

УДК 621.398:654.93:504.064.3:574

А. И. Дохов, канд. техн. наук, Н. М. Калюжный, канд. техн. наук, В. И. Колесник
Харьковский национальный университет радиоэлектроники (ХНУРЭ), г. Харьков, Украина

А. В. Кипенский, докт. техн. наук, К. В. Колесник, канд. техн. наук.

Национальный технический университет «ХПИ», кафедра «Промышленная и биомедицинская электроника», г. Харьков, Украина

МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ МОНИТОРИНГОВЫХ СИСТЕМ

Предлагается метод оценки эффективности радиотехнических мониторинговых систем с учетом влияния на них факторов условий применения, основанный на использовании формализованных показателей качества. Это позволяет значительно упростить процесс проектирования и снизить затраты на создание таких систем. Библ. 10, рис. 2.

Ключевые слова: радиотехнические мониторинговые системы, показатели качества, эффективность, факторы условий применения.

Пропонується метод оцінки ефективності радіотехнічних моніторингових систем з урахуванням впливу на них факторів умов застосування, заснований на використанні формалізованих показників якості. Це дозволяє значно спростити процес проектування і знизити витрати на створення таких систем. Бібл. 10, рис. 2.

Ключові слова: радіотехнічні моніторингові системи, показники якості, ефективність, фактори умов застосування.

Введение

За последние десятилетия количество радиотехнических систем различного назначения (телевидение, радиовещание, радиосвязь, радиолокация, радионавигация, радиотехнические системы мониторинга окружающей среды, техногенных процессов и т. д.) возросло в сотни раз. Эффективность всех этих систем может быть обеспечена лишь при условии их минимального влияния друг на друга, на окружающую среду и на человека. В этой связи задачи по рациональному использованию и управлению радиочастотным ресурсом, обеспечению электромагнитной совместимости и радиочастотной экологии выходят в первый ряд по своей значимости.

В большинстве случаев, системы радиочастотного мониторинга могут быть отнесены к территориально-распределенным, поскольку применяемые в них радиотехнические средства располагаются на значительных площадях и подвержены влиянию различных факторов условий применения. В этой связи актуальной становится задача по снижению влияния указанных факторов на эффективность *территориально распределенные радиотехнических мониторинговых систем* (ТР РМС).

Публикации [1, 8, 9] на тему повышения эффективности ТР РМС свидетельствуют о значительном интересе к данной задаче. Цикл исследований в этом направлении был проведен и авторами настоящей работы в ХНУРЭ и НТУ «ХПИ» совместно с рядом других научно-производственных организаций (НКАУ, Укрчастотнагляд и др.). В частности при создании радиотехнических систем различного назначения, их эффективность и качество оценивались с учетом различных дестабилизирующих факторов в конкретных условиях применения [5, 10].

Постановка задачи и цель работы

Учитывая большой научный и практический интерес к многофункциональным ТР РМС различного назначения, задача повышения их эффективности путем оптимизации структуры как на этапе проектирования, так и в процессе модернизации, является вполне актуальной и достаточно востребованной. Цель данной работы состояла в анализе возможностей по повышению эффективности создания ТР РМС, в том числе и систем радиочастотного мониторинга, за счет использования формализованных показателей качества, которые позволяют значительно упростить процедуру структурной оптимизации.

Влияние факторов условий применения на качество ТР РМС

К факторам, влияющим на распространение радиоволн, а в результате и на эффективность радиотехнических систем, в общем случае следует отнести:

- геологические условия местоположения приемно-передающих устройств;
- рельеф местности;

- растительный покров;
- различные климатические воздействия;
- техногенные помехи (электромагнитные излучения, радиационный фон и т.д.).

Все эти факторы в местах расположения *радиотехнических средств* (РТС) проявляются в различной степени в зависимости от локальных природных условий окружающей среды и техногенных особенностей (Рис.1).

Для оценки качества и повышения эффективности ТР РМС за счет оптимизации структуры, необходимо оценить влияние условий применения на различных участках расположения ТР РМС [7, 8].

Методологический подход к оценке качества РТС в целом включает в себя следующие элементы [2, 3].

- определение главной цели функционирования системы;
- декомпозиция целей;
- обоснование количественных и качественных показателей эффективности;
- выбор критериев эффективности;
- определение оптимальной структуры, способной выполнять поставленную задачу с минимальными затратами и эффективностью не ниже требуемой.

