного оборудования. Это обстоятельство учитывается введением весовых коэффициентов, позволяющих разрешить неопределенность при различной оценке степени повреждения основного оборудования станции.

Численное значение весовых коэффициентов определено в результате экспертного опроса специалистов высокой квалификации и с большим опытом работы по ремонту РЭС с аварийными повреждениями: $K_1 = 0,2$; $K_2 = 0,3$; $K_3 = 0,5$, где индекс соответствует этапу дефектации (рис. 4).

III. 2 Обоснование и алгоритмизация порядка проверки элементов РЭС при дефектации

В технической диагностике для выбора способа реализации проверки параметров из множества возможных используется такой показатель, как вероятность предпочтительного выбора [1, 5]. Аналогичный показатель целесообразно использовать при ранжировке конструктивных единиц РЭС для определения порядка проверки их технического состояния: начинать проверку с блоков, наиболее важных с позиции восстановления работоспособности, наименее стойких к повреждению и требующих минимального времени на проведение дефектации. Тогда вероятность предпочтительного выбора блока для проверки

$$W_i = \frac{v_i g_i}{t_i}, \quad (2)$$

где v_i – коэффициент значимости блока i ; g_i – вероятность повреждения блока i ; t_i – среднее время оценки состояния блока i .

Если значение g_i неизвестно, то считаем, что $g_i = g$ (равновероятны), тогда влияние g_i в выражении (2) не учитывается:

$$W_i (g_i = g) = \frac{v_i}{t_i} \quad (3)$$

или задается значение $g = 1/M$:

$$W_i = \frac{v_i}{M t_i}, \quad (4)$$

где M – число конструктивных единиц (блоков) РЭС ($i = \overline{1, M}$).

Очевидно, чем больше значение v_i , тем весомее влияние оценки состояния блока i на результат дефектации РЭС. Значение g_i определяется исходя из статистических данных или по методике [8], причем в (2) используется нормированное значение вероятности

$$\sum_{i=1}^M g_i = 1. \quad (5)$$

Аналогичным образом определяется значение t_i , тогда максимальное время дефектации РЭС составит

$$T_{d\max} = \sum_{i=1}^M t_i. \quad (6)$$

Поскольку значение t_i зависит от конструкции изделия и числа элементов l_i в блоке i , то выражение (2) возможно преобразовать к виду

$$W_i = \frac{v_i g_i}{l_i}, \quad (7)$$

считая, что время дефектации пропорционально числу проверяемых элементов l_i . Тогда перед дефектацией средств связи необходимо осуществить ранжировку конструктивных единиц по правилу

$$W_i \geq W_{i+1} \quad (8)$$

и начинать оценку технического состояния с блоков, имеющих большее значение W_i . В таком случае вероятность правильного результата дефектации изделия пропорциональна числу проверенных элементов

$$P = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^b l_i, \quad (9)$$

где b – число проверенных блоков; L – общее число элементов в изделии.

Рассмотрим порядок определения значений v_i . Поскольку современные РЭС выполнены на разнотипной элементной базе с различной стойкостью к воздействию разрушающих факторов, то при типовой конструкции аппаратуры (стойка, упаковка, блок, типовой элемент замены) это обстоятельство является определяющим при задании порядка дефектации конструктивных элементов: предпочтение следует отдавать блокам, содержащим в равных пропорциях (относительно аппаратуры в целом) разнотипные элементы. Тогда объективная оценка состояния изделия будет определена за минимальное число проверок конструктивных элементов. Данная характеристика конструктивных элементов количественно оценивается значением среднеквадратического отклонения числа ЭРЭ всех типов в блоке i от среднего в аппаратуре РЭС:

$$\sigma_i = \frac{1}{M} \sqrt{\sum_{\tau=1}^E (Mn_{i\tau} - N_\tau)^2 \frac{n_{i\tau}}{N_\tau}}, \quad (10)$$

где E – число групп (типов) ЭРЭ в аппаратуре; $N_\tau = \sum_{i=1}^M n_{i\tau}$ – количество ЭРЭ типа τ в РЭС; $n_{i\tau}$ – количество ЭРЭ типа τ в блоке i ; $\tau = \overline{1, E}$.

