

УДК 004.052.32

Научно обоснованные предложения по диагностированию распределенной радиотехнической системы наблюдения с множеством технических состояний

Аминев Д. А., Журков А. П., Кроткова К. Г., Охломенко И. В.

Постановка задачи: радиолокация и радиопеленгация, а, соответственно, и распределенная радиотехническая система наблюдения (РСН) и автоматические радиопеленгаторы (АРП) имеют в настоящее время широкое применение. Так как в удаленных и малоосвоенных районах они являются одним из основных средств обеспечения полетов, то к надежности их работы предъявляются высокие требования. Для обеспечения требований по надежности необходимо осуществлять ее диагностирование. Существующие диагностические методы позволяют определять техническое состояние (ТС) по бинарному критерию, что не подходит к распределенной РСН, имеющей множество ТС ввиду своей пространственной распределенности, сложной иерархии и многомодульности. Поэтому **целью работы** является формирование подходов к диагностированию распределенной радиотехнической системы с множеством ТС на различных уровнях ее иерархии. Вместе с тем математически описать способы определения интегральных критериев ТС. **Результат:** рассмотрена распределенная на местности РСН и состав ее аппаратуры. Приводится классический принцип ее диагностирования по двум техническим состояниям – работоспособное и неработоспособное. Предложены новые подходы на основе известных математических принципов для диагностирования распределенной РСН по множеству технических состояний. Варианты определения итогового ТС: методом наихудшего случая, методом усредненных диапазонов, методом с заданием приоритетов. Представлен пример реализации диагностирования распределенной РСН, состоящей из местного диспетчерского пункта и 12 удаленных необслуживаемых терминалов, по состояниям “авария”, “ухудшение”, “норма”.

Ключевые слова: контроль технического состояния, надежность, диагностика, радиотехническая система, сеть связи, канал связи, радиопеленгация, топология, критерии работоспособности, отказ, печатный узел.

Актуальность

Несмотря на бурное развитие глобальных навигационных систем спутникового позиционирования, радиопеленгация широко применяется и в настоящее время, поскольку в удаленных и малоосвоенных районах не обнаруживаемые автоматические радиопеленгаторы (АРП) являются одним из основных средств обеспечения полетов [1].

Распределенная на местности радиотехническая система наблюдения (РСН) [2], имеющая топологию сети типа многоуровневая звезда, состоит из аппаратуры местного диспетчерского пункта (МДП), каналов связи и необслуживаемых радиотехнических терминалов (НРТ), которые могут быть удалены от МДП на расстояния до нескольких сотен километров (рис. 1 а). В обобщенном виде состав аппаратуры НРТ и МДП представлен на рис. 1 б.

В обобщенном виде аппаратура МДП состоит из следующих основных блоков: центра обработки данных (ЦОД), каналообразующей аппаратуры (КОА) для связи с НРТ, пульта диспетчера (ПД), системы хранения (СХ) пеленгационной и служебной информации, системы вторичного электропитания (СВЭП). Аппаратура НРТ имеет в своем составе

автоматический радиопеленгатор, блок цифровой обработки сигналов (ЦОС) и управления, КОА для связи с МДП, и СВЭП.

