

УДК 621.396.6:621.397

А.С. Попов

## Определение критериев оптимальности зон покрытия цифровых телевизионных радиостанций в одночастотной сети

Предложены критерии оптимальности зон покрытия цифровых телевизионных радиостанций.

Предложен алгоритм определения критериев оптимальности.

**Ключевые слова:** критерии оптимальности, уравнение оптимальности, зона покрытия.

**Задача параметрической оптимизации.** Во многокритериальных задачах оптимизации довольно часто реализуется случай *неопределенности цели*. В этом случае выбор вариантов осуществляется не по их оценкам с помощью единой целевой функции, а по целой группе оценок, находящихся в противоречии друг с другом. Например, задача расчета зон покрытия цифровых телевизионных радиостанций явно или неявно ставится как задача выбора наилучшего, оптимального варианта из множества доступных. Если бы были только один критерий и отражающий его целевой функционал (целевая функция), скажем, напряженность электромагнитного поля в точке приема, то в этом смысле проблемы бы не было. Имея конечное множество исходных вариантов, был выбран самый высокий уровень напряженности [1]. Обычно ситуация осложняется тем, что при расчете учитываются и другие показатели (оценки), такие как выходная мощность телевизионной радиостанции, количество ошибок транспортного потока, скорость транспортного потока, высота подвеса передающей антенны, отношение сигнал/шум и т.д. При этом возникают и нечисловые характеристики, такие как субъективная оценка качества принимаемого изображения, вид модуляции.

**Постановка задачи.** Текущая задача оптимизации относится к задачам 2-го типа, где объем или соотношение имеющихся ресурсов зафиксирован, нужно найти наилучший вариант их использования для получения максимального результата.

Пропускная способность системы DVB-T2 будет определяться выбором целого ряда системных параметров. Для этой цели предусмотрено множество опций, и о конкретной конфигурации приемники будут информироваться с помощью сигнализации. Выбор параметров представляет собой процедуру оптимизации работы системы, например поиск компромисса между долей служебной информации и временем переключения с канала на канал или между пропускной способностью и устойчивостью к помехам.

Задача параметрической оптимизации в общем случае ставится как многокритериальная задача с ограничениями (1):

$$y_i(x, \xi) \rightarrow \min, \quad i \in [1: k], \quad x \in \mathbf{D} \subset R^n, \quad \mathbf{D} = \{x \in R^n \mid g_i(x, \xi) \leq 0, \\ i \in [1: m], \quad g_i(x, \xi) = 0, \quad j \in (m+1: S)\}, \quad (1)$$

где  $x$  – входные параметры,  $\xi$  – внешние параметры,  $y$  – выходные параметры,  $\mathbf{D}$  – вектор структурных параметров.

Множество  $\{y_1, \dots, y_k\}$  образует множество критериальных выходных параметров, имеющих смысл частных критериев оптимальности и характеризующих качество объекта оптимизации. Наличие нескольких частных критериев, по существу, отражает ту неопределенность цели, которая явно или не явно присутствует при оптимизации любого сколько-нибудь сложного объекта [1].

**Критерии оптимальности.** Как сказано выше, задача должна решаться как многокритериальная. Чтобы найти верное решение и учесть все варианты исхода событий, нужно соблюсти следующие условия (2):

$$\begin{cases} E \in [E_1; \infty), \\ BER \cdot TS \rightarrow 0, \\ S/N > S/N_1, \\ EVM < 7\%, \\ r_1 < r < r_2, \quad r \in (o; m), \end{cases} \quad (2)$$

где  $E$  – напряженность электромагнитного поля (мкВ/м);  $BER$  – ошибки транспортного потока;  $S/N$  – отношение сигнал/шум (дБ);  $EVM$  – величина вектора ошибки;  $r$  – радиус зоны покрытия (м);  $E_1, S/N_1, r_1, r_2$  – натуральные числа.

Между тем многие из критериев являются противоречивыми; улучшение одного из них при изменении вектора управляемых параметров приводит к ухудшению другого.

**Алгоритм определения оптимальных критериев.** Наилучшим случаем определения критериев оптимальности с точки зрения максимальной эффективности будет случай, когда напряженность электромагнитного поля будет достаточной для приема транспортного потока с наименьшим количеством ошибок, будет соблюдена зона покрытия цифровой телевизионной радиостанции (ЦТРСт), также конечные изображения и звук будут соответствовать оценке «отлично» в шкале субъективной оценки качества [2]. Либо они должны соответствовать «Руководству по измерениям» TTR 101 290 и спецификации ETSI ETR 101 290 [3, 4].