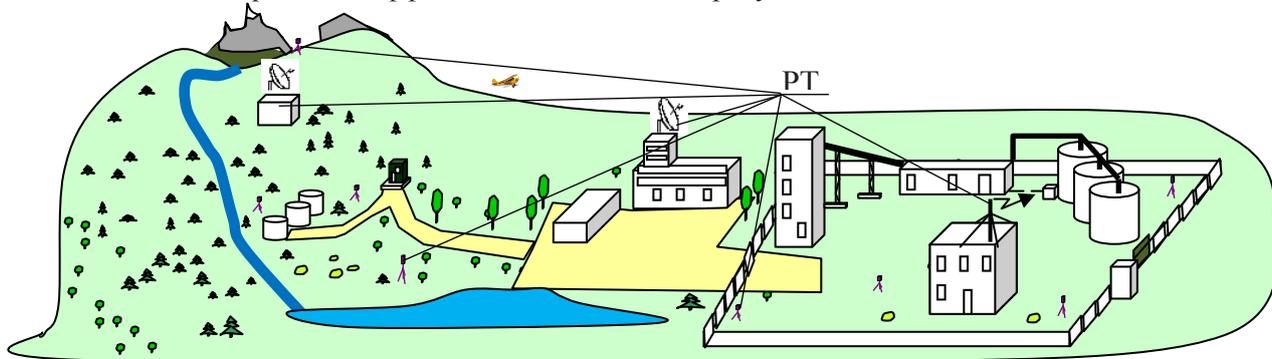


Рис. 1.

Оценка качества ТР РМС. Понимая под качеством совокупность свойств ТР РМС, обуславливающих их способность выполнять заданные функции в определенных условиях применения, можно записать вектор качества как функцию двух многопараметрических переменных [5, 7]:

$$\vec{K} = f(\vec{T}_q, \vec{G}_\mu). \quad (1)$$

Первая переменная составляющая вектора качества – \vec{T}_q определяет зависимость качества конкретной ТР РМС от технологических особенностей ее создания. Она зависит от выбранных схемотехнических решений для элементов и узлов ТР РМС, их технологического исполнения и др.

Вторая переменная составляющая вектора качества – \vec{G}_μ учитывает особенности условий применения ТР РМС и позволяет оценить влияние внешних дестабилизирующих факторов на ее качество.

Предположим, что существует некоторое количество радиотехнических средств R_i при $i = 1, 2, 3, \dots, r$, способных решить поставленную задачу мониторинга и быть инвариантными по их отношению к факторам условий применения. Тогда для создания ТР РМС, оптимальной по отношению к конкретным условиям применения, предлагается осуществлять дискретный выбор из определенного множества вариантов ее построения \vec{M}_μ при $\mu = 1, 2, 3, \dots, m$, определяемых зоной их применения. При этом следует иметь в виду, что каждый вариант построения системы обладает своей зависимостью от различных факторов условий применения P_j при $j = 1, 2, 3, \dots, p$. Для осуществления дискретного выбора необходимо провести сравнительную оценку качества рассматриваемых вариантов радиотехнической системы по выбранным критериям. С учетом всех факторов условий применения каждый n -й критерий качества $k_{n,j}$ при $\varphi = 1, 2, 3, \dots, n$ может быть определен как:

$$k_{n,j} = f(P_j), \quad (2)$$

для каждого варианта системы \vec{M}_μ .

При этом \vec{G}_μ определяется в зависимости от выбранных критериев качества как:

$$\vec{G}_\mu = f(k_{n,j}), \quad (3)$$

Однако, учитывая, что критерии $k_{n,j}$ в общем случае многопараметрические и нелинейные – составляющая вектора качества \vec{G}_μ многопараметрическая и нелинейная тоже. Поэтому оптимизация ТР РМС по фактическим зависимостям факторов условий применения в физическом измерении параметров этих факторов является непростой задачей. Для решения этой задачи авторами было предложено использование формализованных показателей качества территориально-распределенных радиотехнических систем. Этот подход основан на использовании в качестве формализованных критериев – способность системы обеспечивать необходимые технико-экономические характеристики, в пределах определенных диапазонов изменений факторов условий применения ΔP_j . Такая формализация обеспечивается путем замены физических значений фактора P_j на дискретные относительные значения этого фактора [6].

