

- схема многомасштабного анализа изображения с выделением частотной информации;
- алгоритм минимизации двумерной функции, использующий морфологическую заливку;
- совмещение выращивания и слияния областей;
- критерий определения оптимального момента остановки слияний.

Библиографические ссылки

1. Гонсалес Р. С., Вудс Р. Э. Цифровая обработка изображений. М. : Техносфера, 2005.
2. Steinbrecher R. Bildverarbeitung in der Praxis [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rst-software.de/dbv/download.html>.

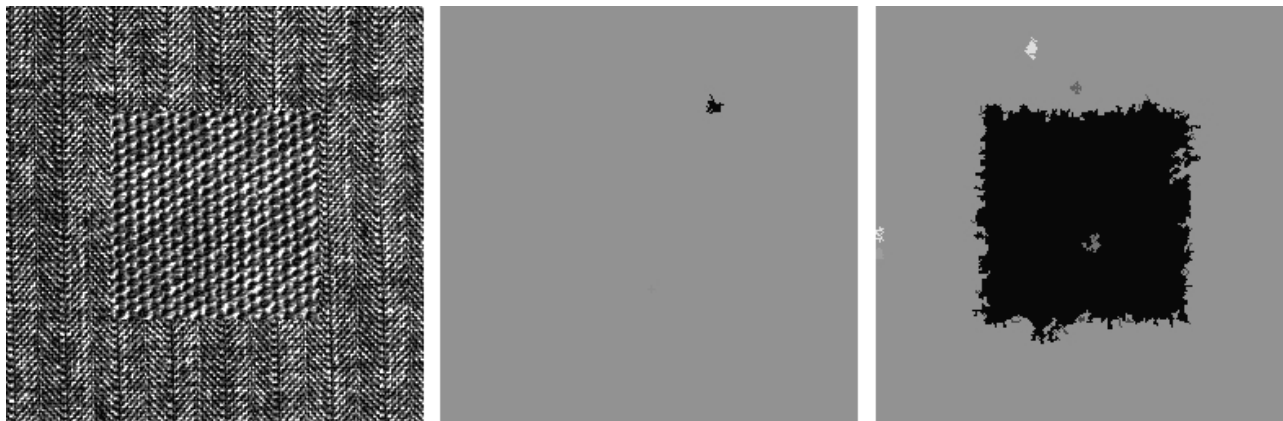


Рис. 5

I. N. Palamar, P. V. Sizov

METHODS OF IMAGE SEGMENTATION WITH THE HELP OF AREAS GROWING AND MULTISCALE ANALYSIS

In this article we analyze advantages and disadvantages of existing methods of image segmentation. We develop an original algorithm of segmentation with usage of the method of areas growing and multiscale analysis. Researches of capabilities of this method according to different images are performed now.

Keywords: segmentation, image, growing, wavelet.

© Паламарь И. Н., Сизов П. В., 2010

УДК 621.396.43

В. И. Носов, В. Н. Бактеев, Л. А. Штанюк

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ТОЧКИ РАЗМЕЩЕНИЯ РАДИОТЕЛЕВИЗИОННОЙ ПЕРЕДАЮЩЕЙ СТАНЦИИ

При строительстве новых или реконструкции действующих передающих станций возникает задача определения их оптимальных местоположения и технических параметров. Для определения оптимального местоположения станций необходимо производить расчет напряженностей полей сигналов и помех с учетом профилей интервалов, построенных в направлении от местоположения станции до границы зоны вещания. Рассматривается решение задачи оптимизации местоположения радиотелевизионной передающей станции посредством расчета зон обслуживания и зон теней вещательных передатчиков с использованием автоматизированной системы расчетов и географической информационной системы.

Ключевые слова: телевизионное вещание, зона обслуживания, геоинформационная система.

