

УДК 621.3

К.В. Колесник<sup>1</sup>, Ю.П. Мачехин<sup>2</sup>, Г.И. Чурюмов<sup>2</sup><sup>1</sup> ГП Научно-исследовательский проектный институт «Союз», Харьков<sup>2</sup> Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

## МЕТОДЫ СТАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ОХРАННЫХ ПЕРИМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ

Главная задача этого аналитического обзора есть использование математических и географического методов информационных систем в проектировании систем контроля охранных периметров объекта.

**Ключевые слова:** радиотехническое устройство, системы контроля охранных периметров, географическая информационная система.

### Введение

Для оценки качества радиотехнических систем контроля охранных периметров объектов необходимы методики, которые позволили бы для каждого конкретного объекта контроля определить состав радиотехнических средств контроля, обеспечивающих максимальную эффективность их использования в условиях данного объекта.

Учитывая, что каждый конкретный объект контроля обладает определенным перечнем параметров, характеризующих условия применения средств контроля, имеющих влияние на эффективность использования и работоспособность этих средств, данные методики должны позволить оценить это влияние.

Для анализа и учета влияния этих факторов можно предложить методику статического моделирования процесса контроля охранного периметра объекта.

Влияние параметров объекта контроля на работоспособность радиотехнических средств контроля можно показать на примере использования радиоизлучающих средств контроля, таких как радиолучевые и радиоволновые средства контроля, которые наиболее полно отображают радиотехнические особенности данного класса систем [1].

### Результаты исследований

Пусть имеется радиолокационное средство контроля с антенной системой, состоящей из двух одинаковых антенн (рис. 1) с размерами  $D_B$  по вертикали и  $D_T$  по горизонтали, установленных на высоте  $H_a$  от поверхности земли параллельно забору на расстоянии  $L$  от него и на расстоянии  $A$  друг от друга.

Диаграмма направленности антенны определяется углами  $\theta_B$  и  $\theta_T$  в вертикальной и горизонтальной плоскостях соответственно.

Мощность, излучаемая передающей антенной  $P_{изл}$ , связана с мощностью, наводимой в приемной

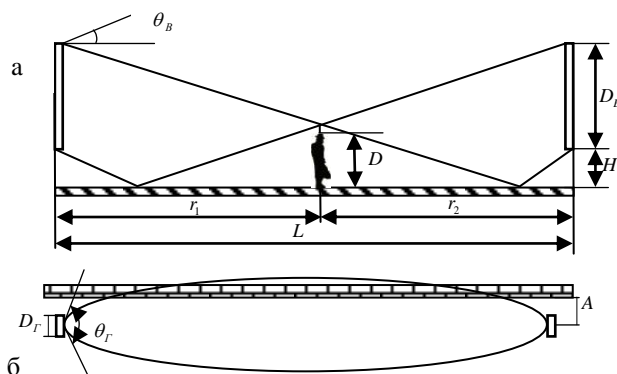


Рис. 1. Двухпозиционное лучевое средство

антенне  $P_{пр}$ , при расположении антенн в свободном пространстве выражением [1]:

$$P_{изл} = \frac{(4\pi L^2)}{G_\lambda^2 \lambda^2} P_{пр}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – длина волны радиолокационного средства контроля;

$G_\lambda$  – коэффициент усиления антенны.

Влияние подстилающей поверхности на работу радиолокационного средства контроля показано на рис. 2.

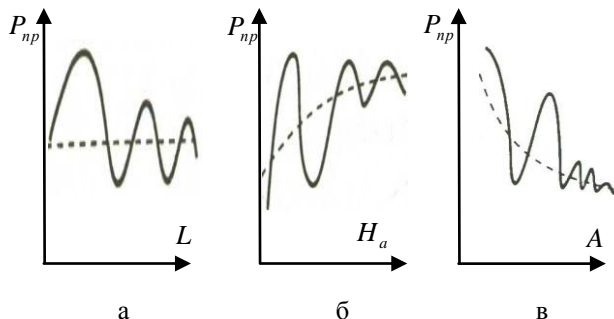


Рис. 2. Влияние подстилающей поверхности на работу радиолучевого средства контроля

При увеличении расстояния  $L$  между антеннами принимаемый сигнал имеет колебательный

характер и затухает (рис. 2, а). При увеличении высоты подвеса антенн  $H_a$  принимаемый сигнал имеет колебательный характер и возрастает, стремясь к значению принимаемого сигнала для свободного пространства (рис. 2, б).