При $\sigma_i = 0$ соотношение типов ЭРЭ в блоке i соответствует аппаратуре в целом, то есть его техническое состояние (при равномерном распределении дефектов в объекте) идентично состоянию аппаратуры: $v_i(\sigma_i = 0) = 1$. Аналогичный показатель широко используется в технической диагностике при выборе проверки для реализации неоднородных условных алгоритмов при разработке диагностического обеспечения [1, 5, 8]. Значение W_i вычисляется по алгоритму рис. 5, где все исходные данные получают из анализа принципиальных схем изделия.

Определение последовательности проверки блоков ($R = \overline{1, M}$) осуществляется по следующим правилам:

- ранжировка блоков в порядке убывания значения W_i ;
- при равенстве значений $W_i = W_j$ ранжировка блоков по убыванию числа элементов $l_i > l_j$;
- при равенстве значений $W_i = W_j$ и $l_i = l_j$ ранжировка блоков по прохождению энергии и информации в РЭС;
- значение R численно равно порядковому номеру положения блока в списке после ранжировки.

III. 3 Формирование комплексной оценки технического состояния РЭС по результатам дефектации

Комплексная оценка степени повреждения РЭС после выполнения всех этапов дефектации (рис. 1) вычисляется по выражению

$$C = \sum_{i=1}^3 S_i K_i, \quad (11)$$

где S_i – оценка степени повреждения станции на этапе i ; K_i – весовой коэффициент важности этапа i .

В данном случае (рис. 4) $S_i = \overline{1, 5}$ и $\sum_{i=1}^3 K_i = 1$.

Использование выражения (11) даже при несовместных результатах выполнения этапов дефектации дает удовлетворительные результаты оценки степени повреждения объекта. Устойчивое совпадение результатов проверки блоков последующих с предыдущими или заданное значение доверительной вероятности могут быть приняты за критерий остановки процесса дефектации.

Степень повреждения элементов в блоках аппаратуры, определяемая на третьем этапе дефектации (S_3), оказывает наибольшее влияние на оценку технического состояния станции связи в целом ($K_3 > K_2 > K_1$). Значение S_3 является дискретной случайной величиной, математическое ожидание которой [9]

$$S_3 = \sum_{i=1}^b s_i p_i; \quad b = \overline{1, M}, \quad (12)$$

где p_i – вероятность оценки состояния блока i степенью повреждения блока $s_i = \overline{1, 5}$. Количественная оценка значения p_i в силу неопределенности, неполноты и недостоверности исходных данных затруднительна, поэтому для вычисления значения S_3 предлагается следующий подход.

В качестве критерия оценки степени повреждения объекта принимается отношение числа дефектов Q к общему числу элементов L [1 – 3]. На рис. 6 приведена зависимость относительного числа дефектов от степени повреждения элементов в блоках РЭС, где $s = 1$ – (ТР), $s = 2$ – (СЛ), $s = 3$ – (СР), $s = 4$ – (СН), $s = 5$ – (БВ).

После получения экспертных оценок степени повреждения отдельных блоков (по совокупности симптомов), которые могут не совпадать, определяется число неисправных элементов в проверенных блоках и вычисляется общее отношение Q/L для b блоков, что позволяет количественно оценить степень повреждения объекта в целом и дать объективную характеристику его технического состояния. Тогда, понимая под объектом блок, по рис. 6, подставляя граничные значения степени повреждения, получаем аналитическое выражение для количественной оценки доли неисправных элементов в среднем в виде многочлена второй степени:

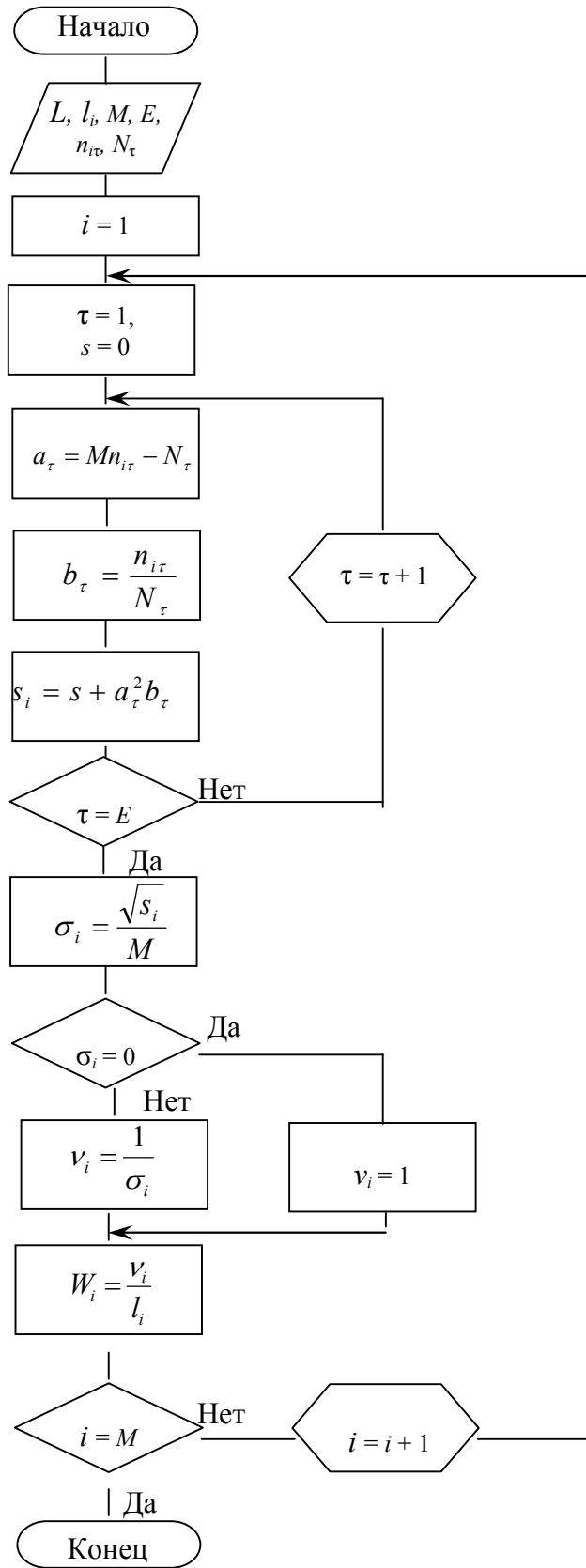
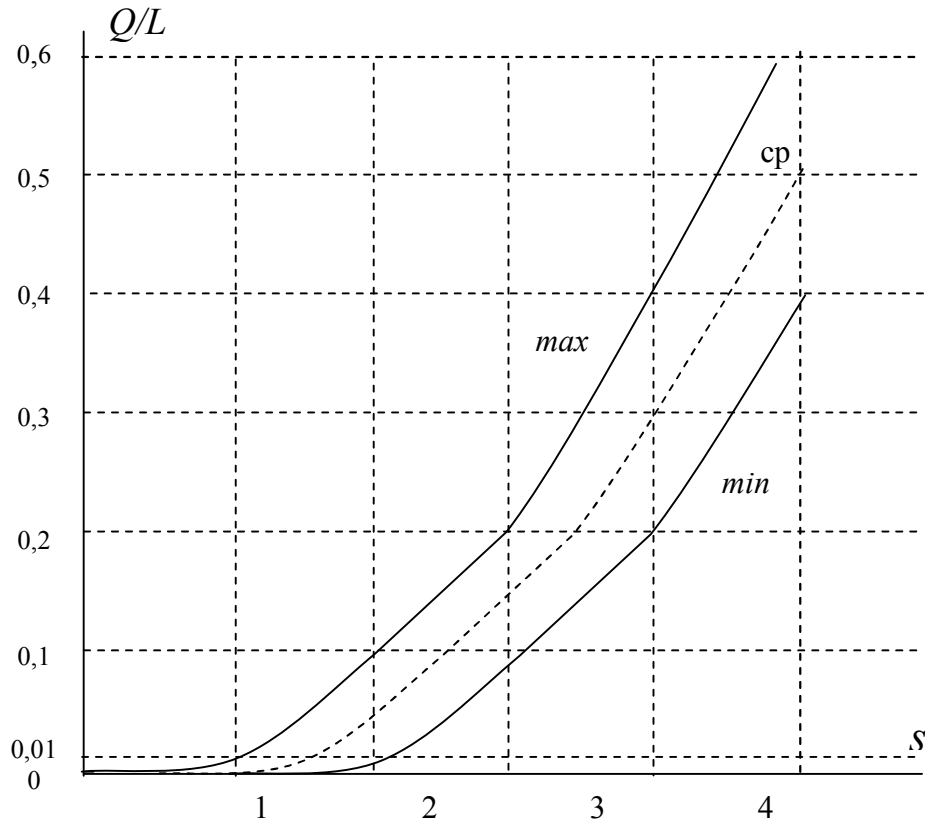