Основной проблемой при проектировании сети наземного телевизионного (ТВ) и звукового (ЗВ) вещания является определение действительной зоны обслуживания радиотелевизионной передающей станции (РТПС)

[1–6]. Только определив зоны обслуживания и зоны тени, можно оптимально разместить передающие станции, что сократит расходы не только на строительство новых станций, но и на их обслуживание.

Для вычисления зоны обслуживания и зоны тени необходимы следующие данные: высота подвеса передающей антенны над уровнем земли h_1 ; мощность передатчика; усиление передающей антенны $G_{\text{пл}}$; КПД фидера передающего устройства $\eta_{\text{пл}}$; несущая частота передатчика f ; минимальная напряженность поля принимаемого сигнала $E_{\text{мин}}$; кривые МСЭ-Р для определения напряженности поля; географические координаты места установки антенной опоры; географическая информационная система (ГИС) региона.

Все расчеты производятся по профилям интервалов. Профиль интервала отображает вертикальный разрез местности между передающей и приемной антеннами по какому-либо направлению. При построении профиля интервала приемная антенна высотой $h_2 = 10$ м [5] располагается на расстоянии прямой видимости от передающей антенны РТПС. Количество направлений (через равное количество градусов) определяет точность определения параметров РТПС.

Исходные данные. Для решения поставленной задачи – оптимизации местоположения РТПС – необходимо определить радиусы зоны вещания РТПС в каждом из направлений. Для определения радиуса зоны вещания, с учетом приведенных выше данных, необходимо рассчитать напряженность поля сигнала, для которого на границе зоны вещания должно выполняться условие

$$E_c = E_{\text{мин}}, \quad (1)$$

где $E_{\text{мин}}$ – минимальная напряженность поля сигнала в точке расположения антенны приемника, при которой обеспечивается удовлетворительное качество изображения, при отсутствии помех от других станций, дБмкВ/м; E_c – напряженности поля сигнала в рассматриваемой точке, дБмкВ/м.

Напряженность поля сигнала $E_c(R, h_1, f)$ в точке на расстоянии от передатчика определяется выражением

$$E_c(R, h_1, f) = E(50, 50, R, h_{1\text{эф}}, f) + P_{\text{изл}}, \quad (2)$$

где $E_c(50, 50, R, h_1, f)$ – медианное значение напряженности поля, определяемое по кривым, полученным экспериментальным путем и рекомендованным МСЭ-Р для: излучаемой мощности $P_{\text{изл}} = 1$ кВт; высоты приемной антенны $h_2 = 10$ м; эффективной высоты передающей антенны $h_{1\text{эф}}$; заданной частоты f [3]; T – процент времени наблюдений, равный 50 % для поля полезного передатчика; L – процент мест приема, равный 50 % для поля полезного передатчика; $P_{\text{изл}} = P_{\text{пл}} + G_{\text{пл}} + \eta_{\text{пл}}$ – излучаемая мощность передающей станции, дБкВт; $P_{\text{пл}}$ – мощность передатчика, дБкВт; $G_{\text{пл}}$ – коэффициент усиления передающей антенны относительно полуволнового диполя, дБд; $\eta_{\text{пл}}$ – потери в фидере, дБ.

Эффективная высота подвеса передающей антенны $h_{1\text{эф}}$ определяется из выражения

$$h_{1\text{эф}} = h_1 + (h_{e0} - z_{\text{ср}}), \quad (3)$$

где $z_{\text{ср}}$ – среднее значение высотных отметок местности на профиле интервала на расстоянии от 3 до 15 км от передающей антенны в сторону точки приема; h_{e0} – высотная отметка местности в точке расположения передающей антенны.