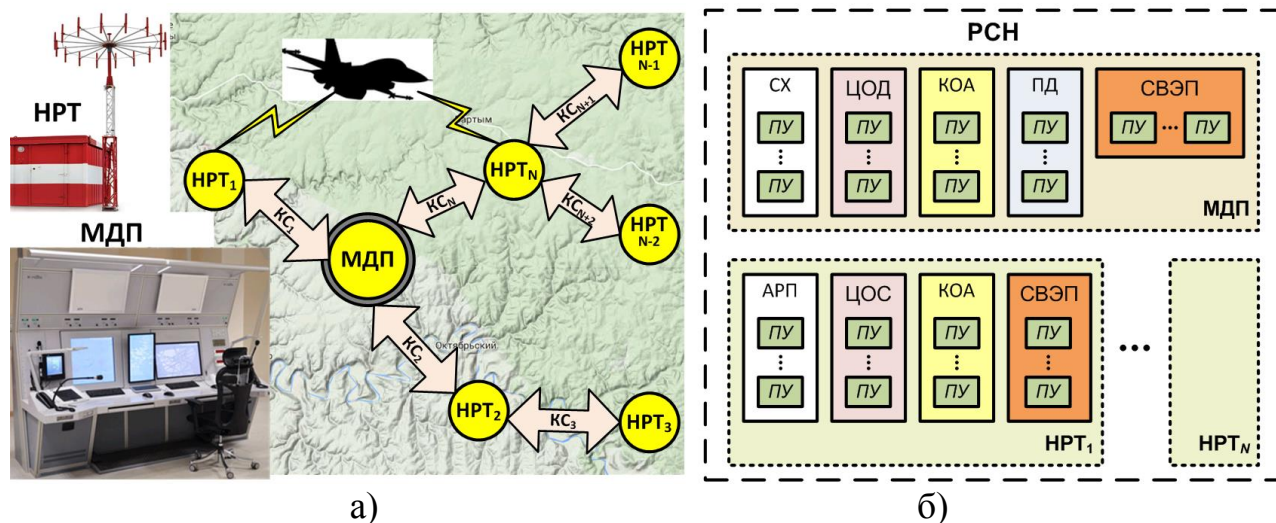


Рис. 1. Распределенная на местности РСН (а) и состав ее аппаратуры (б)

Каждый основной блок может иметь в своем составе несколько печатных узлов (ПУ): ЦОД и ЦОС могут состоять из основной процессорной, резервной, интерфейсной и контроллерной плат; КОА может содержать ПУ маршрутизаторов, распределителей, преобразователей для разных типов линий связи; ПД включает ПУ индикации, ввода, отображения, дисплеи; СВЭП может иметь основные и резервные ПУ для различных напряжений питания; СХ может иметь основные и резервные твердотельные и НЖМД накопители, буферные ПУ; АРП может иметь ПУ для управления антенной, фильтрации и АЦП.

Постановка задачи

Поскольку важность работоспособности РСН высока, а удаленные терминалы являются необслуживаемыми, актуальной является задача обеспечения ее надежной работы. Для обеспечения надежной работы [3], в том числе, необходимо периодическое и систематическое диагностирование составных частей и модулей РСН, которые могут иметь несколько технических состояний (ТС).

Проблемам диагностирования распределенных радиотехнических систем и радиоэлектронной аппаратуры посвящены работы отечественных ученых Пархоменко П. П., Ведешенкова В. А., Увайсова С. У., зарубежных Брюле Д. Д., Рассела Й. Д., Кайма Ц. Р. и др. [4]. Несмотря на большой вклад этих ученых, проблемы диагностирования технических систем не достаточно разработаны. В частности, не рассмотрены вопросы диагностирования сложных пространственно-распределенных радиотехнических систем, имеющих много ТС на различных уровнях своей иерархии (от топологии сети до отдельных электронных компонентов). Поэтому актуальной является задача разработки новых концепций диагностирования РСН по n -мерному критерию.

Диагностирование распределенной РСН по бинарному критерию может быть для различных уровней глубины контроля γ :

- по топологии ($\gamma = 1$), учитываются ТС МДП ($ТС^{МДП}$) и всех НРТ ($ТС^{НРТ_N}$);
- до основного блока ($\gamma = 2$), учитываются ТС блоков ($ТС^{Блок}$);
- до печатного узла ($\gamma = 3$), учитываются ТС всех ПУ ($ТС^{ПУ_N^{Блок}}$);
- до электронного компонента ($\gamma = 4$).

Такое диагностирование с глубиной до $\gamma = 3$ можно описать выражениями:

для $\gamma = 1$:

$$ТС^{РСН} = ТС^{МДП} \& ТС^{НРТ_1} \& \dots \& ТС^{НРТ_N};$$

для $\gamma = 2$:

$$\begin{cases} ТС^{МДП} = ТС^{КОА} \& ТС^{ЦОД} \& ТС^{СВЭП} \& ТС^{СХ} \& ТС^{ПД} \\ ТС^{НРТ} = ТС^{КОА} \& ТС^{ЦОС} \& ТС^{СВЭП} \& ТС^{АРП} \end{cases};$$