Геоинформационная модель ТР РМС. С учетом того, что все факторы условий применения P_j в общем случае зависят от географических координат, для создания эффективных территориально-распределенных радиотехнических систем целесообразным и перспективным является использование возможностей и методов технологии *геоинформационных систем* (ГИС) [4]. Зная координаты расположения ТР РМС, при помощи цифровой карты местности можно получить информацию об особенностях зоны расположения каждой РТС. Применив формализованные показатели качества условий применения, описать состояние каждой зоны расположения РТС относительно этих показателей можно следующим образом:

$$\vec{A} = f(K_D, K_{PM}, \dots, K_j), \quad (4)$$

где: \vec{A} – вектор состояния условий применения окружающей среды;

K_D, K_{PM}, \dots, K_j – формализованные критерии качества РТС в зависимости от условий применения, с учетом влияния окружающей среды (по дальности, рельефу местности, и т. д.).

Формализованные показатели качества определяют качественную зависимость технического параметра путем задания области его допустимых значений [6].

Данная информация, представленная в виде планов местности с отмеченными особенностями условий применения, или таблиц параметров факторов применения и является геоинформационной моделью ТР РМС.

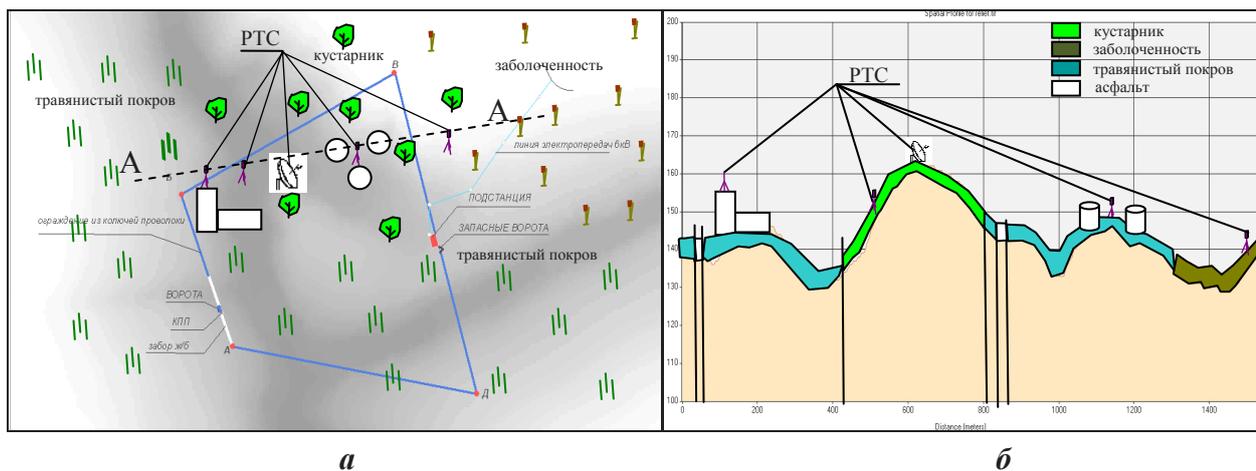


Рис. 2.

Геоинформационная модель ТР РМС (рис. 2) не только упрощает составление ее математической модели для проведения структурной оптимизации в зависимости от особенностей условий применения РТС, но и дает наглядное представление о взаимодействии элементов ее структуры с точки зрения пространственной ориентации и определения зон радиовидимости.

Математическая модель ТР РМС. Можно предположить, что с точки зрения структурной

оптимизации ТР РМС, в первую очередь, характеризуется статической математической моделью, определяющей ее расположение на участке земной поверхности [7].

Разделив участок земной поверхности, на котором расположена ТР РМС, на зоны, в пределах которых значения параметров условий применения зафиксированы, можно описать особенности каждой зоны матрицей состояния:

$$\vec{A} = \{A_{m.n}\} = \begin{Bmatrix} A_{1.1} & A_{1.2} & \dots & A_{1.n} \\ A_{2.1} & A_{2.2} & \dots & A_{2.n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{m.1} & A_{m.2} & \dots & A_{m.n} \end{Bmatrix}, \quad (5)$$

где: m – количество зон применения (вариантов построения) ТР РМС;

n – формализованный критерий качества условий применения.

Другими словами: матрица состояния $\{A_{m,n}\}$ определяет для каждой зоны применения значения формализованных критериев качества условий применения.