Среднее значение высотных отметок местности $z_{\text{ср}}$ определяется из выражения

$$z_{\text{ср}} = \sum_{i=3}^{15} h_{ei} / \sum i. \quad (4)$$

Известно [1], что радиоволны I...V диапазонов (диапазон частот от 47 до 960 МГц) распространяются в зоне прямой видимости $R_{\text{пр}}$. Поэтому считается, что радиус зоны вещания ограничивается приблизительно предельным расстоянием прямой видимости. Это объясняется тем, что за радиогоризонтом довольно резко понижается качество приема вследствие заметного замирания сигнала, связанного с наличием отраженных сигналов от тропосферы. Поэтому радиус зоны вещания R_3 передающей вещательной станции прием равным расстоянию прямой видимости $R_3 = R_{\text{пр}}$. Расстояние прямой видимости с учетом рефракции радиоволн рассчитывается по формуле

$$R_{\text{пр}} \approx 4,12 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \text{ км}, \quad (5)$$

где h_1 и h_2 – подставляются в метрах.

Передающая станция должна иметь такую необходимую излучаемую мощность $P_{\text{изл. необх}}$ которая обеспечивает минимальную напряженность поля на расстоянии прямой видимости при $R_3 = R_{\text{пр}}$:

$$E_c(h_1, R_3, f) = E_{\text{мин}} = E_c(50, 50, h_1, R_3, f) + P_{\text{изл. необх}}. \quad (6)$$

Из (6) можно определить необходимую излучаемую мощность передающей станции, при которой обеспечивается минимальная напряженность поля на границе зоны вещания:

$$P_{\text{изл. необх}} = E_{\text{мин}} - E_c(50, 50, h_1, R_3, f). \quad (7)$$

Если внутри зоны вещания выполняются следующие условия:

$$\begin{cases} R \leq R_3, \\ E_c(50, R) \geq E_{\text{мин}}, \end{cases} \quad (8)$$

то такие области относятся к зоне обслуживания.

Если же внутри зоны вещания выполняются следующие условия:

$$\begin{cases} R \leq R_3, \\ E_c(50, R) < E_{\text{мин}}, \end{cases} \quad (9)$$

то такие области относятся к зонам тени.

Поскольку кривые МСЭ-Р получены на основе усреднения результатов многочисленных измерений, то ими нельзя пользоваться для определения зон обслуживания и тени. Из проведенных выражений следует, что для определения зоны обслуживания и тени необходимо использовать профили интервалов, построенных в разных направлениях от места расположения РТПС. При этом расчет напряженности поля производится путем расчета множителя ослабления поля свободного пространства по методике принятой в радиорелейных линиях связи [7; 8].

Расчет множителя ослабления с использованием профилей интервалов. Медианный множитель ослабления поля свободного пространства $V(50)$ показывает, на сколько уменьшается напряженность поля сигнала для 50 % времени с учетом реальных условий распространения радиоволн E_0 , по сравнению с их распространением в свободном пространстве:

$$V(50, R) = \frac{E_c(50, R)}{E_0(R)}. \quad (10)$$

В соответствии с (10) напряженность поля сигнала в месте приема $E_c(50, R)$ определяется из выражения

$$E_c(50, R) = E_0(R) + V(50, R), \text{ дБмкВ/м.} \quad (11)$$

Напряженность поля сигнала в свободном пространстве $E_c(R)$ в (11) рассчитывается по формуле

$$E_0(R) = \frac{\sqrt{30 \cdot P_{\text{изл}}}}{R}. \quad (12)$$

Таким образом, для определения медианной напряженности поля сигнала в соответствии с формулой (11) необходимо определить медианное значение множителя ослабления $V(50, R)$ с использованием профилей интервалов.

Расстояние от точки отражения до линии, соединяющей передающую и приемную антенны, называется просветом H . Для классификации интервалов вводится минимальная величина просвета H_0 , при котором множитель ослабления $V=1$:

$$H_0 = \sqrt{\frac{R \cdot \lambda \cdot k(1-k)}{3}} \text{ м,} \quad (13)$$

где R – протяженность интервала, м; λ – длина волны, м; $k = R_1/R$ – относительная координата точки отражения.