Рисунок 5 – Алгоритм определения вероятности предпочтительного выбора блока для проверки



Рисунк 6 – Зависимость относительного числа дефектов от степени

$$Q / L = 0,025s_i (s_i - 1). \quad (13)$$

Среднее число неисправных элементов в блоке i равно

$$Q_i = 0,025l_i s_i (s_i - 1), \quad (14)$$

а для b блоков степень повреждения объекта определяется соотношением

$$A_b = \frac{0,025 \sum_{i=1}^b l_i s_i (s_i - 1)}{\sum_{i=1}^b l_i}; \quad (15)$$

$$\lim_{b \rightarrow M} A_b = \frac{Q}{L} = S_3. \quad (16)$$

Подставляя (15) в (13), окончательно получаем оценку степени повреждения объекта по оценке состояния отдельных блоков:

$$S_3 = 0,5 + \sqrt{0,25 + A_b / 0,025}. \quad (17)$$

Данный подход ориентирован на наихудший случай – равномерное распределение дефектов среди однотипных элементов в объекте. При наличии явных повреждений решение упрощается [1 – 3, 5, 8].

Результаты имитационного моделирования при равномерном распределении дефектов в объекте из однотипных элементов, полученные с использованием ЭВМ по рекомендациям [10], показывают, что число проверенных элементов после некоторого их количества не вносит существенных изменений в конечный результат (см. рис. 7, где Q^* – число дефектов, обнаруженных после проверки l элементов).

По экспериментальным данным (рис. 7) в зависимости от числа проверенных элементов можно установить степень повреждения объекта при заданной точности её определения, равной $|Q^*/l - Q/L| = 0,05$ (рис. 6).

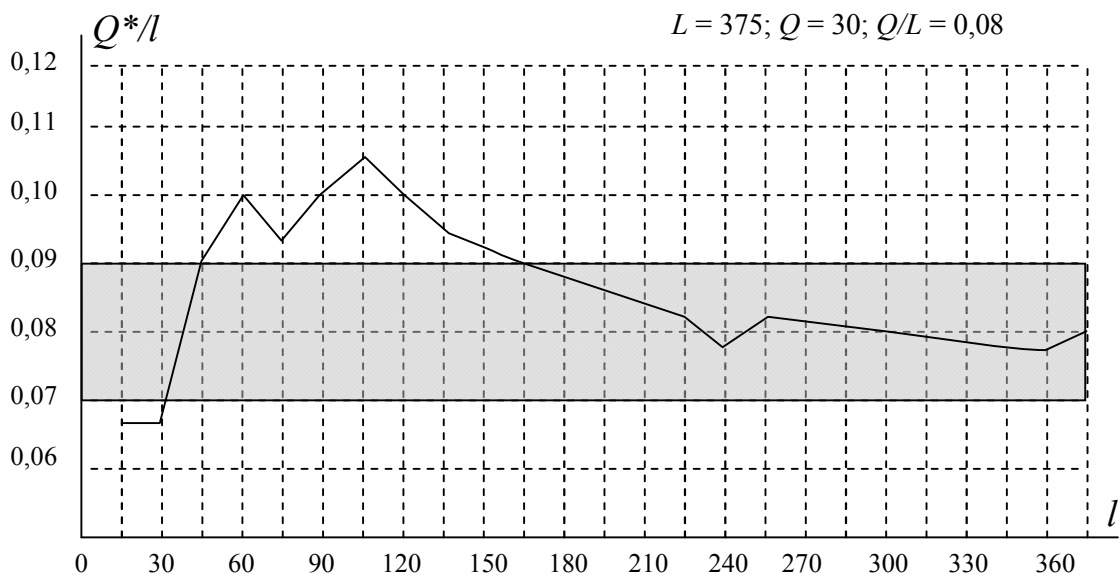


Рисунок 7 – Зависимость относительного количества обнаруженных дефектов от числа проверенных элементов