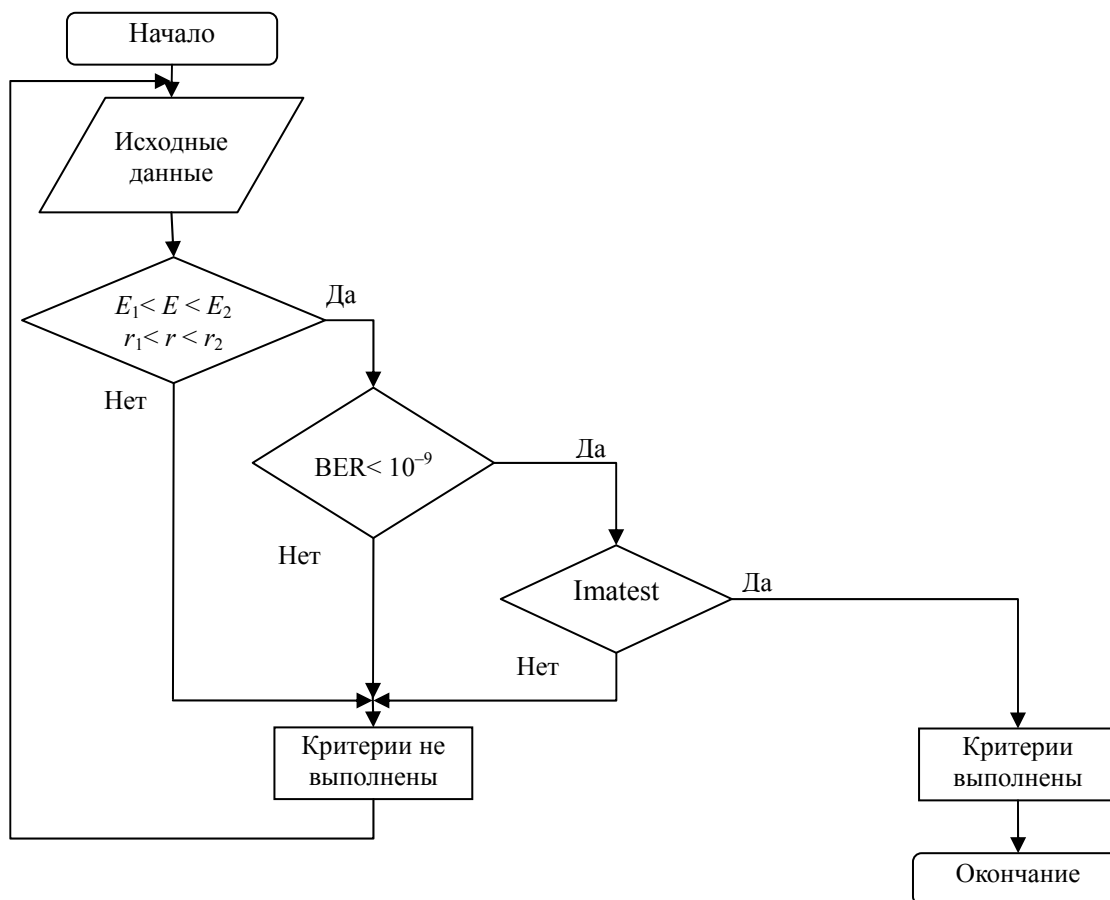


Рис. 1. Алгоритм определения оптимальных критериев

Алгоритм работает по принципу компаратора, т.е. на различных этапах преобразования сигнала происходит сравнение реального сигнала с эталонным. На первом этапе уровень напряженности и зона покрытия сравниваются с эталонными значениями, если уровень напряженности достаточен, то далее идет сравнение по следующим (ошибки транспортного потока и т.д.) признакам и на последнем этапе анализируется качество изображения средствами программного продукта, например Imatest [5].

**Выражение точки с оптимальной напряженностью поля.** Установим, что есть необходимость на расстоянии  $r$  от ЦТРСт (рис. 2, а) принимать радиосигнал с напряженностью поля  $E$ . В тоже время может сложиться ситуация, когда напряженность поля недостаточна для уверенного приема и радиус зоны покрытия составит  $r - \Delta r$ , также напряженность поля может быть избыточной, и радиус зоны покрытия составит  $r + \Delta r$ .

Представляя положение точек в полярной системе координат [6], получим:  $M_{\phi_1}(r - \Delta r, \phi_1)$ ,  $M_{\phi_2}(r, \phi_1)$ ,  $M_{\phi_3}(r + \Delta r, \phi_1)$ . Цифровую телевизионную радиостанцию обозначим точкой О (рис. 2, б).