Аналогичная картина наблюдается и при увеличении расстояния  $A$  до протяженного предмета – забора, стены (рис. 2, в).

Известно, что при распространении радиоволн от передающей к приемной антенне образуется сложная интерференционная картина. Для большинства радиолокационных средств контроля и большой протяженности зоны обнаружения справедливо условие дифракции Френеля.

В соответствии с размерами животных, обитающих на данном объекте, и их возможными путями продвижения определяется уровень помеховых импульсных сигналов.

Другой тип помехи – от подстилающей поверхности. Общие требования к радиолокационным средствам контроля по подстилающей поверхности следующие:

- неравномерность поверхности не более 20 см;
- трава и снежный покров свыше 30 см.

Полоса частот полезного сигнала определяется минимальной и максимальной шириной зоны чувствительности, а также минимальной и максимальной скоростью передвижения нарушителя.

Соответственно для конкретного средства обнаружения при уменьшении длины участка блокирования возможно обнаружение более медленно движущегося нарушителя.

Другой тип средств контроля – радиоволновые средства, строятся на основе одно- или двухпроводных линий и радиоизлучающих кабелей (линии вытекающей волны – ЛВВ). Одно- и двухпроводные линии применяются в контактных средствах (обнаружение контакта с двухпроводной линией) при блокировании верха заграждения. Характеристики проводной линии очень сильно зависят от состояния подстилающей поверхности.

Для всех радиоволновых средств контроля характерна неравномерность чувствительности вдоль рубежа охраны.

Для ее выравнивания в двухпроводных линиях применяется изменение начальных условий формирования стоячих волн в линиях [2].

Для оценки особенностей периметра произвольно выбранного объекта воспользуемся методикой пространственного анализа геоинформационных систем (ГИС) [3].

Эта методика позволяет на цифровой карте нужного региона по географическим координатам построить план охранной зоны периметра заданного объекта и профиль его сечения.

На профиле периметра объекта определяются

гидрогеологические особенности рельефа местности. После этого определяются другие особенности участков периметра, которые могут оказывать влияние на выбор радиотехнических средств контроля охраняемых периметров объектов.

Данную информацию необходимо нанести на план периметра объекта (рис. 3).