III. 4 Определение критерия завершения дефектации

Рассмотрим порядок количественной оценки критерия завершения дефектации и определения числа проверяемых блоков для обеспечения требуемой достоверности результата. Подобная постановка задачи соответствует оценке неизвестной вероятности появления события по его частоте в серии независимых опытов [9]. Под событием *A* будем понимать состояние проверяемого элемента изделия: 1 – элемент неисправен, 0 – исправен. Необходимо определить доверительный интервал для математического ожидания случайной величины – степени повреждения объекта.

При средних и сильных повреждениях РЭС функция распределения случайной величины близка к нормальному закону, так как значение искомой вероятности находится в пределах $0,1 \leq Q/L \leq 0,4$, а число проверяемых элементов *l* достаточно велико. Это допущение справедливо при выполнении условия [9]

$$\begin{cases} l \cdot Q/L > 4, \\ l(1 - Q/L) > 4, \end{cases} \quad (18)$$

которое в данном случае соблюдается при $l > 40$.

Назначим доверительную вероятность определения степени повреждения объекта $P \geq 0,9$ при допустимом отклонении значения Q^*/l от истинного. Тогда

$$P(|Q^*/l - Q/L| < 0,05) = 0,9. \quad (19)$$

В таком случае с вероятностью $P = 0,9$ можно утверждать, что

$$\left| \frac{Q^*}{l} - \frac{Q}{L} \right| < t \sqrt{\frac{Q/L(1 - Q/L)}{l}}, \quad (20)$$

где значение *t* определяется по рис. 8 [9]. В частности, $t(P = 0,9) = 1,643$.

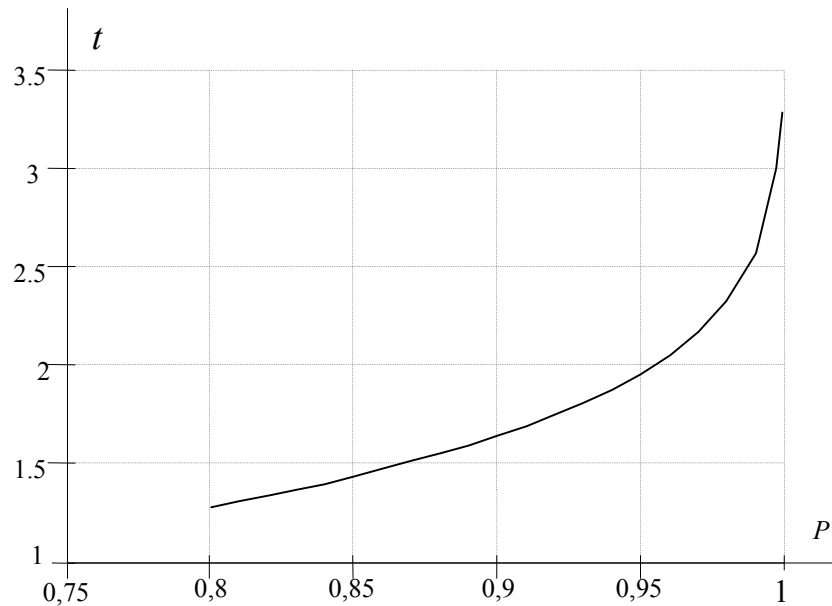


Рисунок 8 – Зависимость числа средних квадратических отклонений от величины доверительной вероятности

Неравенство (20) преобразуется к виду

$$\left(\frac{Q^*}{l} - \frac{Q}{L}\right)^2 < \frac{1,643^2}{l} \cdot \frac{Q}{L} \left(1 - \frac{Q}{L}\right), \quad (21)$$

откуда с учетом (19)

$$l > 657,2 \frac{Q}{L} \left(1 - \frac{Q}{L}\right). \quad (22)$$

Для анализируемой степени повреждения объекта из (22) получаем $l(Q/L = 0,1) > 59,1$; $l(Q/L = 0,4) > 157,8$, что не противоречит условию (18). Следовательно, при слабых, средних и сильных повреждениях РЭС для получения достоверного результата дефектации достаточно проверить не менее 160 однотипных элементов.