для $\gamma = 3$:

$$\begin{cases} ТС^{КОА} = ТС^{ПУ_1^{КОА}} \& \dots \& ТС^{ПУ_N^{КОА}} \\ ТС^{АРП} = ТС^{ПУ_1^{АРП}} \& \dots \& ТС^{ПУ_N^{АРП}} \\ ТС^{СВЭП} = ТС^{ПУ_1^{СВЭП}} \& \dots \& ТС^{ПУ_N^{СВЭП}} \\ ТС^{ПД} = ТС^{ПУ_1^{ПД}} \& \dots \& ТС^{ПУ_N^{ПД}} \\ ТС^{СХ} = ТС^{ПУ_1^{СХ}} \& \dots \& ТС^{ПУ_N^{СХ}} \\ ТС^{ЦОД} = ТС^{ПУ_1^{ЦОД}} \& \dots \& ТС^{ПУ_N^{ЦОД}} \\ ТС^{ЦОС} = ТС^{ПУ_1^{ЦОС}} \& \dots \& ТС^{ПУ_N^{ЦОС}} \end{cases} \quad (1)$$

При диагностировании распределенной РСН по множеству технических состояний РСН имеет $n^{РСН}$ ТС работоспособности, тогда в соответствие с ее топологией $n^{МДП}$ и $n^{НРТ}$ – число ТС МДП и НРТ, а в соответствие со структурой аппаратуры $n^{КОА}$, $n^{ЦОС}$, $n^{ЦОД}$, $n^{СВЭП}$, $n^{АРП}$, $n^{СХ}$, $n^{ПД}$ – число ТС ее основных блоков (в общем виде $n^{Блок}$). Поскольку в предлагаемых подходах предусмотрена глубина контроля γ до съемного ПУ, а полнота η до 100%, то каждый ПУ в общем случае также может иметь множество $n^{ПУ_i}$ ТС.

Подходы к диагностированию по множеству ТС

Очевидно, что интегральный критерий оценки работоспособности РСН будет зависеть от ТС ее ПУ. Можно применить три обоснованных подхода к определению ее ТС: методом наихудшего случая, методом усредненных диапазонов, методом с заданием приоритетов.

Рассмотрим суть метода наихудшего случая, в котором ТС РСН определяется как минимальное (min) из нормированных друг к другу значений ТС составных элементов РСН. Причем поскольку число ТС целое, используется функция $\|\bullet\|$ округления итогового ТС до ближайшего целого. Математически определение диагноза можно представить следующими выражениями:

для $\gamma = 1$:

$$TC^{PCN} = \left\| n^{PCN} \times \min \left(\frac{TC^{MDP}}{n^{MDP}}, \frac{TC^{HPT_1}}{n^{HPT}}, \dots, \frac{TC^{HPT_N}}{n^{HPT}} \right) \right\|;$$

для $\gamma = 2$:

$$\begin{cases} TC^{MDP} = \left\| n^{MDP} \times \min \left(\frac{TC^{KOA}}{n^{KOA}}, \frac{TC^{ЦОД}}{n^{ЦОД}}, \frac{TC^{СВЭП}}{n^{СВЭП}}, \frac{TC^{CX}}{n^{CX}}, \frac{TC^{ПД}}{n^{ПД}} \right) \right\|; \\ TC^{HPT} = \left\| n^{HPT} \times \min \left(\frac{TC^{KOA}}{n^{KOA}}, \frac{TC^{ЦОС}}{n^{ЦОС}}, \frac{TC^{СВЭП}}{n^{СВЭП}}, \frac{TC^{АРП}}{n^{АРП}} \right) \right\| \end{cases}$$

для $\gamma = 3$:

$$\begin{cases} TC^{KOA} = \left\| n^{KOA} \times \min \left(\frac{TC^{ПУ_1^{KOA}}}{n^{ПУ_1^{KOA}}}, \dots, \frac{TC^{ПУ_N^{KOA}}}{n^{ПУ_N^{KOA}}} \right) \right\| \\ TC^{АРП} = \left\| n^{АРП} \times \min \left(\frac{TC^{ПУ_1^{АРП}}}{n^{ПУ_1^{АРП}}}, \dots, \frac{TC^{ПУ_N^{АРП}}}{n^{ПУ_N^{АРП}}} \right) \right\| \\ TC^{СВЭП} = \left\| n^{СВЭП} \times \min \left(\frac{TC^{ПУ_1^{СВЭП}}}{n^{ПУ_1^{СВЭП}}}, \dots, \frac{TC^{ПУ_N^{СВЭП}}}{n^{ПУ_N^{СВЭП}}} \right) \right\| \\ TC^{ПД} = \left\| n^{ПД} \times \min \left(\frac{TC^{ПУ_1^{ПД}}}{n^{ПУ_1^{ПД}}}, \dots, \frac{TC^{ПУ_N^{ПД}}}{n^{ПУ_N^{ПД}}} \right) \right\| \\ TC^{CX} = \left\| n^{CX} \times \min \left(\frac{TC^{ПУ_1^{CX}}}{n^{ПУ_1^{CX}}}, \dots, \frac{TC^{ПУ_N^{CX}}}{n^{ПУ_N^{CX}}} \right) \right\| \\ TC^{ЦОД} = \left\| n^{ЦОД} \times \min \left(\frac{TC^{ПУ_1^{ЦОД}}}{n^{ПУ_1^{ЦОД}}}, \dots, \frac{TC^{ПУ_N^{ЦОД}}}{n^{ПУ_N^{ЦОД}}} \right) \right\| \\ TC^{ЦОС} = \left\| n^{ЦОС} \times \min \left(\frac{TC^{ПУ_1^{ЦОС}}}{n^{ПУ_1^{ЦОС}}}, \dots, \frac{TC^{ПУ_N^{ЦОС}}}{n^{ПУ_N^{ЦОС}}} \right) \right\| \end{cases} \quad (2)$$

Суть метода усредненных диапазонов заключается в следующем: итоговый критерий вычисляется как среднее арифметическое нормированных критериев работоспособности составных частей. Математически это выражается следующим образом:

для $\gamma = 1$:

$$TC^{PCH} = \left\| \frac{n^{PCH}}{N+1} \times \left(\frac{TC^{МДП}}{n^{МДП}} + \sum_{i=1}^N \frac{TC^{HPT_i}}{n^{HPT_i}} \right) \right\|$$

для $\gamma = 2$:

$$\begin{cases} TC^{МДП} = \left\| \frac{n^{МДП}}{5} \times \left(\frac{TC^{КОА}}{n^{КОА}} + \frac{TC^{ЦОД}}{n^{ЦОД}} + \frac{TC^{СВЭП}}{n^{СВЭП}} + \frac{TC^{СХ}}{n^{СХ}} + \frac{TC^{ПД}}{n^{ПД}} \right) \right\| \\ TC^{HPT} = \left\| \frac{n^{HPT}}{4} \times \left(\frac{TC^{КОА}}{n^{КОА}} + \frac{TC^{ЦОС}}{n^{ЦОС}} + \frac{TC^{СВЭП}}{n^{HPT}} + \frac{TC^{АРП}}{n^{АРП}} \right) \right\| \end{cases}$$

для $\gamma = 3$:

$$TC^{Блок} = \left\| \frac{n^{Блок}}{N} \times \sum_{i=1}^N \frac{TC^{ПУ_i^{Блок}}}{n^{ПУ_i^{Блок}}} \right\|, \quad (3)$$

где $N+1$ – число всех НРТ и МДП, а $\|\bullet\|$ – округление до ближайшего целого, так как число ТС – целое, $TC^{Блок}$ – техническое состояние основного блока (КОА, ЦОД, ЦОС, СВЭП и др.).

Суть метода с заданием приоритетов заключается в задании весовых коэффициентов k для МДП и каждого НРТ, всех блоков и ПУ аппаратуры, причем для каждого уровня глубины $\sum k_i = 1$. Такую приоритезацию можно задать выражениями:

для $\gamma = 1$:

$$TC^{PCH} = f \left(k^{МДП} \times \frac{n^{PCH} \times TC^{МДП}}{n^{МДП}}, k^{HPT_1} \times \frac{n^{PCH} \times TC^{HPT_1}}{n^{HPT_1}}, \dots, k^{HPT_N} \times \frac{n^{PCH} \times TC^{HPT_N}}{n^{HPT_N}} \right)$$