Для множества радиотехнических средств R_i – способных решить поставленную задачу мониторинга, можно составить матрицу параметров, где в каждой строке записаны формализованные критерии качества условий применения, которым соответствует данное средство:

$$\vec{R} = \{R_{i.n}\} = \begin{Bmatrix} R_{1.1} & R_{1.2} & \dots & R_{1.n} \\ R_{2.1} & R_{2.2} & \dots & R_{2.n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{i.1} & R_{i.2} & \dots & R_{i.n} \end{Bmatrix} \quad (6)$$

где: i – радиотехническое средство;

n – формализованный критерий качества условий применения.

Чтобы составить уравнение оптимизации системы, принимаем следующие условия:

1) необходимым условием соответствия РТС условиям применения определенной зоны является тот факт, что значение его формализованного критерия качества относительного данного условия применения превышает значения соответствующего формализованного показателя рассматриваемой зоны;

2) оптимальным является то РТС, которое имеет минимальное расхождение значений своего формализованного критерия качества данного условия применения, и соответствующего формализованного показателя рассматриваемой зоны.

На основании сделанных предположений, получим целевую функцию оптимизации ТР РМС относительно факторов условий применения их месторасположения в матричном виде:

$$\Phi = \begin{cases} \{A\} \leq \{R\} \\ \|\{A\} - \{R\}\| \end{cases} \quad (7)$$

Данное выражение определяет тот факт, что необходимым условием для использования радиотехнических средств из рассмотренного множества R_i , является соответствие их показателей качества $R_{i,n}$, характеризующих факторы условий применения, требованиям условий применения каждой зоны применения $A_{m,n}$ соответственно – 1-я строка (7). Условием же оптимального использования данных средств является минимальное расхождение в значении соответствующих показателей – 2-я строка (7).

Заключение

Предложенный метод оценки эффективности территориально-распределенных мониторинговых радиотехнических систем, включая и системы радиочастотного мониторинга, основанный на использовании ГИС-технологий, формализации критериев качества и решении целевой функции в матричной форме, позволяет упростить процедуру структурной оптимизации при их создании.

Список литературы

1. Гурьянов И.О. Когнитивное радио: новые подходы к обеспечению радиочастотным ресурсом перспективных радиотехнологий // Электросвязь. – 2012. – № 8. – С. 5–8.
2. Дохов А.И., Калюжный Н.М., Николаев И.М., Галкин С.А. Системно-методологический подход к оценке эффективности функционирования систем радиочастотного мониторинга по решению основных задач // IV международный радиотехнический форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». Сборник научных трудов. Т. I ч. 1. Международная конференция «Телекоммуникационные системы и технологии». – Харьков: АН ПРЭ, ХНУРЭ. – 2011. – С. 56–60.
3. Калюжный Н.М., Николаев И.М., Попов А.М., Колесник В.И. Исследование влияния точности измерения параметров радиосигнала на эффективность системы распознавания излучающих источников. – материалы XII МНПК «Современные информационные и электронные технологии». Т. 1. – Одесса. – 2011. – С. 51.
4. Колесник К.В., Мачехин Ю.П., Чурюмов Г.И. Методы статического моделирования радиотехнических систем контроля охранных периметров объектов. – Зб. наук. праць ХУПС МО України. – Системи обробки інформації. – 2010. – № 1(82). – С. 61–65.
5. Колесник К.В., Кипенский А.В. Методика оценки качества радиотехнических систем охраны периметров территориально-распределенных объектов – Материалы XIII МНПК «Современные информационные и электронные технологии». – Одесса, 2012. – С. 175.
6. Колесник К.В., Кипенский А.В., Мачехин Ю.П., Чурюмов Г.И. Формализованные показатели для оценки качества радиотехнических систем охраны периметров объектов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – Одесса: Политехпериодика. – 2012. – № 4(94). – С. 31–35.
7. Сокол Е.И., Кипенский А.В., Колесник К.В. Формализованный подход к оценке качества радиотехнических систем контроля параметров биологических объектов // Технічна електродинаміка. Тематичний вип. «Силова електроніка та енергоефективність». – Київ: ІЕД НАНУ. – Ч. 2. – 2012. – С. 192–198.
8. Слободянюк П.В., Благодарный В.Г. Справочник для инженеров по радиомониторингу // под. ред. П.В. Слободянюка – Київ. – 2012. – 720 с.
9. Grechikhin V.A., Zamolodchikov V.M., Smolskiy S.M. Application of wireless monitoring and communication systems in the power engineering. // Tekhnologiya i konstruirovaniye v elektronnoy apparature. – Odessa: Politekhpereodika. – 2012. – №3. – P. 3–10.
10. Kolisnyk K.V., Kipensky A.V., Sokol E.I. The use radiolocation control methods to protect the perimeters of large objects. – Proceedings the fifth world congress «Aviation in the XXI-st century» – «Safety in Aviation and Space Technologies», Volume 2, September 25–27, 2012, – Kiev, Ukraine, P. 3.7.100 – 3.7.104.