При $Q/L < 0,1$ искомое решение получаем по выражению [9]

$$l = \frac{\lg(1 - P)}{\lg(1 - Q/L)}. \quad (23)$$

Поскольку значение l имеет ориентировочный характер, то можно использовать приближенное выражение [5]

$$l \approx -\frac{\ln(1 - P)}{Q/L}. \quad (24)$$

При незначительных повреждениях объекта ($Q/L = 0,05$) получаем необходимое число проверяемых элементов

$$l(Q/L = 0,05) \approx -\frac{\ln 0,1}{0,05} = 46,$$

что не противоречит условию (22).

Таким образом, обобщая полученные результаты, можно сделать обоснованный вывод о том, что при дефектации объектов с априорно неизвестной степенью повреждения для получения результата с достоверностью $P \geq 0,9$ необходимо проверить техническое состояние не менее 160 однотипных элементов. Тогда условие завершения дефектации блоков аппаратуры, исходя из (9), принимает вид

$$\sum_{i=1}^b l_i \geq 160E, \quad (25)$$

где E включает основные группы (резисторы, конденсаторы, полупроводниковые приборы) и дополнительную группу, объединяющую малочисленные остальные ЭРЭ (трансформаторы, дроссели, предохранители, разъемы, переключатели, индикаторные приборы и лампочки и т. д.), откуда

$$P_{\text{дон}} = \frac{160E}{L} \text{ при } L \geq 160E \quad (26)$$

что соответствует современным РЭС, состоящим из тысяч ЭРЭ. Для РЭС можно считать $E = 4$, тогда $P_{\text{дон}} = 640/L$ при $L \geq 640$. Результаты имитационного моделирования подтверждают справедливость условия (25).

При ограниченном времени на дефектацию условие (25) может быть не выполнено, тогда доверительная вероятность и доверительный интервал оценки технического состояния РЭС зависят от числа проверенных однотипных элементов l :

$$l = \frac{Q/L(1-Q/L)^2}{(Q^*/l - Q/L)^2}. \quad (27)$$

Например, при слабых повреждениях объекта ($Q/L = 0,1$) после проверки $l = 100$ однотипных элементов с вероятностью $P = 0,9$ оценка состояния попадает в доверительный интервал $|Q^*/l - Q/L| = 0,05$. Задавая доверительный интервал равным 0,05, после проверки $l = 100$ элементов с вероятностью $P = 0,8$ можно сделать заключение о средних повреждениях.

III. 5 Алгоритм дефектации РЭС

Рассмотрим использование полученных результатов на конкретном примере – дефектации аппаратуры каналообразования П-330-6, состоящей из $M = 23$ блоков, объединяющих 2995 ЭРЭ, и базовой конструкции, содержащей 95 ЭРЭ. Среднее число элементов в конструктивной единице (блоке)

$$l_{\text{cp}} = \frac{2995 + 95}{23 + 1} = 129,$$

тогда, считая $E = 4$, по (26) получаем

$$P_{\text{дон}} = \frac{640}{3090} = 0,207,$$

для чего необходимо проверить

$$b = \left\lceil \frac{640}{129} \right\rceil = \lceil 4,96 \rceil = 5$$

блоков, что составляет 21% от их общего числа. Проверяемые блоки выбираются по критерию (7).

При отсутствии заранее подготовленной документации и примерно равновеликих по числу ЭРЭ блоках предпочтение следует отдавать наиболее важным для обеспечения функционирования РЭС: входящим в подсистему электропитания, генераторное оборудование, усилительные тракты и т. д.

Алгоритм дефектации блоков РЭС, учитывающий полученные результаты, приведен на рис. 9. Порядок его применения соответствует рассмотренным примерам.