для $\gamma = 2$:

$$\begin{cases} TC^{МДП} = f \left(k^{КОА} \times \frac{n^{МДП} \times TC^{КОА}}{n^{КОА}}, k^{ЦОД} \times \frac{n^{МДП} \times TC^{ЦОД}}{n^{ЦОД}}, k^{СВЭП} \times \frac{n^{МДП} \times TC^{СВЭП}}{n^{СВЭП}}, \right. \\ \left. k^{СХ} \times \frac{n^{PCH} \times TC^{СХ}}{n^{СХ}}, k^{ПД} \times \frac{n^{PCH} \times TC^{ПД}}{n^{ПД}} \right) \\ TC^{HPT} = f \left(k^{КОА} \times \frac{n^{HPT} \times TC^{КОА}}{n^{КОА}}, k^{ЦОС} \times \frac{n^{HPT} \times TC^{ЦОС}}{n^{ЦОС}}, k^{СВЭП} \times \frac{n^{HPT} \times TC^{СВЭП}}{n^{HPT}}, k^{АРП} \times \frac{n^{HPT} \times TC^{АРП}}{n^{АРП}} \right) \end{cases}$$

для $\gamma = 3$:

$$TC^{Блок} = f \left(k^{ПУ_1^{Блок}} \times \frac{n^{Блок} \times TC^{ПУ_1^{Блок}}}{n^{ПУ_1^{Блок}}}, \dots, k^{ПУ_N^{Блок}} \times \frac{n^{Блок} \times TC^{ПУ_N^{Блок}}}{n^{ПУ_N^{Блок}}} \right) \quad (4)$$

где f – это функция, по которой определяется итоговое ТС, например min или усреднение диапазонов.

Комбинированный критерий оценки заключается в использовании любого из вышеизложенных методов (минимального, среднеарифметического и с заданием приоритетов) на различных уровнях иерархии РСН. Например,

топология может рассчитываться по среднеарифметическому, ПУ по минимальному, а блоки по приоритетам.

Для всех предложенных методов на различных уровнях глубины γ значения полноты η контроля определяются следующим образом:

$$\eta^{PCH} = \begin{cases} N_D^T / (N+1), \gamma=1 \\ N_D^B / N^B, \gamma=2 \\ N_D^{PV} / N^{PV}, \gamma=3 \end{cases}, \quad (5)$$

где N_D^T , N_D^B , N_D^{PV} – число диагностируемых элементов топологии, всех диагностируемых блоков и всех диагностируемых ПУ распределенной РСН соответственно, $N+1$ – число МДП и НРТ, N^B и N^{PV} – число всех блоков и ПУ в РСН. Иными словами полнота контроля показывает степень достоверности итогового ТС, полученного в результате диагноза.

Пример диагностирования РСН с тремя ТС

В практической реализации [5] распределенная РСН и все ее элементы до ПУ имеют три ТС (ухудшение, авария, норма) $n^{PCH} = n^{MDP} = n^{HRT} = n^{KOA} = n^{COC} = n^{COC} = n^{COC} = n^{COC} = n^{COC} = n^{COC} = n^{COC} = n^{COC} = n^{COC}$, $\eta=100\%$, $\gamma=3$. Интегральный критерий ТС определяется методом наихудшего случая. Топология и состав аппаратуры такой РСН представлены на рис. 2.