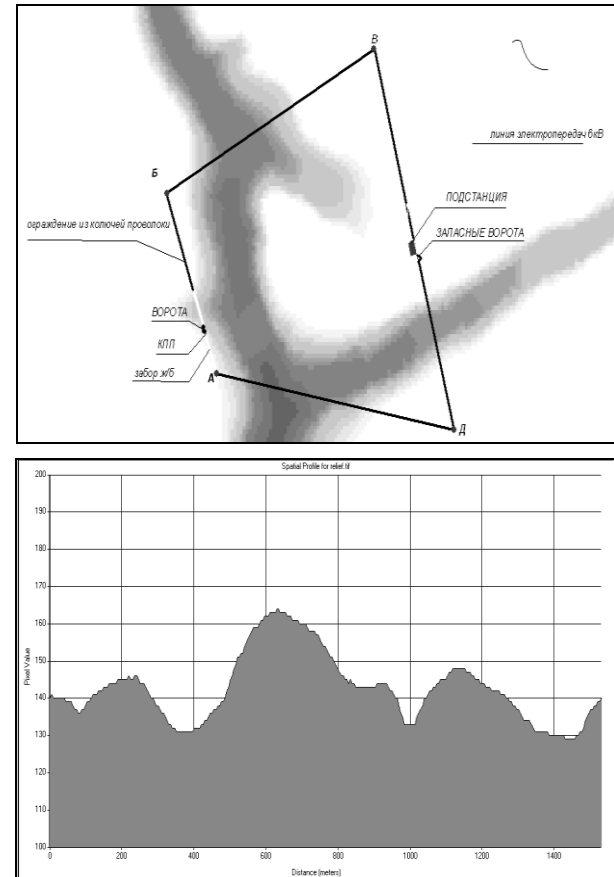


Рис. 3. Пример использования информации ГИС

Как было рассмотрено выше, особенности периметра объекта влияют на работоспособность применяемых радиотехнических средств контроля. Поэтому целесообразно для каждого участка периметра подобрать такие радиотехнические средства контроля, на которые влияние особенностей периметра на данном участке не снижает эффективность их использования ниже заданного значения.

Потребность в математической модели, адекватно описывающей исследуемые системы, заключается в необходимости формализации процесса контроля состояния периметра объекта. Формализация позволяет выделить основные элементы и их взаимосвязь, обеспечивая возможность нахождения оптимальных технических решений.

При построения математической модели системы было учтено, что последняя представляет собой один или несколько замкнутых 3D контуров – радиотехнических рубежей охраны периметра, ос-

нащенных различными радиотехническими средствами контроля охранных периметров.

Зоны контроля выбираются исходя из следующих требований:

- максимальная длина зоны контроля выбирается из соображения локализации места нарушения;
- переход зоны с одной грани периметра на другую для большинства радиотехнических средств контроля невозможен;
- в пределах одной зоны не допускаются принципиальные изменения рельефа, растительности, вида ограждения периметра или архитектурных объектов на периметре, возможных климатических условий (локальных).

Можно предположить, что в первую очередь система характеризуется статической математической моделью, обеспечивающей ее построение на реальной поверхности – заданном участке земной поверхности, на котором располагается объект контроля.

Чтобы составить уравнение оптимизации системы, приводим технические характеристики средств контроля охранных периметров и характеристики охранного периметра конкретного объекта контроля к аргументам формализованных характеристик параметров, являющихся определяющими для выбора этих средств контроля.

Так как характеристики радиотехнических средств контроля охранных периметров зависят от рассмотренных выше факторов, влияющих на распространение радиоволн, для любого радиотехнического средства можно записать:

$$\bar{r}_k = f(M_j), \quad (2)$$

где  $\bar{r}_k$  – технические характеристики  $k$ -го средства контроля;  $M_j$  – определяющий фактор  $j$ -го параметра.

Кроме того, можно утверждать, что для охранного периметра любого конкретного объекта контроля справедливо выражение:

$$B = f(M_j), \quad (3)$$

где  $B$  – характеристики охранного периметра конкретного объекта контроля;  $M_j$  – определяющий фактор  $j$ -го параметра.

При этом математическую модель, описывающую средства контроля охранных периметров, можно представить в виде вектора:

$$\bar{r}_k = \{r_{k-j}\}, \quad (4)$$

где  $k = 1, \dots, n$  – номер средства контроля;

$j = 1, \dots, m$  – формализованная характеристика параметра.

Математическую модель, описывающую участок пространства, называемый охранным периметром на конечном интервале времени, в общем слу-

чае можно считать статической. Ее можно представить в виде матрицы состояния объекта, выраженной через формализованные характеристики.

$$\bar{B} = \{B_{i,j}\}, \quad (5)$$

где  $i = 1, \dots, n$  – номер сегмента (зоны контроля);

$j = 1, \dots, m$  – формализованная характеристика параметра.

При этом используются характеристики, являющиеся определяющими для выбора технических средств контроля.

Эффективность системы при условии  $\Delta t \rightarrow \infty$  – статическая  $\bar{E}_{ст}$ . Максимум  $\bar{E}_{ст}$  определяется оптимальным выбором средств контроля охранного периметра для конкретного объекта в условиях заданных ограничений, и будет достигнута при  $\{r_i\} \in r_{ij} \geq B_{ij}$ .