IV Выводы

1. На основе анализа процесса дефектации РЭС с аварийными повреждениями показана необходимость использования при исследованиях математического аппарата теории нечетких множеств и теории графов.
2. Получена экспертная оценка значений весовых коэффициентов этапов дефектации РЭС.
3. Введен критерий количественной оценки конструктивных единиц изделия для последующей ранжировки с целью установления последовательности дефектации.
4. Получено аналитическое выражение для определения числа неисправных элементов в зависимости от установленной степени повреждения объекта.
5. Формализован порядок реализации и количественной оценки результатов дефектации РЭС, приведен пример использования.
6. Полученные результаты целесообразно использовать при разработке технической документации ремонтных органов по восстановлению работоспособности РЭС с аварийными повреждениями.

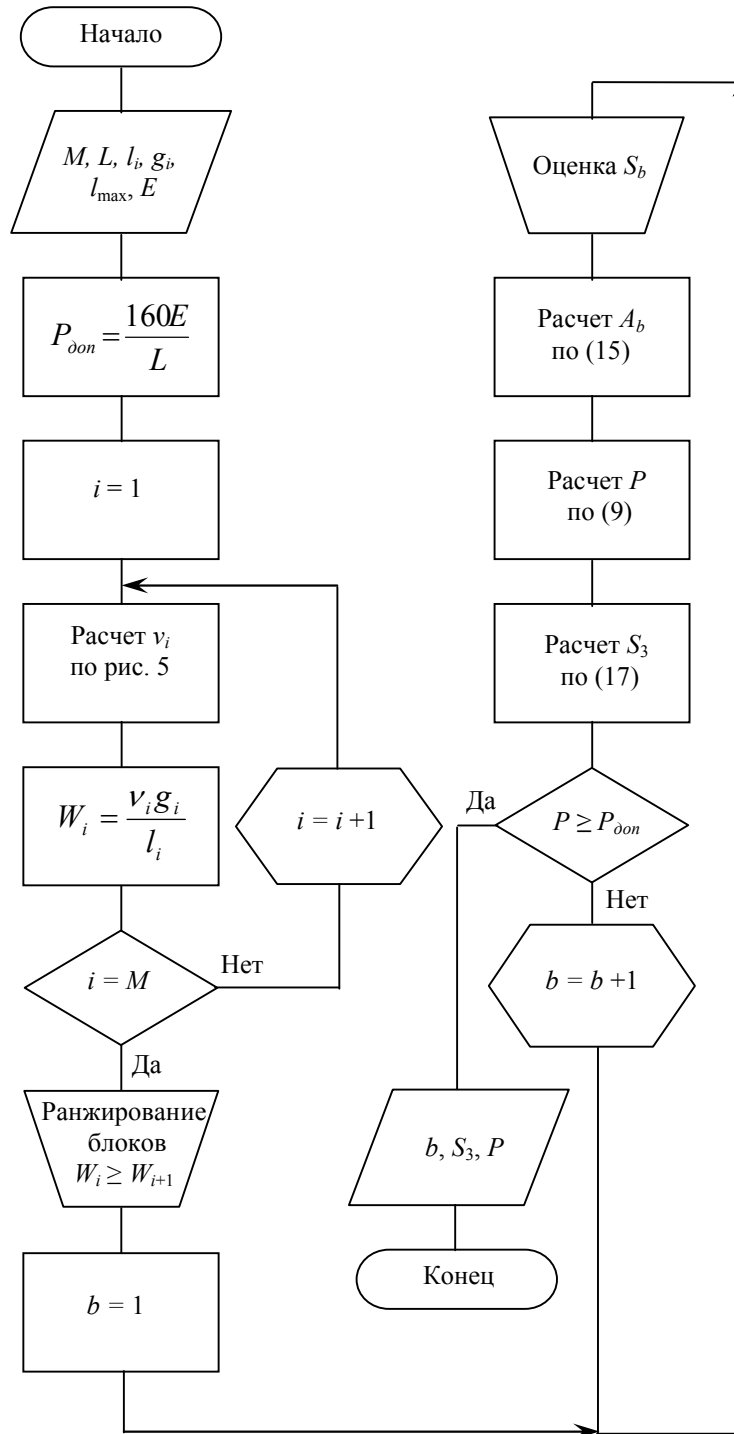


Рисунок 9 – Алгоритм дефектации блоков РЭС

Литература: 1. Диагностирование средств связи и управления при эксплуатационных отказах и множественных аварийных повреждениях / Под ред. С. П. Ксенза. – Л.: ВАС 1987. – 172 с. 2. Сакович Л., Павлов В., Рыжаков В. Моделирование процесса ремонта оборудования систем защиты информации с аварийными повреждениями // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. Вип. № 8. – К.: НТУУ “КПІ”. – 2004. – С. 10-19. 3. Сакович Л. Н., Павлов В. П. Моделирование процесса ремонта техники связи с аварийными повреждениями // Зв’язок, № 3. – 2004. – С.