В зависимости от соотношения величин просветов H и H_0 интервалы подразделяются на открытые $H \geq H_0$; полуоткрытые $0 < H < H_0$; и закрытые $H \leq 0$.

Открытые интервалы. На открытых интервалах имеется прямая видимость между антеннами и в точку приема приходят прямой и отраженный лучи. В приемной антенне происходит интерференция этих волн, множитель ослабления рассчитывается по формуле [2; 7; 8]

$$V(50, R) = 10 \lg \left[1 + |\Phi|^2 - 2|\Phi| \cos \left(\frac{2\pi \Delta r}{\lambda} \right) \right], \quad (14)$$

где $|\Phi|$ – модуль коэффициента отражения волны от земной поверхности; $\Delta r = r_{\text{отр}} - r_{\text{пр}}$ – разность хода отраженной и прямой волн.

При распространении радиоволн над ровной земной поверхностью

$$\Delta r = \frac{2h_1 h_2}{R}. \quad (15)$$

Полузакрытые и закрытые интервалы. Такие виды интервалов рассматриваются вместе, так как для них справедлива одинаковая зависимость множителя ослабления от величины просвета. На таких интервалах отсутствует прямая видимость между антеннами, и прямой луч экранируется препятствием. Для упрощения расчета множителя ослабления экранирующее препятствие на интервале представляют в виде сферы или клина.

Препятствия в виде сферы или клина характеризуются высотой H и шириной r_b , по которым рассчитывается параметр μ :

$$\mu = 2 \cdot \sqrt{\frac{k^2(1-k)^2}{(r_b/R)^2}}. \quad (16)$$

Величина множителя ослабления на рассматриваемых интервалах при $H=0$, когда линия, соединяющая антенны, касается экранирующего препятствия, равна, дБ [2]

$$\begin{cases} V_0 = 6 \cdot \left[1 + \left(\frac{1,45}{\mu^{1,38}} \right) \right], & \text{при } \mu \geq 0,5, \\ V_0 = 100 \cdot \mu - 78, & \text{при } \mu < 0,5. \end{cases} \quad (17)$$

По найденным значениям V_0 из формулы (17), H_0 из формулы (14) и определенной величине просвета H , м, на интервале, можно определить медианное значение множителя ослабления $V(50)$, дБ:

$$V(50, R) = V_0 [1 - (H/H_0)]. \quad (18)$$

Оптимизация местоположения РТПС. Полученные выше соотношения позволяют определить на каждом из интервалов (лучей) элементарные участки протяженностью $\Delta R_{\text{з}}$, которые относятся к зоне обслуживания $\Delta R_{\text{з,обсл}}$ при выполнении условия (8); к зоне тени $\Delta R_{\text{з,тени}}$ при выполнении условия (9) [6]. Протяженность элементарного участка $\Delta R_{\text{з}}$, определяет точность, с которой осуществляется расчет зон обслуживания и тени. В соответствии с формулами расчета множителя ослабления с использованием профилей интервалов, условия, при которых элементарный участок на профиле i -го интервала (луча) можно отнести к зоне обслуживания, определяется функцией

$$\Delta R_{\text{з,обсл } i} = \varphi \left[R \leq R_i; E_c(50, R) = E_0(R) \geq E_{\text{мин}} \right]; \quad (19)$$

$$V(50, R) = 1; H \geq H_0.$$

В соответствии с теми же формулами второго раздела условия, при которых элементарный участок на профиле i -го интервала (луча) можно отнести к зоне тени, определяется функцией

$$\Delta R_{\text{з,тени } i} = \psi \times \begin{cases} R \leq R_i; E_c(50, R) = E_0(R) + \\ + V(50, R) < E_{\text{мин}}; H < H_0; \\ V(50, R) = V_0 + (1 + H/H_0). \end{cases} \quad (20)$$