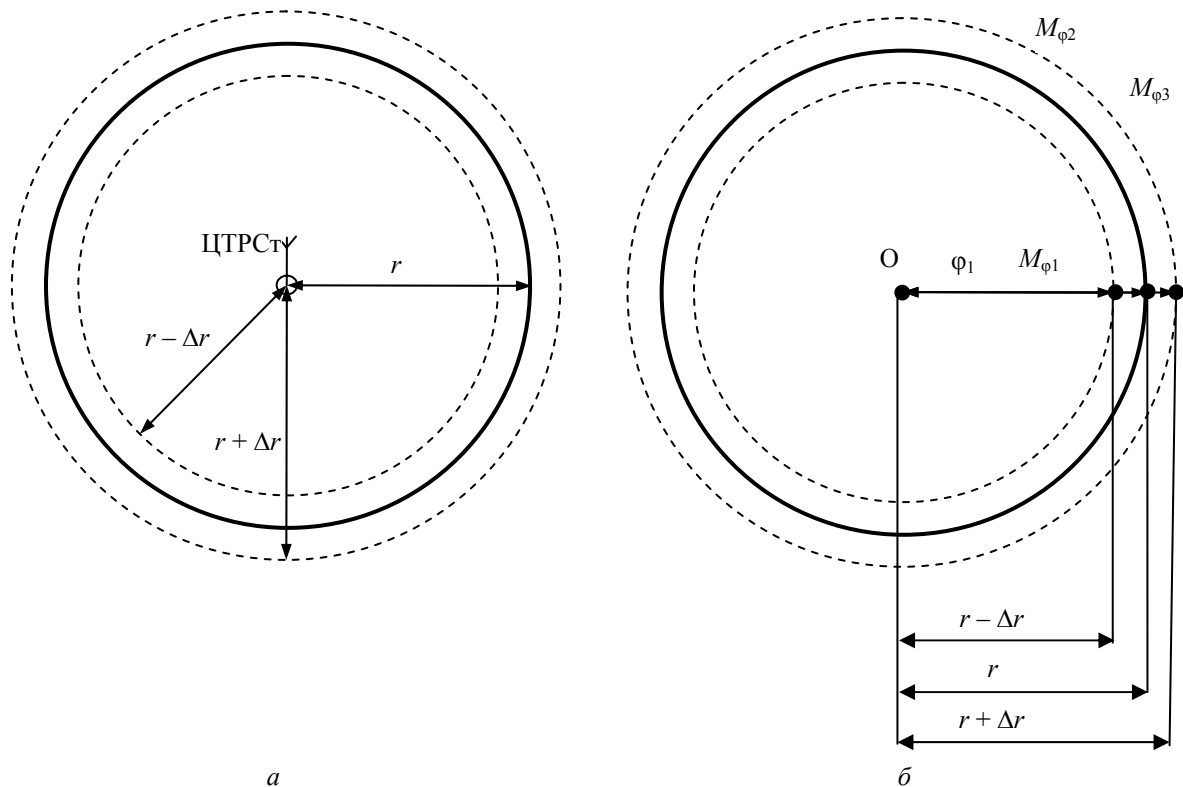


Рис. 2. зона покрытия цифровой телевизионной радиостанции – а;

б – представление в полярной системе координат зоны покрытия цифровой телевизионной радиостанции

Исходя из того, что площадь условной геометрической фигуры будет равна [6]:

$$\begin{cases} S_1 = \pi \cdot ((r + \Delta r)^2 - r^2), \\ S_2 = \pi \cdot (r^2 - (r - \Delta r)^2). \end{cases} \quad (3)$$

$$S_1 + S_2 = S_{opt} \rightarrow 0, \quad (4)$$

где  $S_{opt}$  – оптимальная площадь, получим, что степень оптимальности напрямую зависит от величины  $\Delta r$ , т.е.  $|\Delta r| \rightarrow 0$ .

#### Заключение

1. Предложен алгоритм определения оптимальных критериев.
2. Предложен критерий оптимизации зон покрытия цифровых телевизионных радиостанций.
3. Критерий способствует сведению баланса между качеством сигнала в точке приема и затратами на излучение напряженности электромагнитного поля, т.е. электромагнитное поле не будет распространено за границами зоны покрытия.

4. Полученные результаты планируются использовать в дальнейших исследованиях и разработке программного продукта.

Работа выполнена по Госзаданию ТУСУРа «Наука–2012».

#### Литература

1. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации в теории управления. – СПб.: Питер, 2004. – 256 с.
2. Правила технической эксплуатации средств вещательного телевидения / Министерство РФ по связи и информатизации. Департамент радио, телевидения и спутниковой связи. – М.: Радио и связь, 2000. – 176 с.
3. Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.broadcasting.ru/pdf-standard-specifications/transmission/dvb-t/den300744.v1.5.1.oap20041029\\_040630-041029.pdf](http://www.broadcasting.ru/pdf-standard-specifications/transmission/dvb-t/den300744.v1.5.1.oap20041029_040630-041029.pdf) свободный (дата обращения: 24.08.2012).
4. Walter Fischer. Digital Video and Audio Broadcasting Technology. A Practical Engineering Guide. – Second Edition. – 2008. – 601 p. – Springer Series on Signals and ccommunication Technology.

5. Iatest. Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.imatest.com/docs>, свободный (дата обращения: 24.08.2012).

6. Ефимов Н.В. Линейная алгебра и многомерная геометрия / Н.В. Ефимов, Э.Р. Розендорн. – М.: Наука, 1970. – 526 с.

---

**Попов Александр Сергеевич**

Аспирант каф. телевидения и управления ТУСУРа

Тел.: 8-(382-2) 41-33-80

Эл. почта: [mailrus@bk.ru](mailto:mailrus@bk.ru)

Роров А.С.

**Determination of optimal criteria for area coverage of digital television stations in SFN**

Optimality criteria have been proposed to the coverage of digital television stations. The algorithm has been proposed for determining optimal criteria.

**Keywords:** optimization criteria, the equation of optimality coverage.