54-58. 4. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: Пер. с англ. / Под ред. Р. Ф. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с. 5. Теоретические и прикладные задачи диагностирования средств связи и автоматизации / Под ред. С. П. Ксенза. – Л.: ВАС, 1990. – 336 с. 6. Орлов В. А. Граф – схемы алгоритмов распознавания. – М.: Наука, 1982. – 120 с. 7. Герасимов Б. М., Эйдельман С. Д. Высшая математика. Ч. 1. Математические методы оптимизации. – К.: КВИРТУ ПВО, 1990. – 172 с. 8. Ксенз С. П. Основы технической диагностики средств и комплексов связи и автоматизации управления. – Л.: ВАС, 1989. – 193 с. 9. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа, 2002. – 575 с. 10. Иващенко А. В., Сытченко Р. П. Основы моделирования сложных систем на ЭВМ. – Л.: ЛВВИУС, 1988. – 272 с.

УДК 621.396.96

АДАПТИВНАЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ В ЗАДАЧАХ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В РАДИОСВЯЗИ

Дмитрий Пиза, Борис Бондарев, Валерий Слепцов

Запорожский национальный технический университет

Анотація: Освоєння діапазону НВЧ загострило проблему радіоелектронної боротьби (РЕБ). Одним із способів захисту в умовах РЕБ є поляризаційна фільтрація прийнятих системою сигналів. Для оцінки ефективності адаптивної поляризаційної фільтрації авторами запропоновано використовувати об'єктивний показник – різницю між коефіцієнтами придушення завади та сигналу. Отриманий аналітичний вираз і чисельні результати дозволяють оцінювати ефективність поляризаційної фільтрації при довільних параметрах сигналів та завад.

Summary: Microwaves using was led to growth of the radioelectronic fight problem. Polarization filtering of receiving signals is one of the security methods in the radioelectronic fight. For the purposes of efficiency obtaining of the polarization filtering the objective factor was proposed – the difference between, the noise suppression factor and the signal one. Analytical and numerical results permit to evaluate the efficiency of polarization filtering for the arbitrary signal and noise parameters.

Ключевые слова: Поляризационная фильтрация, защита информации, радиосвязь.

I Введение

Известно, что в конфликтных условиях противоборствующие стороны могут использовать электронное подавление информационных систем. При этом оказывается ограниченным или невозможным управление как военными контингентами, так и гражданскими формированиями. Освоение в информационных системах диапазона сверхвысоких частот обострило эту проблему, т. к. устройства электронного противодействия стали более компактными и мобильными.

II Постановка задачи

Одним из возможных способов защиты информационных потоков в радиосвязи является использование поляризационной фильтрации принимаемых сигналов. Известно [1], что теоретический предел эффективности поляризационной фильтрации определяется степенью поляризации электромагнитного поля мешающего сигнала. Степень поляризации m можно выразить как отношение интенсивности поляризационной составляющей поля I_n к общей интенсивности поля I_o , т. е.

$$m = \frac{I_n}{I_o}.$$

Из приведенного выражения следует, что степень поляризации m является инвариантной к изменению поляризационного базиса и не зависит от рассогласования поляризационных характеристик электромагнитного поля и антенны.

Однако, реальные адаптивные процедуры поляризационной фильтрации, как правило, используют корреляционные связи сигналов в ортогонально поляризованных каналах приема [2]. Структурная схема адаптивного поляризационного фильтра, использующего градиентный метод оптимизации, приведена на рис. 1, где символами X и \bar{X} обозначены, соответственно, множители и корреляторы, а символом РФ обозначены режекторные фильтры, ослабляющие полезный сигнал в цепях формирования весовых коэффициентов адаптивного фильтра. Очевидно, что в качестве весовых коэффициентов фильтра W и W_{\perp} используются, соответственно, корреляционные моменты