Таким образом, максимальная статическая эффективность радиотехнической системы контроля охранного периметра объекта для каждой зоны контроля достигается при условии, что каждый формализованный параметр технических средств контроля больше соответствующего формализованного параметра каждой зоны контроля и максимально приближается к нему:

$$\max \bar{E}_{ст} \in \begin{cases} \{r_{ij}\} \geq \{B_{ij}\}; \\ \left( \left( \{B_{ij}\} - \{r_{ij}\} \right) \rightarrow 0. \right. \end{cases} \quad (6)$$

Решение уравнения (6) применительно к каждому участку охранного периметра позволяет определить оптимальный вариант применяемых радиотехнических средств контроля.

Для осуществления возможности сравнения радиотехнических средств контроля по их способности работать в условиях реального объекта контроля необходимо представить характеристику параметров каждого участка периметра в виде матрицы формализованных параметров, приведенных к основным требованиям применяемых средств контроля охранных периметров объектов.

Кроме того, параметры радиотехнических средств контроля также представим в зависимости от этих формализованных параметров.

В качестве формализованных параметров, определяющих свойства участков охранного периметра объекта и технические параметры применяемых радиотехнических средств контроля, можно использовать следующие показатели:

- Кд – показатель, определяющий геометрические параметры зоны контроля;
- Кр – показатель, определяющий особенности рельефа местности зоны контроля;
- Ка/с – показатель, определяющий архитектурно-строительные особенности зоны контроля;

– Кб – показатель, определяющий особенности растительного покрова зоны контроля;

– Ккл – показатель, определяющий климатические особенности зоны контроля.

Учитывая, что показателем оптимальности системы является ее эффективность, можно утверждать, что она зависит от вышеуказанных формализованных параметров:

$$\bar{E} = f(K_d, K_p, K_b, K_a/c, K_{kl}). \quad (7)$$

Формализованные показатели  $K_d$ ,  $K_p$ ,  $K_a/c$ ,  $K_b$ ,  $K_{kl}$  определяют качественную зависимость технического параметра путем задания области его допустимых значений.

Для примера покажем, как можно задать пределы изменения значений формализованных параметров контролируемой зоны периметра объекта, исходя из диапазонов их возможных изменений.

1. Длина контролируемой зоны устанавливается в зависимости от необходимой дискретности локализации нарушения периметра объекта и в принципе может быть произвольной.

Для формализации сравнения диаграмм направленности радиотехнических средств контроля, учитывая, что ее основным (определяющим) параметром является дальность, зададим по длине зоны контроля следующим образом (табл. 1):

Таблица 1

Значения показателя  $K_d$ 

Длина зоны контроля	$K_d$
< 10	1
10 – 30	2
30 – 100	3
100 – 200	4
> 200	5

2. Для оценки изменения рельефа, с точки зрения особенностей применения радиотехнических средств контроля, введем понятие нелинейности профиля поверхности  $K_{нл}$  как максимальное значение модуля относительного приращения высоты единичного участка к длине в пределах рассматриваемой зоны контроля.

Для удобства вычисления этот параметр формально определим в пределах 6 диапазонов значений, как это представлено в табл. 2.

Таблица 2

Значения показателя  $K_{нл}$ 

$K_p$	1	2	3	4	5	6
$K_{нл}$	< 0,05	0,05–0,10	0,10–0,20	0,20–0,30	0,30–0,50	> 0,50

3. Для формальной оценки влияния архитектурно-строительных особенностей периметра объекта на выбор радиотехнических средств контроля рассмотрим факторы, влияющие на их выбор (табл. 3):

Таблица 3

Значения показателя  $K_a/c$ 

Наименование архитектурно-строительных форм	$K_a/c$
Отсутствуют архитектурно-строительные формы	1
Калитка	2
Проездные ворота	3
Ограждение из колючей проволоки	4
Легкое строительное ограждение (дерево, оц. железо)	5
Капитальное ограждение (ж/б, кирпич, бут и др.)	6
Одноэтажное строение	7
Строение более одного этажа	8

4. Растительный покров с точки зрения влияния на работоспособность радиотехнических средств контроля можно формально распределить на следующие группы (табл. 4):