Обозначим расстояние между соседними лучами через $\Delta R_{\text{мл}}$. Необходимо учесть, что это расстояние увеличивается по мере увеличения расстояния от передающей станции. Тогда, с учетом формул (19) и (20), можно определить площадь зон обслуживания и тени по каждому из i лучей:

$$S_{\text{обсл } i} = \sum_{j=1}^M \Delta R_{\text{з,обсл } j} \cdot \Delta R_{\text{мл}}, \quad (21)$$

$$S_{\text{тени } i} = \sum_{k=1}^K \Delta R_{\text{з,тени } k} \cdot \Delta R_{\text{мл}}, \quad (22)$$

где M – количество элементарных обслуживаемых участков; K – количество элементарных необслуживаемых (теневых) участков.

Общую зону обслуживания и тени РТПС можно найти путем суммирования зон обслуживания и тени по всем i лучам

$$S_{\text{обсл РТПС}} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (\Delta R_{\text{з,обсл } j} \cdot \Delta R_{\text{мл}})_i, \quad (23)$$

$$S_{\text{тени РТПС}} = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K (\Delta R_{\text{з,тени } k} \cdot \Delta R_{\text{мл}})_i. \quad (24)$$

На основе формул (19)–(24) разработана автоматизированная система определения зон обслуживания и тени РТПС с использованием ГИС.

Пример расчета автоматизированной системой зон вещания, обслуживания и тени РТПС приведен на рис. 1.

С использованием разработанной автоматизированной системы проводится оптимизация местоположения РТПС. Суть такой оптимизации заключается в том, что в окрестности предполагаемого или существующего мес-

тоположения РТПС выбирается несколько наиболее высоких точек рельефа местности. При заданной высоте подвеса передающей станции h_1 для каждой из этих точек по формулам (23) и (24) определяются зоны обслуживания $S_{\text{обсл РТПС}}$ и зоны тени $S_{\text{тени РТПС}}$.

За основу при проведении оптимизации местоположения РТПС целесообразно выбрать ее максимальную зону вещания, которая определяется для гладкой сферической земли, т. е. без учета рельефа местности

$$S_{\text{макс}} = \pi \cdot R_3^2 = \pi \cdot R_{\text{пр}}^2. \quad (25)$$

Максимальная зона вещания РТПС одинакова для всех рассматриваемых точек расположения, поэтому оптимальной точкой местоположения РТПС будет та l -я точка, в которой выполняется условие

$$\Delta S_l = \pi \cdot R_{\text{пр}}^2 - \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (\Delta R_{\text{э обсл } j} \cdot \Delta R_{\text{мл}})_i - \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K (\Delta R_{\text{э тени } k} \cdot \Delta R_{\text{мл}})_i \rightarrow \text{мин} \right). \quad (26)$$

Зона вещания РТПС $S_{\text{вещ}}$ определяется с учетом реального рельефа местности, из-за которого радиус зоны

вещания уменьшается относительно его максимального значения, равного расстоянию прямой видимости.

Результаты эксперимента. С использованием изложенной методики, для г. Ленинск-Кузнецкого были выбраны пять различных точек расположения РТПС и для них с помощью автоматизированной системы проведены расчеты зон вещания, обслуживания и тени, квадратные километры. Для каждой точки определены северная широта N , градусов, восточная долгота W , градусов и высота He , метров над уровнем моря. Результаты расчетов для одной из точек приведены в таблице.

Зависимости $S_{\text{вещ}}/S_{\text{макс}}$ и $S_{\text{обсл}}/S_{\text{вещ}}$ от высоты подвеса передающей антенны приведены на рис. 2 и 3.

Наиболее удачной точкой расположения РТПС является точка 1 (рис. 2), так как в ней наиболее полно используются энергетические параметры станции – площадь зоны вещания составляет 90–97 % от максимально возможной площади. Наиболее удачной точкой расположения РТПС согласно рис. 3 также является точка 1, так как в ней наибольшая из всех точек расположения зона обслуживания от 51 до 58 % площади зоны вещания для высот подвеса передающей антенны до 200 м.