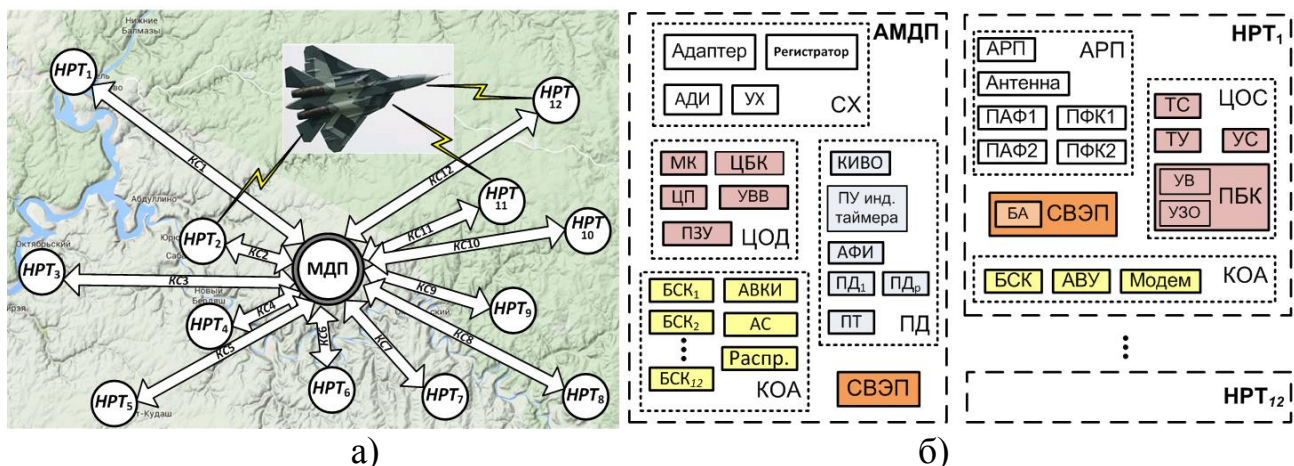


Рис. 2. Топология (а) и состав аппаратуры (б) РСН

РСН состоит из МДП и 12 НРТ. В состав аппаратуры МДП входят следующие ПУ: микроконтроллер (МК), плата центрального процессора (ЦП), устройство ввода-вывода (УВВ); центральный блок контроля (ЦБК), ПЗУ; 12 блоков сопряжения с каналом (БСК), аппаратура ввода картографической информации (АВКИ), аппаратура сопряжения (АС), распределитель (Распр.); контрольный индикатор воздушной обстановки (КИВО), индикатор таймера, аппаратура формирования изображения, основной и резервный пульта диспетчера (ПД₁ и ПД_Р), пульт техника (ПТ); СВЭП; аппаратура документирования информации (АДИ), устройство хранения (УХ); плата адаптера, регистратор.

В состав аппаратуры НРТ входят: периферийный блок контроля (ПБК) с устройствами ввода (УВ) и защиты от ошибок (УЗО), устройство согласования (УС), ПУ телеуправления (ТУ) и телесигнализации (ТС); блок сопряжения с каналом (БСК), аппаратура вторичного уплотнения (АВУ), модем; СВЭП с блоком автоматики (БА); ПУ АРП, антенна, преобразователи аналог-фаза (ПАФ), фаза-код (ПФК).

В соответствие с составом, имеется следующее распределение ПУ по блокам: для МДП – 5 в ЦОД, 15 в КОА; 1 в СВЭП, 6 в ПД, 4 в СХ; для НРТ – 6 в ЦОС, 3 в КОА; 2 в СВЭП, 6 в АРП. Итоговые критерии определения ТС такой РСН определяются выражениями:

для $\gamma = 1$:

$$TC^{PCN} = \min(TC^{МДП}, TC^{НРТ_1}, \dots, TC^{НРТ_{12}});$$

для $\gamma = 2$:

$$\begin{cases} TC^{МДП} = \min(TC^{КОА}, TC^{ЦОД}, TC^{СВЭП}, TC^{СХ}, TC^{ПД}) \\ TC^{НРТ} = \min(TC^{КОА}, TC^{ЦОС}, TC^{СВЭП}, TC^{АРП}) \end{cases};$$

для $\gamma = 3$:

$$\begin{cases} TC^{КОА_МДП} = \min(TC^{ПУ_1^{КОА}}, \dots, TC^{ПУ_{15}^{КОА}}) \\ TC^{КОА_НРТ} = \min(TC^{ПУ_1^{КОА}}, \dots, TC^{ПУ_3^{КОА}}) \\ TC^{АРП} = \min(TC^{ПУ_1^{АРП}}, \dots, TC^{ПУ_6^{АРП}}) \\ TC^{СВЭП_МДП} = TC^{ПУ^{СВЭП}} \\ TC^{СВЭП_НРТ} = \min(TC^{ПУ_1^{СВЭП}}, TC^{ПУ_2^{СВЭП}}) \\ TC^{ПД} = \min(TC^{ПУ_1^{ПД}}, \dots, TC^{ПУ_6^{ПД}}) \\ TC^{СХ} = \min(TC^{ПУ_1^{СХ}}, \dots, TC^{ПУ_4^{СХ}}) \\ TC^{ЦОД} = \min(TC^{ПУ_1^{ЦОД}}, \dots, TC^{ПУ_5^{ЦОД}}) \\ TC^{ЦОС} = \min(TC^{ПУ_1^{ЦОС}}, \dots, TC^{ПУ_6^{ЦОС}}) \end{cases} \quad (6)$$

Во всех случаях ТС может принимать одно из 3-х значений: 0 – авария, 1 – ухудшение, 2 – норма. Полнота контроля 100% означает диагностирование всех ПУ системы. Таким образом, при заданных значениях получается довольно простой в реализации механизм определения критериев работоспособности.