Таблица 4

Значения показателя  $K_b$ 

Наименование биологических форм	Высота растительности	$K_b$
Водная поверхность	0	1
Растительность отсутствует	< 10см	2
Травянистый покров	< 30 см	3
Кустарник и заболоченные участки	< 70 см	4
Редколесье	< 150см	5
Лесопарковые зоны	> 150 см	6

5. Для оценки климатических условий с точки зрения применения радиотехнических средств контроля в общем случае можно предложить следующую формализацию (табл. 5):

Таблица 5

Оценка климатических условий

Климатические условия	Температура, °С	Влажность %	$K_{кл}$
Умеренные	минус 10 + 50	80	1
Нормальные	минус 40 + 50	98	2
Повышенные	минус 50 + 65	98	3
Особенные	минус 50 + 65	98	4

Данный перечень формализованных показателей может быть изменен при необходимости учета дополнительных особенностей участка, однако в общем случае он позволяет достаточно эффективно решить поставленную задачу.

Для сравнения параметров радиотехнических средств контроля, необходимо представить их в виде формальных характеристик. Для примера представим ряд средств контроля [4] в указанном виде (табл. 6):

Таблица 6  
Характеристики средств контроля

Тип средства	Кд	Кр	Ка/с	Ккл	Кб
СП4У-40	2	4	7	2	3
FMW 3/2	3	4	7	2	3
ИД - 40	2	2	6	3	3
ЕМЦ2/200	4	2	5	3	2
Барьер 300	5	3	4	2	3
Газон -2	5	6	7	2	6

С точки зрения установления более жестких границ выбора радиотехнических средств контроля перечень указанных параметров и степень дискретизации формальных признаков могли бы быть расширены, однако это вряд ли целесообразно, так как в этом случае возможность подбора средств будет весьма ограничена.

### Вывод

Таким образом, используя предложенный метод и принципы построения радиотехнических систем контроля охранных периметров объектов [5, 6], можно спроектировать систему с оптимальными характеристиками.

### Список литературы

1. Левин Б.Р. Теоретические основы статической радиотехники. – Т. 1-3 / Б.Р. Левин. – М.: Сов. радио, 1968.
2. Магауенов Р.Г. Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения / Р.Г. Магауенов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2008. – 496 с.
3. Митчелл Э.Р. Руководство по ГИС - анализу / Э.Р. Митчелл. – К.: ЗАО ЕСООМ Со, Стило, 2000. – 198 с.
4. Технические средства охраны периметров: Каталог оборудования. – Одесса: «Юго-запад», 2008. – 32 с.
5. Колесник К.В. Концепция построения радиотехнических систем охраны периметров объектов со сложной инфраструктурой / К.В. Колесник, В.В. Смаглюк, Г.И. Чурюмов // Технология конструирования в электронной аппаратуре. – 2008. – №4 (76). – С. 19-22.
6. Колесник К.В. Анализ принципов построения и оценка современного технического уровня радиотехнических систем охраны периметров объектов / К.В. Колесник, Г.Е. Поляков, Г.И. Чурюмов // Техническая электродинамика. Тематический выпуск. – К.: 2009. – Т.2. – С. 104-108.

Поступила в редколлегию 18.11.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.П. Захаров, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

### МЕТОДИ СТАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ОХОРОННИХ ПЕРИМЕТРІВ ОБ'ЄКТІВ

К.В. Колісник, Ю.П. Мачехін, Г.І. Чурюмов

Головне завдання цього аналітичного огляду є використання математичних і географічного методів інформаційних систем в проектуванні систем контролю охоронних периметрів об'єкту.

**Ключові слова:** радіотехнічний пристрій, системи контролю охоронних периметрів, географічна інформаційна система.

### METHODS OF STATIC DESIGN OF THE RADIO ENGINEERINGS CHECKING OF PERIMETERS PROTECTION CONTROL SYSTEMS

K.V. Kolesnik, Yu.P. Machekhin, G.I. Churumov

The main objective of this analytical review is exploit the potentialities of mathematical and geographic information systems methods in designing of perimeters protection control systems.

**Keywords:** radio technical device, control systems, perimeters protection systems, geographic information system.