Результаты расчетов зон вещания, тени и обслуживания для первой точки

1 точка	$N: 53,83$	$W: 87,28$	$He: 413$
$h_1, \text{ м}$	75,00	150,00	300,00
$S_{\text{зоны вещ}}$	7 228,08	12 425,51	20 220,35
$S_{\text{тени}}$	3 040,98	5 936,16	10 215,05
$S_{\text{макс}}$	7 453,64	12 662,90	22 372,86
$S_{\text{обслуж}}$	4 187,10	6 489,35	10 005,30
$S_{\text{макс}} - S_{\text{обсл}}$	3 266,54	6 173,55	12 367,56
$S_{\text{обсл}}/S_{\text{макс}}$	0,56	0,51	0,45
$S_{\text{обсл}}/S_{\text{вещ}}$	0,58	0,52	0,49
$S_{\text{вещ}}/S_{\text{макс}}$	0,97	0,98	0,90

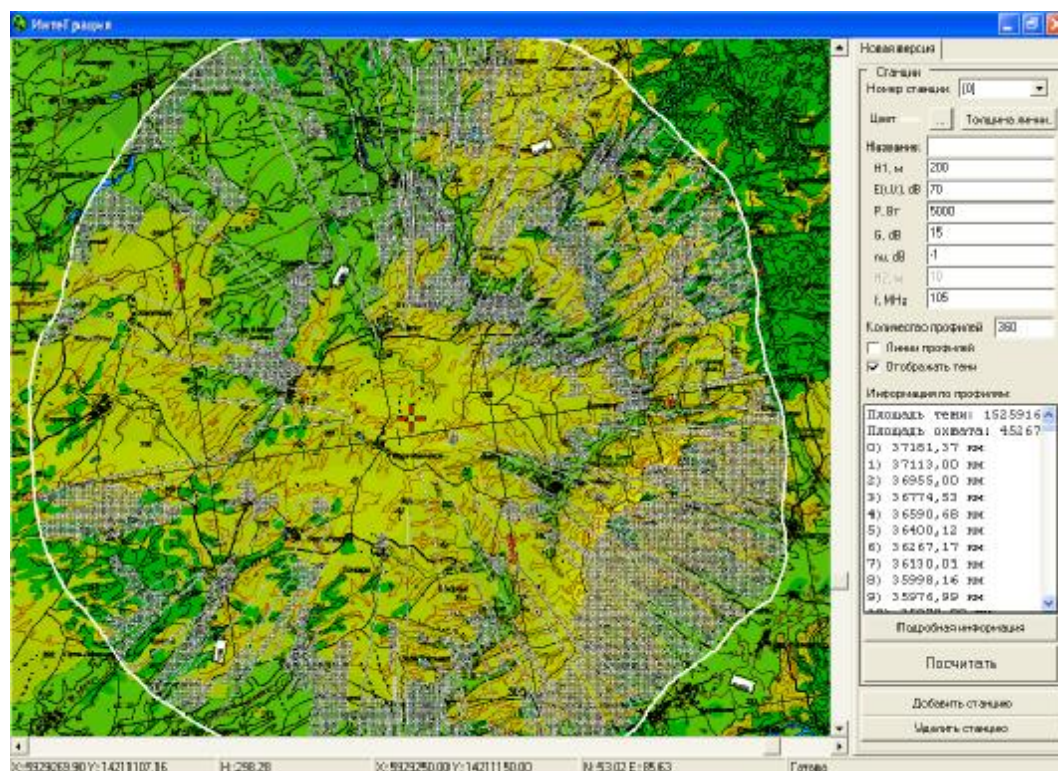


Рис. 1

Таким образом, разработаны методика определения зон обслуживания и зон тени радиотелевизионной передающей станции и автоматизированная система с использованием географической информационной системы для расчета этих зон. Приведен пример определения оптимального местоположения РТПС. Разработанные методика и автоматизированная система позволяют выбрать оптимальное местоположение и оптимизировать технические параметры реконструируемых и вновь вводимых РТПС, что значительно улучшает их технико-экономические показатели. Проведенные исследования являются актуальными в связи с переходом России на цифровое телевизионное вещание, в процессе которого возникает необходимость в реконструкции действующих и установки новых станций.