THE METHOD OF EVALUATING THE GEOGRAPHICALLY DISTRIBUTED MONITORING RADIO SYSTEMS EFFECTIVENESS

A. I. Dohov, N. M. Kalugny, V. I. Kolisnyk
 Kharkov national university of radio electronics,
 A.V. Kipensky, K.V. Kolisnyk
 National technical university "Kharkov polytechnic institute"

We propose a method for evaluating the effectiveness of radio monitoring systems by conditions of the environment, based on a formalization on formal quality indicators, which can significantly simplify the calculations needed and reduce their cost. References 10, figures 2.

Key words: radio monitoring system, quality indicators, performance, application conditions of the environment.

1. Guryanov I.O. Cognitive radio: new approaches to radio frequency resource perspective radio // Elektrosvyaz. – 2012. – № 8. – P. 5–8.
2. Dohov A.I., Kaluyjnuy N.M., Nikolaev I.M., Galkin S.A. Methodological approach to the evaluation of the efficiency of radio spectrum monitoring systems. IV International Radio Electronic Forum « Applied Radio Electronics. Status and prospects of development» – Sbornik nauchnyh trudov. V. I, b. 1. International conference «Telecommunication systems and technology» – Kharkov : AS ARE, KhNURE. –

2011. – P. 56–60. (Rus.).

3. *Kaluyjnyy N.M., Nikolaev I.M., Popov A.M., Kolisnyk V.I.* V 1. – Materialy XII MNPК «Modern information and electronic technology». Odessa. – 2011. – P. 51. (Rus.)

4. *Kolisnyk K.V., Machehin Yu.P., Churyumov G.I.* Methods for static modeling of radioengineering monitoring systems for the perimeter security of objects. – Zbirnyk naukovykh pras KhUPS MO Ukrayiny «Information processing systems». – Kharkov. – KhUPS. – 2010. – № 1(82). – P. 61–65. (Rus.)

5. *Kolisnyk K.V., Kipensky A.V.* Methods of quality assurance of radioengineering systems for the perimeter security of geographically distributed objects. – Materialy XIII MNPК «Modern information and electronic technology». Odessa. – 2012. – P. 175. (Rus.)

6. *Kolisnyk K.V., Kipensky A.V., Machehin Yu.P., Churyumov G.I.* Formal indicators to assess the quality of radio systems perimeter security facilities. // *Tekhnologiya i konstruirovaniye v elektronnoy apparature*. – Odessa: Politekhperiodika. – 2012. – № 4(94). – P. 31-35. (Rus.)

7. *Sokol E.I., Kipensky A.V., Kolisnyk K.V.* Formalized method of quality assessment radioengineering systems for equipment monitoring of biological objects. // *Tekhnichna elektrodynamika. Tematichnyy vyp. «Sylova elektronika ta energoefektyvnist»*. – Kyiv: IED NAS of Ukraine. – V 2. – 2012. – P. 192–198.

8. *Slobodianiuk P.V., Blagodarnuy V.G.* Handbook for Engineers radio monitoring // edited by P.V. Slobodianiuk – Kyiv. – 2012. – 720 p.

9. *Grechikhin V.A., Zamolodchikov V.M., Smolskiy S.M.* Application of wireless monitoring and communication systems in the power engineering. . // *Tekhnologiya i konstruirovaniye v elektronnoy apparature*. – Odessa: Politekhperiodika. – 2012. – №3. – P. 3–10.

10. *Kolisnyk K.V., Kipensky A.V., Sokol E.I.* The use radiolocation control methods to protect the perimeters of large objects. – Proceedings the fifth world congress «Aviation in the XXI-st century» – «Safety in Aviation and Space Technologies», Volume 2, September 25-27, 2012, – Kiev, Ukraine, P. 3.7.100–3.7.104.