Выводы

Основанные на известных математических функциях определения минимума, усреднения, методе весовых коэффициентов и их комбинаций, впервые предложенные подходы к диагностированию технического состояния

распределенной РСН по множеству технических состояний предоставляют возможность разработчику наиболее гибко сформировать конфигурацию системы технического диагностирования, а именно: задавать любое число технических состояний для каждого элемента на всех уровнях иерархии; задавать глубину и рассчитывать полноту контроля.

На основе метода наихудшего случая из предложенного теоретического базиса можно, например, реализовать вычислительно несложную автоматизированную систему технического диагностирования 12-ти терминальной распределенной РСН по 3-м техническим состояниям, с глубиной контроля до съемного ПУ и полнотой 100%.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (проект № 16-49-02021).

Литература

1. Аминев Д. А., Журков А. П., Козырев А. А., Увайсов С. У. Алгоритмы работы программного обеспечения микропроцессорных систем контроля аппаратуры пеленгаторной позиции // Труды НИИР. 2014. № 3. С. 11–17.
2. Аминев Д. А., Журков А. П., Козырев А. А. Алгоритм контроля аппаратуры местного диспетчерского пункта наземной локальной радиопеленгационной системы наблюдения // Труды НИИР. 2015. № 4. С. 72–78.
3. Журков А. П., Аминев Д. А., Кулыгин В. Н. Модель надежности распределенной радиотехнической системы наблюдения минимальной конфигурации // В кн.: Труды Международного симпозиума «НАДЕЖНОСТЬ И КАЧЕСТВО»: в 2 т. Т. 1. Пенза: ПГУ, 2016. С. 120–122.
4. Журков А. П., Аминев Д. А., Гусева П. А., Мирошниченко С. С., Петросян П. А. Анализ возможностей применения подходов самодиагностирования к распределенной радиотехнической системе наблюдения // Системы управления, связи и безопасности. 2015. № 4. С. 114–122. URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2015-04/06-Zhurkov.pdf> (дата обращения 02.10.2016).
5. Журков А. П. Протокол организации обмена контрольно-диагностической информацией распределенной радиотехнической системы наблюдения // Качество. Инновации. Образование. 2016. № 4. С. 61–71.

References

1. Aminev D. A., Zhurkov A. P., Kozyrev A. A., Uvaysov S. U. Algoritmy raboty programmnoho obespechenija mikroprocessornyh sistem kontrolja apparatury pelengatornoj pozicii [The algorithms used in the software of microprocessor systems for monitoring equipment direction finding position]. *Trudy NIIR*, 2014, no. 3, pp. 11-17 (in Russian).
2. Aminev D. A., Zhurkov A. P., Kozyrev A. A., Algoritm kontrolja apparatury mestnogo dispetcherskogo punkta nazemnoj lokal'noj radiopelengacionnoj sistemy

nabljudeniya [The control algorithm for local control point equipment of RDF system]. *Trudy NIIR*, 2015, no. 4, pp. 72-78 (in Russian).

3. Zhurkov A. P., Aminev D. A., Kulygin V. N. Model' nadezhnosti raspredelennoj radiotekhnicheskoy sistemy nabljudeniya minimal'noj konfiguracii [Reliable model for minimum configuration of distributed radio direction finding system]. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma «NADEZHNOST' I KACHESTVO»*, 2016, no. 1, pp. 120-122 (in Russian).

4. Zhurkov A. P., Aminev D. A., Guseva P. A., Miroshnichenko S. S., Petrosjan P. A. Analysis of the Possibilities of Self-Diagnosis Approaches to Distributed Electronic Surveillance System. *Systems of Control, Communication and Security*, 2015, no. 4, pp. 114-122. Available at: <http://sccs.intelgr.com/archive/2015-04/06-Zhurkov.pdf> (accessed 2 October 2016) (in Russian).