Библиографические ссылки

1. Носов В. И., Штанюк Л. А. Автоматизированная система расчета зон обслуживания вещательных передатчиков с использованием географической информационной системы // Информосфера. 2007. № 34.

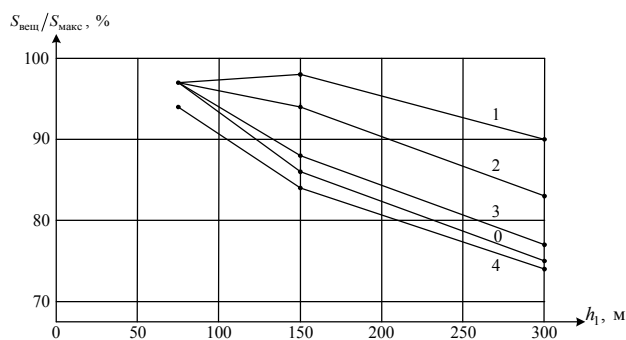


Рис. 2

2. Сети телевизионного и звукового ОВЧ ЧМ вещания : справ. / М. Г. Локшин [и др.]. М. : Радио и связь, 1988.

3. Носов В. И. Оптимизация параметров сетей телевизионного и звукового вещания : моногр. ; СибГУТИ. Новосибирск, 2005.

4. Локшин М. Г. Основы планирования наземных сетей телевизионного и ОВЧ ЧМ вещания. Зоны обслуживания радиостанций // Broadcasting. Телевидение и радиовещание. 2006. № 3.

5. Recommendation ITU-R P.1546-1 (Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz). Женева, 2003.

6. Бактеев В. Н., Штанюк Л. А., Носов В. И. Оптимизация местоположения радиотелевизионных передающих станций // Вестник СибГУТИ. 2009. № 4. С. 11–16.

7. Справочник по радиорелейной связи / под ред. С. В. Бородача. М. : Радио и связь, 1981.

8. Носов В. И. Радиорелейные системы передачи : учеб. пособие. Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2008.

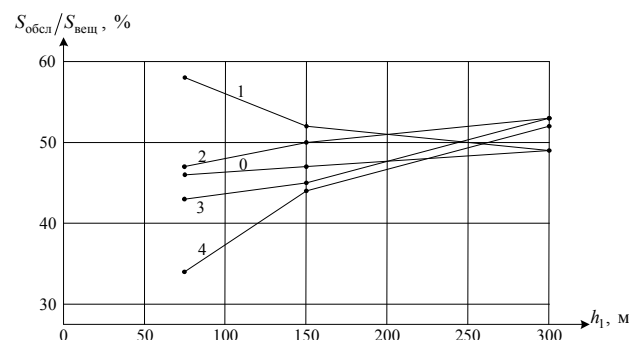


Рис. 3

V. I. Nosov, V. N. Bakhteev, L. A. Shtanyuk

OPTIMIZATION OF OPERATING RANGE FOR A RADIO TELEVISION BROADCASTING STATION

In the process of construction of new or reconstruction of the existing transmission stations there emerges a problem of determination of their optimum location and technical parameters. In order to define optimum location of a station it is necessary to calculate signal and interference field intensity, taking into account interval profiles fixed in the direction from the station site to the border of the transmission area. The article discusses the solution of the problem how to optimize location of a radio television broadcasting station analyzing service zones and shadow regions of broadcast transmitters using automated computation system and geo information system.

Keywords: television broadcasting; service zone; geo information system.

© Носов В. И., Бактеев В. Н., Штанюк Л. А., 2010