5. Zhurkov A. P. Protokol organizacii obmena kontrol'no-dagnosticheskoy informaciej raspredelennoj radiotekhnicheskoy sistemy nablyudeniya [Protocol of the organization of exchange for control and diagnostic information of distributed radio direction finding system]. *Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie*, 2016, no. 4, pp. 61-71 (in Russian).

Статья поступила 29 сентября 2016 г.

Информация об авторах

Аminev Дмитрий Андреевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук. Область научных интересов: системы и сети передачи данных; радиоэлектронная аппаратура. E-mail: aminev.d.a@ya.ru.

Адрес: 117997, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 65.

Журков Александр Петрович – аспирант Департамента электронной инженерии. Московский институт электроники и математики Национального исследовательского университета Высшая школа экономики. Область научных интересов: диагностирование радиотехнических систем; системы управления связью. E-mail: petrovyc@gmail.com.

Адрес: 123458, Россия, г. Москва, Таллинская ул., д. 34.

Кроткова Карина Георгиевна – студент 4-го курса кафедры ИУ-4 "Проектирование и технология производства электронной аппаратуры". Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: моделирование радиотехнических систем; сбор и обработка информации. E-mail: ilanit184@gmail.com.

Адрес: 105005, Россия, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

Охломенко Илья Вячеславович – магистрант 1-го курса кафедры ИУ-4 "Проектирование и технология производства электронной аппаратуры". Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: моделирование радиотехнических систем; проектирование цифровой аппаратуры. E-mail: ilya.okhlomenko@gmail.com.

Адрес: 105005, Россия, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

Research offers for Diagnosing of Distributed Radio Direction Finding Systems with a Some Set of Technical States

D. A. Aminev, A. P. Zhurkov, K. G. Krotkova, I. V. Ohlomenko

Formulation of the problem. Modern radio direction finding systems (RDFS) are used in remote and underdeveloped areas for control of flight operations. To ensure the reliability requirements of RDFS necessary make it diagnose. Existing diagnostic methods allow determining the technical condition (TC) as a binary criterion, which is not suitable for distributed RDFS having a plurality of TC because its have the spatial distributed and the complex hierarchy and the multi-module structure. Therefore, **the aim of the paper** is develop means of diagnosis of distributed RDFS with different types of TC to various levels of its hierarchy. For this in paper offers the mathematical methods for describe of the determining integral TC criteria. **Result.** New means based on known mathematical principles are offered for the diagnosis of distributed RDFS which has the some set of technical conditions. For means of diagnosis of RDFS is used: the worst-case method, the method of average range, the priority method. The paper has an example as RDFS is diagnose if it consist of the local dispatch center and 12 the remote unattended terminals which have different TC.

Keywords: technical condition monitoring, reliability, diagnostics, radio system, the communication network, the communication channel, radio direction finding, topology, performance criteria, rejection, printed circuit board.

Information about Authors

Dmitrij Andreevich Aminev – Ph.D. of Engineering Sciences, Senior Researcher. V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences. E-mail: aminev.d.a@ya.ru.

Address: 117997, Moscow, 65 Profsoyuznaya str.

Aleksandr Petrovich Zhurkov – The postgraduate student of the Department of Electronic Engineering. Moscow Institute of Electronics and Mathematics National Research University Higher School of Economics. Field of research: diagnostics of technical systems; communication control system. E-mail: petrovyc@gmail.com.

Address: Russia, 123458, Moscow, ul. Tallinskaya, 34.

Karina Georgievna Krotkova – Student of the Department of "Design and technology of electronic equipment". Bauman Moscow State Technical University. Field of research: modeling of radio systems; digital hardware design. E-mail: ilanit184@gmail.com.

Ilya Vyacheslavovich Ohlomenko – Student of the Department of "Design and technology of electronic equipment". Bauman Moscow State Technical University. Field of research: modeling of radio systems; digital hardware design. E-mail: ilya.okhlomenko@gmail.com.

Address: Russia, 105005, Moscow, ul. Baumanskaya 2-ya, 5.